

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA POLITÉCNICA

GLÁUCIA CUCHIERATO

**A importância da qualidade da informação no processo de declaração de
recursos minerais**

**São Paulo
2022**

GLÁUCIA CUCHIERATO

Versão Revisada

A importância da qualidade da informação no processo de declaração de recursos minerais

Tese apresentada ao Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em Ciências

Área de concentração: Engenharia Mineral

Orientadora: Profa. Dra. Ana Carolina Chierigati

**São Paulo
2022**

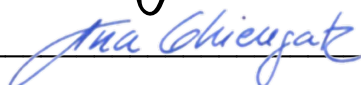
Este exemplar foi revisado e corrigido em relação à versão original, sob responsabilidade única do autor e com a anuência de seu orientador.

São Paulo, 20 de dezembro de 2022

Assinatura do autor: _____



Assinatura do orientador: _____



Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catálogo-na-publicação

FICHA CATALOGRÁFICA

Cuchierato, Gláucia

A importância da qualidade da informação no processo de declaração de recursos minerais / G. Cuchierato – São Paulo, 2022.

293 p.

Tese (Doutorado) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo.

1. Recursos minerais. 2. Qualidade da informação geológica. 3. Competência. 6. QAQC. 7. *Geodata Quality Management*. I. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. II.t.

Folha de avaliação

CUCHIERATO, Gláucia, **A importância da qualidade da informação no processo de declaração de recursos minerais**. 2022, 293 f. Tese de Doutorado em Engenharia de Minas. Departamento de Engenharia de Minas e do Petróleo da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

Aprovada em: 21 de outubro de 2022.

Banca Examinadora

Profa. Dra. Ana Carolina Chieregati (Presidente)

Instituição: Escola Politécnica - USP

Julgamento: Aprovada

Prof. Dr. Giorgio Francesco Cesare de Tomi

Instituição: Escola Politécnica - USP

Julgamento: Aprovada

Prof. Dr. Roberto Perez Xavier

Instituição: Instituto de Geociências - UNICAMP

Julgamento: Aprovada

Dr. Miguel Antonio Cedraz Nery

Instituição: Externo (Diretor Executivo ABPM)

Julgamento: Aprovada

Dra. Patrícia Moreira Procópio Calazans

Instituição: Externo (Diretora Inovação Hexagon)

Julgamento: Aprovada

DEDICATÓRIA

*Minha semente já tinha a informação (de qualidade) para que eu desempenhasse
todas as infinitas possibilidades deste viver,
nutridas e alimentadas pelos ecossistemas (re)conhecidos.*

Sou quem sou, forjada pelos acontecimentos.

Só agradeço.

AGRADECIMENTOS

À Professora Doutora Engenheira de Minas Ana Carolina Chierigati, minha orientadora, pela condução nesta pesquisa. E à Carol, minha amiga, incentivadora e parceira, por tudo que passamos neste período todo. Se não fosse contigo, não teria acontecido este processo.

Ao Departamento de Engenharia de Minas e de Petróleo da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, pela oportunidade de ter feito meus trabalhos de pesquisa em Engenharia Mineral. Sou cria da USP, desde os idos de 1981, e coroei minha estadia nesta tão renomada instituição.

À equipe da secretaria de pós-graduação e biblioteca do PMI e da EPUSP.

À CAPES, pelos recursos disponibilizados para a execução desta tese, no período de 2016 a 2019.

À banca examinadora da defesa da tese, Prof. Dr. Roberto Xavier; Dr. Miguel Nery, Dra. Patrícia Procópio, Prof. Dr. Giorgio De Tomi, membros do Comitê de Avaliação, realizado em 21 de outubro de 2022. Foi escolhida com imenso respeito e admiração, e suas contribuições deram o arremate que precisava para ficar mais compreensível, após discussões de grande aprendizado.

À banca examinadora do exame de qualificação, realizado em 2018, pelas indicações de caminho a percorrer e discussões enriquecedoras.

Incontáveis são as pessoas a quem DEVO agradecer, por todos estes anos da duração dos trabalhos de pesquisa. Muitas mais as que gostaria de reconhecer o apoio. Alguns agradecimentos estão formalizados aqui.

Tudo começou em 2009, no Atacama, com o crepitar de uma fogueira e um copo de vinho... Quando eu e Patrícia Procópio, essa mulher inspiradora, visionária e muito especial, vislumbramos o que viria a ser o *GMW3 Protocol*. Desde então, e mais presentemente desde 2016, apertamos diuturnamente a tecla da qualidade da informação para o setor mineral, com notas de ESG, diversidade e inclusão, muitas alegrias e momentos de aprendizado. O que eram discussões futurísticas, viagens e *brainstorms*, tornaram-se bases reais e práticas para os avanços da transformação digital de hoje! Agradeço, profundamente pelas trocas de alta qualidade, pelo apoio emocional, pelo suporte estrutural e familiar e por muito mais que seria impossível transcrever.

Ao Dr. Mark Noppé, renomado e querido geólogo sul-africano residente na Austrália, pelo compartilhamento dos resultados de seus estudos e consultoria em artigos do mais excelente conteúdo, pela simpatia, pelos cafés de incentivo no assunto desde meu primeiro PDAC, pela inspiração e pelas diversas outras manifestações de gentileza.

Agradeço aos profissionais ministrantes de diversos cursos que realizei (PDAC, AusIMM (JORC), SK-1300, dentre outros), em especial ao Prof. Dr. Kwame Awuah-Offei e Armando Simon Mendez, pelo compartilhamento de informação de altíssimo

nível. Estendo os agradecimentos aos geólogos e engenheiros de minas amigos e parceiros profissionais de todos os encontros, na *roundtable* do PDAC e outras oportunidades de discussões técnicas sobre os temas pesquisados.

Acompanhei os trabalhos da CBRR desde antes da reunião de aceitação do CRIRSCO em Brasília, em dezembro de 2015. Agradeço ao Felipe Holz hacker Alves e Marcos André Gonçalves, pela oportunidade de apoiar a comissão, durante suas gestões, de 2018 a 2021. Amplio os agradecimentos à Isabela Storni e Alessandro Silva.

Ao então estudante de engenharia de minas do PMI-EPUSP, Rafael Auad, pelo empenho no trabalho de conclusão de curso em tema relacionado, no ano de 2017.

Aos profissionais das empresas de mineração que tive oportunidade de desenvolver projetos e estudos de consultoria pela minha empresa GeoAnsata, em especial da Meteoric, Eramet, CMOC, Serra Verde, Kinross e Vale, pelas oportunidades de novos desenvolvimentos, ideias, trocas, compartilhamento e discussões técnicas.

Aos mais de 270 profissionais geólogos(as), engenheiros(as) de minas e outros(as) especialistas que tive o prazer e privilégio de treinar e capacitar entre 2016 e 2022, em Declaração de Recursos e Reservas Minerais, Melhores Práticas em Qualidade da Informação para declaração de recursos minerais, Qualidade da Informação e QAQC na Indústria Mineral, Sistema Brasileiro de Recursos e Reservas Minerais (SBRRM), em turmas regulares e *in company* e aos alunos e colegas de disciplinas de graduação e pós-graduação do PMI-EPUSP, graduação do IGc-USP, palestras na USP, UNICAMP, UNESP, UFRJ, UFMG, UFOP, UniBH, Crea-SP, Confea, Sigesp, Febrageo e outros fóruns. Certamente foram fundamentais para a estruturação deste trabalho.

Ao Jorge Watanabe, meu “cumpadi” e universitário de apoio, que desde os idos de 2007 me acompanha nos caminhos geominais e nas ideias dessa tese. Muitas boas e ricas trocas aconteceram e espero que permaneçam, com maior frequência.

Ao amigo e geógrafo Adão Modesto, o abraço mais querido do mundo pré e pós-pandêmico, por estar ao meu lado, sempre, com o maior carinho do universo. Por eu saber que você está aí, por mim. E pelas imagens, GIS, cursos, ideias e futuro que teremos juntos, pela vida afora.

Ao Ethienni Martins, da Rationiric, além da parceria, longa amizade e músicas compartilhadas, pela estruturação da integração da geologia com governança corporativa, modelagem de processos, *gap analysis*, que teve a participação do Gustavo Alonso, a quem agradeço por diversas outras contribuições.

Ao Yuri Castilho, pela natural afinidade e afetuosa identificação, pela criação dos testes de consistência, análises exploratórias e raciocínio para atribuição da confiança e qualidade e pelos “corres” de última hora. Seus *skills* em *python* são valiosos, vai dar bom! Agradeço também ao João Leopoldo e Silva por ter apoiado a concepção inicial destas análises, aprimoradas nesta pesquisa.

Ao José Ricardo Thibes Pisani, esse amigo que a vida me deu, tão parecido comigo nas questões técnicas e condutas da vida. Aprendo muitíssimo com você, com sua experiência profunda neste assunto que tanto nos envolve. Agradeço por topar tudo que eu proponho e espero que possamos inventar muitas coisas mais.

Aos jovens Bruno Campos Robine, João Paulo Martins Pereira e Bruno Nunes Penna por desenvolveram excelente trabalho de conclusão de curso em geologia na UniBH e por aceitarem o desafio de estudar sobre as empresas listadas em bolsas internacionais com operação no Brasil, culminando em algumas interessantes publicações de referência. Tê-los posteriormente como parceiros técnicos na GeoAnsata foi de grande alegria. E ao Prof. Dr. Ulisses Penha, pelo convite de palestra, que virou mentoria, que virou coorientação, e virou colega, parceiro profissional, virou amigo e ainda virará muita coisa boa!

À Tébis Oliveira, editora da Revista *In the Mine*, que além de toda gentileza e simpatia, me permitiu informar o assunto deste estudo em larga escala para o setor mineral brasileiro, também apoiando a elaboração e impressão do Ciclo de Vida do Projeto Mineral como um encarte da revista, distribuído nos principais eventos técnicos.

Ao Valdir Farias, que acompanhou de perto muitas das ideias deste trabalho, agradeço por me ajudar a dar formato e corpo, e por todo o incentivo e parceria de 2016 a 2020.

Ao Thiago Barros, pela sociedade na Hélios Inteligência em Mineração, pelo crescimento no mundo das *startups* e por tudo que ainda faremos. Grata por me incentivar, entender e apoiar.

Aos amigos e parceiros técnicos *Geosupply*, André Pires e Rodolfo Garcia, pelas diversas idealizações e projetos complementares e integrados, ainda em germinação, pelas discussões, trocas e, também, por serem minha família pandêmica e companheiros atuais.

Ao irmão Enrico Vial, pelos cuidados permanentes comigo, por me aguentar quando nem eu fazia isso, pelo desenvolvimento dos nossos trabalhos na geotecnia a partir de concepções incipientes, pelos filés à parmegiana, bolo de aniversário e muitas outras obras culinárias da convivência. E, pela substituição na função, agradeço ao Bruno Nunes, mais uma vez, pela amizade, shows, viagens e irmandade, mas também pelo suporte, apoio e ajuda nas edições de imagens e outras finalizações.

A todos(as) parceiros(as), colaboradores(as), fornecedores(as) e amigos(as) *GeoAnsaters*, de todos os tempos, em especial à querida Solange Moreira Villela Moniz Fernandes, por toda estrutura que dá para meus voos e sonhos.

À Solange Reis, pelo *coaching*, mentoria, consultoria de desenvolvimento de habilidades e competências, (re)alinhamento de rotas, revisão da tese, apoio moral e amizade da vida toda.

Nos corres de última hora, agradeço aos revisores de inglês Alynne Afonso e JRT Pisani, e fomos salvos nos últimos minutos pelo renomado linguista Alex Magno Breder, pessoa incrível, amigo, cantor e violeiro.

À queridíssima Jana(ina Farias), pela amizade, carinho, colo, casa e tudo mais que me deu estes anos todos, corresponsável por minha vida ser melhor em BH. E à Aninha (Ana Margarida M. Sansão), pela presença quase diária na minha vida, por tantas trocas e amparo.

A todos os melhores amigos do mundo – os meus – de Sampa, Campinas, BH e todas as localidades, que fazem a minha vida melhor. Aos que passaram pela minha vida e aos que permanecem. Agradeço, sempre e sempre, pela família que são pra mim.

Muitíssimo grata, por tudo, a todas e todos.

Sem vocês, não estaria aqui, agora.

Poderia ter ido mais longe? Talvez...

Mas o caminho não teria sido o que foi, nem este trabalho ganharia este tamanho.

Tive momentos de epifania e muita realização pela construção dessa obra.

Anseio pelas que ainda virão.

Que venham, estou pronta.

EPÍGRAFE I

Conhecer o não conhecimento
é o bem supremo.
Não conhecer o que é o conhecimento
é um tipo de sofrimento.
Só quando se sofre desse mal
fica-se livre dele.
Se o Sábio não sofre,
é porque ele sofre desse mal;
por isso ele não sofre.

Tao-Te King
Lao Tzu

EPÍGRAFE II

Quando o conhecimento para de evoluir,
ele se transforma numa opinião ou num dogma.
Não espere que o seu problema na área do conhecimento
seja resolvido por um *software*.

Davenport & Prusak (1992)

RESUMO

CUCHIERATO, Gláucia, **A importância da qualidade da informação no processo de declaração de recursos minerais**. 2022, 293 f. (Tese de Doutorado em Engenharia de Minas). Departamento de Engenharia de Minas e do Petróleo da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2022.

Como parte das estratégias para a atratividade de investimentos, o Brasil vem adotando diversas condutas e ações coordenadas nos últimos anos para estabelecimento de um ambiente institucional sólido e robusto, com publicação de regulamentos modernizados (dentre eles, o Sistema Brasileiro de Recursos e Reservas Minerais), alinhados às melhores práticas internacionais de declaração para resultados de exploração, recursos e reservas minerais. Como consequência, um novo perfil de potenciais investidores, familiarizado com os padrões NI 43-101, Código JORC, Guia CBRR e outros pertencentes à Família CRIRSCO, poderá aportar recursos na cadeia da mineração brasileira. A aplicação das boas práticas proporciona a correta visibilidade do risco para investidores e pode ocasionar o aumento de atratividade para o ambiente de negócio, com garantia de produção constante, previsível e permanente, com resultados sustentáveis e riscos minimizados e conhecidos. A reconquista da credibilidade de projetos minerais após o escândalo Bre-X pelo esforço coletivo da padronização mundial de declaração pública foi uma estratégia eficiente e muito bem-sucedida. Esta pesquisa apresenta a evolução histórica dos instrumentos: desde as origens, passando pela aplicação por governos e agências mundiais para composição de inventários nacionais e setoriais, indo até o uso por empresas listadas nas principais bolsas de valores, reconhecida pelo mercado para garantia de financiamento e *benchmarking*. Foram também discutidas as implicações da adoção das práticas no Brasil, os ambientes regulatórios e alguns aspectos do mercado financeiro. Fez-se uma análise comparativa dos códigos, quanto aos componentes, termos padronizados, princípios, conceitos, definições, listas de critérios de verificação, demandas para declaração pública, e elaboração de relatórios técnicos. No que tange à questão da qualidade da informação, foram destacadas as recomendações sobre amostragem, qualidade de dados e informação e QA/QC, governança, *compliance* e competência. Para tanto, buscou-se compreender a influência da qualidade da informação utilizada para a definição de classes de recursos minerais e para os estudos de viabilidade técnico-econômica, em todas as fases do ciclo de vida, destacadamente nos processos para obtenção dos dados geológicos. As hipóteses foram testadas, com aplicação de matriz de avaliação da aderência às práticas e criadas as ferramentas apropriadas de aplicação da metodologia proposta, por análises exploratórias, testes de consistência e atribuição de grau de confiança. Dentre as principais contribuições desta pesquisa, está o desenvolvimento da metodologia inovadora, ampla e integrada para avaliação de qualidade dos dados geológicos, o *GeoData Quality Management*, organizada em módulos de revisão de *workflow*, validação do acervo e ações de consolidação. Adicionalmente, para preparação das camadas estratégicas de decisão e demandas futuras relacionadas à transformação digital, foi concebido um ecossistema digital no formato de um protocolo conceitual *GMW3 Protocol*, fundamentada na estrutura *Competent Quality Center*, baseado no princípio da Competência para garantia da qualidade de todo o processo. A metodologia é plenamente aplicável e ajustável à todas as *commodities* minerais e portes das empresas, potencialmente expansível para dados de estruturas geotécnicas.

Palavras-chave: Recursos minerais. Declaração Pública. Certificação internacional. Qualidade da informação. Mineração. Amostragem. QA/QC. Governança em dados geológicos.

ABSTRACT

The importance of the quality information in mineral resources reporting process

As part of investment attracting strategies, Brazil has been adopting various coordinated conducts and actions over the last years so as to set up a solid and robust institutional environment, by publishing upgraded regulations, aligned with international standard for the public reporting of exploration results, mineral resources, and mineral reserves. Consequently, a new profile of potential investors, quite familiar with such standards as NI 43-101, JORC Code, CBRR Guide, and others under the CRIRSCO Family umbrella, will be able to provide Brazilian mining chain with much-needed resources. Applying good practices allows investors to gain appropriate risk visibility and may bring about increasing attractiveness to business environment, thus ensuring ongoing, forecastable, and permanent output, along with sustainable results and minimized and known risks. Regaining mineral project's reliability following the Bre-X scandal by means of collective efforts on worldwide public reporting standardization was an efficient and successful strategy. This research introduces a historical evolution of instruments: since their very outset, through their application by worldwide governments and agencies, to their use by companies listed on major stock exchanges, acknowledged by the marketplace to ensure funding and benchmarking. Also discussed are implications of applying such practices in Brazil, as well as the regulatory framework and some financial market aspects. A comparative assessment of codes is made, regarding components, standardized terms, principles, concepts, definitions, checklist of assessment and reporting criteria, public reporting demands, and technical reports development. As for information quality, some recommendations are highlighted concerning sampling, data and information quality, QAQC, governance, *compliance*, and competence. For that matter, we have sought to understand the influence of the quality of information used for mineral resource class definition and technical-economic feasibility studies, throughout all lifecycle of mineral project phases, especially during geological data collection processes. Hypotheses were tested by applying a matrix to assess adherence to practices, and appropriate tools were put together to apply the proposed methodology by means of exploratory data analyses, consistency tests, and confidence degree attribution. Amongst the major contributions of this research is the development of an innovative, wide, and integrated methodology to assess geological data quality, *GeoData Quality Management*, organized in workflow review modules, legacy validation, and consolidation actions. Moreover, to prepare decision-making strategic layers and forthcoming demands associated with digital transformation, a digital ecosystem was devised as a *GMW3 Protocol*, grounded on the *Competent Quality Center* framework, based on the Competence principle to ensure quality throughout the process. The methodology is thoroughly applicable and adjustable to all mineral commodities and company sizes, and potentially expandable to geotechnical data.

Keywords: Mineral resources. Reporting. Geological data quality. Competence, Qualified Person. QAQC. GeoData Quality Management. GMW3 Protocol.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Classificação da mineração brasileira pelo porte da produção bruta (ROM) anual.....	29
Figura 2 – Ilustração do risco de geração de análises ruins sobre dados.....	37
Figura 3 – Método proposto para a pesquisa de doutoramento	41
Figura 4 – Alicerces da pesquisa	44
Figura 5 – Cronologia e evolução dos códigos internacionais de recursos e reservas aderentes ao CRIRSCO	47
Figura 6 – Comitês Regionais Nacionais e países integrantes do CRIRSCO em 2022	48
Figura 7 – Relação entre resultados de exploração, recursos e reservas minerais.....	49
Figura 8 – Ciclo de vida do projeto mineral	59
Figura 9 – Capital levantado no período de 2017-2021 e somente no ano de 2021, em C\$ Bilhões	67
Figura 10 – Número de empresas de mineração com operação no Brasil listadas em bolsas de valores, por bolsa de valores e por porte de empresas	72
Figura 11 – Principais bolsas de valores para o setor mineral.....	73
Figura 12 – Empresas de mineração com operação no Brasil, listadas em Bolsas de Valores, classificadas quanto ao porte, fase, <i>commodity</i> , sede e valor de mercado.....	74
Figura 13 – Comparativo dos ambientes regulatórios.....	76
Figura 14 – Ambiente regulatório do Canadá.....	77
Figura 15 – Representação dos componentes do erro global de estimativa.....	81
Figura 16 – Considerações sobre amostragem deficiente.....	82
Figura 17 – Critérios de qualidade da informação.....	87
Figura 18 – Critérios de qualidade da informação, por DAMA (BARBOSA & LYRA, 2019) ..	88
Figura 19 – Dimensões da qualidade em um sistema de informações.	90
Figura 20 – Dimensões da qualidade dos dados	91
Figura 21 – Processo de Gerenciamento de Qualidade de Dados.....	93
Figura 22 – Etapas para a identificação de riscos de <i>compliance</i>	94
Figura 23 – Iteração da avaliação técnica, financeira e riscos da mineração	96
Figura 24 – Elementos essenciais do Programa de QAQC	105
Figura 25 – Relação entre resultados de exploração, recursos e reservas minerais.....	115
Figura 26 – Interação dos elementos da declaração	120
Figura 27 – Termos padronizados do ITR CRIRSCO	122
Figura 28 – Princípios dos códigos internacionais de declaração	125
Figura 29 – Fluxograma de estímulo do processo de declaração pela materialidade.	131
Figura 30 – Importância da atuação do PQ no processo de Declaração Pública	132

Figura 31 – Termo adotado para Competência Profissional, no mundo	133
Figura 32 – Modelo de Desenvolvimento de Competências	136
Figura 33 – Disciplinas e focos de atuação dos PQs no processo de declaração, conforme S-K 1300.....	138
Figura 34 – Ilustração representativa das relações entre os países/regiões, membros do CRIRSCO, em agosto de 2022.....	140
Figura 35 – Fluxo da informação técnica pelo NI 43-101.....	142
Figura 36 – Orientações sobre <i>Technical Reports</i> (TR) do padrão NI 43-101	146
Figura 37 – Componentes para definição da Perspectiva Razoável de Extração Econômica	150
Figura 38 – Resultado da aplicação do teste do atendimento aos critérios, por empresa... 156	156
Figura 39 – Resultado do teste para o tema Exploração	156
Figura 40 – Resultado do teste para o tema Técnicas de Sondagem.....	157
Figura 41 – Resultado do teste para o tema Amostragem, Coleta, Captura e Armazenamento	157
Figura 42 – Resultado do teste para o tema Preparação e Análise de Amostras.....	157
Figura 43 – Resultado do teste para o tema Controle e Garantia de Qualidade (QAQC) ...	158
Figura 44 – Resultado do teste para o tema Governança de Amostras.....	158
Figura 45 – Resultado do teste para o tema Densidade.....	158
Figura 46 – Resultado do teste de todos os critérios, calculado por média aritmética	159
Figura 47 – Resultado do teste de todos os critérios, calculado por média ponderada	159
Figura 48 – Resultado da aplicação do teste, por empresa.....	161
Figura 49 – Resultado da pontuação final por empresa x avaliação da declaração.	162
Figura 50 – Ciclo de vida do projeto mineral, com o posicionamento dos relatórios avaliados	164
Figura 51 – Demandas nas esferas temporais.....	165
Figura 52 – Etapas de avaliação da qualidade proposta	166
Figura 53 – Etapas realizadas para definição dos Modelos <i>As Is</i> e <i>To Be</i>	168
Figura 54 – Processos de aquisição de dados em projetos e operação mineira	168
Figura 55 – Exemplo BPM – nível 1 (Cadeia de valor: Gestão de Dados Geológicos)	169
Figura 56 – Exemplo BPM – nível 2 (Processo: Aquisição de Dados) <i>As Is</i>	169
Figura 57 – Exemplo BPM – nível 2 (Processo: Aquisição de Dados) <i>To Be</i>	170
Figura 58 – Elementos de um Programa de QAQC	172
Figura 59 – Exemplo de Protocolo de QAQC - Fluxograma de preparação de amostras com indicação da inserção dos controles de qualidade.....	175
Figura 60 – Modelos de cartas de controle para avaliação do Programa de QAQC	176
Figura 61 – Etapas de verificação do acervo histórico de dados.....	181

Figura 62 – Evolução da execução de furos	187
Figura 63 – Evolução da execução de metros de sondagem	187
Figura 64 – Espacialização dos furos executados por períodos.....	188
Figura 65 – Exemplos de diagramas de completude (Tabela “Assay” e “Lito”).....	190
Figura 66 – Exemplo de aplicação do grau de confiança aos dados com visualização em mapa 2D e em blocos (Pixel = 100 m x 100 m).....	195
Figura 67 – Exemplo de tarefas destacadas pelo mapa de calor para o Processo de Aquisição de Dados e Amostragem, com pontuação de falha, com indicação de prioridades com a simbologia do <i>Gap Analysis</i>	198
Figura 68 – Conceitos utilizados para a definição de papéis e responsabilidades	198
Figura 69 – Gráfico de exemplo da matriz de priorização (Esforço x Impacto).....	200
Figura 70 – Protocolo GMW3.....	205
Figura 71 – Ecossistema de atores brasileiros para atratividade de investimentos do setor mineral.....	208

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -	Questões da pesquisa e indicação dos capítulos e itens em que foram atendidas.....	38
Quadro 2 -	Segmentação do mercado da mineração, segundo critérios econômicos.....	57
Quadro 3 -	Empresas produtoras listadas na B3.....	69
Quadro 4 -	Variabilidade da qualidade dos dados.....	80
Quadro 5 -	Definição dos erros da Teoria da Amostragem.....	83
Quadro 6 -	Estrutura geral dos erros de amostragem.....	84
Quadro 7 -	Distribuição dos erros nas etapas de amostragem de ouro.....	84
Quadro 8 -	Conceitos relacionados a dados e informação.....	85
Quadro 9 -	Características de dados de qualidade, por Barbosa & Lira (2019)....	88
Quadro 10 -	Tipos de dados.....	91
Quadro 11 -	Definições e orientações do padrão ISO 8000-61.....	93
Quadro 12 -	Dados essenciais para suportar a estimativa de recursos minerais....	99
Quadro 13 -	Características de dados de qualidade na mineração.....	101
Quadro 14 -	Definições sobre QAQC e ferramentas de controle.....	105
Quadro 15 -	Objetivos da inserção e tipos de ferramentas de controle QAQC.....	105
Quadro 16 -	Sugestões de consultores sobre a inserção de amostras de controle	109
Quadro 17 -	Inserção recomendada de amostras de controle para os estágios dos projetos.....	109
Quadro 18 -	Inserção recomendada de amostras de controle de qualidade laboratorial.....	110
Quadro 19 -	Métodos de classificação que utilizam parâmetros de qualidade da informação.....	114
Quadro 20 -	Comitês Regionais Nacionais e Organizações Membros do CRIRSCO, com referente código, em sua versão mais recente.....	117
Quadro 21 -	Organizações Profissionais Reconhecidas (OPRs) e categorias profissionais.....	119
Quadro 22 -	Comparação entre os componentes dos códigos internacionais.....	124
Quadro 23 -	Definições relevantes sobre materialidade.....	130
Quadro 24 -	Critério 3.1 Exploração.....	152
Quadro 25 -	Critério 3.2 Técnicas de sondagem.....	152
Quadro 26 -	Critério 3.3 Método de amostragem, coleta, captura e armazenamento.....	152
Quadro 27 -	Critério 3.4 Preparação e análise de amostras.....	153
Quadro 28 -	Critério 3.5 Governança da Amostragem.....	153
Quadro 29 -	Critério 3.6 Controle e Garantia de Qualidade (QAQC).....	154

Quadro 30 -	Critério 3.7 Densidade.....	154
Quadro 31 -	Relatórios técnicos avaliados na Hipótese I.....	155
Quadro 32 -	Avaliação dos relatórios técnicos.....	162
Quadro 33 -	Taxa ideal de inserção das ferramentas de controle.....	173
Quadro 34 -	Orientações para a inserção de ferramentas de controle.....	174
Quadro 35 -	Limites de aceitação das ferramentas de controle QAQC.....	174
Quadro 36 -	Controles adicionais de qualidade – granulometria e massa.....	175
Quadro 37 -	Orientações e controles para QAQC Geológico complementar.....	179
Quadro 38 -	Tarefas recomendadas para a gestão da materialidade.....	182
Quadro 39 -	Exemplos de parâmetros de análise exploratória recomendados.....	188
Quadro 40 -	Exemplo de matriz de atribuição do grau confiança.....	194
Quadro 41 -	Exemplo da Matriz RACI - Processo de aquisição de dados e amostragem.....	199
Quadro 42 -	Modelo de Matriz de Priorização de ações.....	200

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Dados dos principais mercado de capitais da mineração, ano de 2021	67
Tabela 2 – Exemplo de colunas e tipos de dados na tabela “Collar”	185
Tabela 3 – Exemplo de dicionário de dados da tabela “Collar”	186
Tabela 4 – Quantidade de furos e metros executados	186
Tabela 5 – Exemplo de avaliação da porcentagem de completude das tabelas essenciais	189
Tabela 6 – Exemplo de avaliação da completude das tabelas e a contribuição individual ..	190
Tabela 7 – Exemplo da avaliação da singularidade de dados	191
Tabela 8 – Exemplo da avaliação de interpretabilidade e clareza	192
Tabela 9 – Exemplo de resultados dos testes de consistência	193

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABDI – Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABPM – Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa Mineral
ACM – *Asociación Colombiana de Minería*
ACP – *Accredited Competent Person*
ADIMB – Agência para Desenvolvimento e Inovação do Setor Mineral Brasileiro
AIG – *Australian Institute of Geoscientists*
AIM – *Alternative Investments Market*
AIMC – *Asociación de Profesionales del Sector Minero de Colombia*
AIPG – *American Institute of Professional Geologists*
AIR – Análise de Impacto Regulatório
AMF – *Autorité des marchés financiers of Québec*
AMIC – *Australian Mining Industry Council*
ANM – Agência Nacional de Mineração
ASC – *Alberta Securities Commission*
ASE – *Alberta Stock Exchange*
ASIC – *Australian Securities and Investments Commission*
ASIMIN – *Asociación de Ingenieros de Minas de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia*
ASOGRAVAS – *Asociación Colombiana de Productores Agregados Pétreos de Colombia*
ASX – *Australian Stock Exchange*
AusIMM – *Australasian Institute of Mining and Metallurgy*
B3 – Brasil, Bolsa, Balcão
BCCC – *Brazil-Canada Chamber of Commerce*
BDDK – *Banking Regulation and Supervision Agency of Turkey*
BIST – *Istanbul Stock Exchange*
BM&FBovespa – Bolsa de Valores, Mercadorias e Futuros
BNDES – Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
BPM – *Business Process Modelling*
BPMN – *Business Process Modelling Notation*
BSC – *Balanced Scorecard*
CBRR – Comissão Brasileira de Recursos e Reservas
CCR – *Comisión Colombiana de Recursos Y Reservas Minerales*
CETIP – Central de Custódia e Liquidação Financeira de Títulos
CGS – *Council for Geoscience of South Africa*
CIM – *Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum*
CM – *Comisión Calificadora de Competencias en Recursos y Reservas Mineras (Comision Minera de Chile)*

CMMI – *Council of Mining and Metallurgical Institutions*
CNI – *Confederação Nacional da Indústria*
CoM – *Chamber of Mines of South Africa*
COMECON – *Council for Mutual Economic Assistance*
COMIN – *Conselho Temático de Mineração (COMIN) da CNI*
CONFEA – *Conselho Federal de Engenharia e Agronomia*
CP – *Chartered Professional*
CP – *Curto Prazo*
CPD – *Continuing Professional Development*
CPG – *Consejo Profesional de Geología de Colombia*
CPR – *Competent Persons Report*
CREA – *Conselho Regional de Engenharia e Agronomia*
CRIRSCO – *Committee for Mineral Reserves International Reporting Standards*
CSA – *Canadian Securities Administrators*
CTQ – *Control-to-Quality*
CVM – *Comissão de Valores Mobiliários*
DAMA – *Data Management Association*
DIPEM – *Declaração de Investimento em Pesquisa Mineral*
DMR – *Department of Mineral Resources of South Africa*
DNPM – *Departamento Nacional da Produção Mineral (substituído pela ANM)*
ECSA – *Engineering Council of South Africa*
EDGAR – *Electronic Data Gathering, Analysis, and Retrieval System*
EFG – *European Federation of Geologists*
EOH – *End of Hole*
ESG – *Environmental, Social and Corporate Governance*
FAMMP – *Fennoscandian Association for Minerals and Metals Professionals*
FCSA – *Financial Sector Conduct Authority of South Africa*
FEBRAGEO – *Federação Brasileira de Geólogos*
FEDESMERALDAS – *Federación Nacional de Esmeraldas de Colombia*
FENALCARBON – *Federación Nacional de Productores de Carbón*
FSB – *Financial Services Board*
GASA – *Geo-statistical Association of South Africa*
GIGO – *Garbage In, Garbage Out*
GISTM – *Global Industry Standard on Tailings Management*
GKZ – *Russian State Commission on Mineral Reserves*
GDMB – *Gesellschaft Deutscher Metallhütten und Bergleute*
GSI – *Geological Society of India*
GSL – *Geological Society of London*
GSSA – *Geological Society of South Africa*
IAEA – *International Atomic Energy Agency*

IAGI – *Indonesian Association of Geologist*
IASB – *International Accounting Standards Board*
IASSA – *Investment Analysts Society of South Africa*
IBRAM – *Instituto Brasileiro de Mineração*
ICMM – *International Council on Mining and Metals*
ICP – *Inductively Coupled Plasma*
IEA – *Institution of Engineers Australia*
IG7 – *Industry Guide 7*
IGI – *Institute of Geologists of Ireland*
IIMCh – *Instituto de Ingenieros de Minas de Chile*
IIROC – *Investment Industry Regulatory Organization of Canada*
IMEB – *Iberian Mining Engineers Board*
IMIC – *Indian Mineral Industry Code*
IMM – *Institution of Mining and Metallurgy*
IMMSA – *Institute of Mine Surveyors of South Africa*
IOM3 – *Institute of Materials Minerals and Mining*
IoT – *Internet of Things*
IPENZ – *Institution of Professional Engineers New Zealand*
IPO – *Initial Public Offering*
IRT – *International Reporting Template*
ISO – *International Organization for Standardization*
JORC – *Joint Ore Reserve Committee*
JSE – *Johannesburg Stock Exchange*
JV – *Joint Venture*
KAZRCA – *Kazakhstan Association for Public Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Mineral Reserves*
KMCI – *Komite Cadangan Mineral Indonesia*
KPI – *Key Performance Indicator*
LIDAR – *Light Detection and Ranging*
LIMS – *Laboratory Information Management System*
LP – *Longo Prazo*
LSE – *London Stock Exchange*
LSSA – *Law Societies of South Africa*
M&A – *Merge and Acquisition*
MCA – *Minerals Council of Australia*
MEAI – *Mining Engineers' Association of India*
MGEI – *Indonesian Association of Economic Geologist*
MGMI – *Mining Geological and Metallurgical Institute of India*
MICEX – *Moscow Interbank Currency Exchange*
MIGEM – *General Directorate of Mining Affairs of Turkey*

MineReC – *Mineral Resources Classification*
MME – Ministério das Minas e Energia
MMSA – *Mining and Metallurgical Society of America*
MOU – *Memorandum of Understanding*
Moz – Milhão de onças
MPIGM – *Mongolian Professional Institute for Geosciences and Mining*
MRC – *Mongolian Mineral Resources and Reserves Committee*
MRCS – *Mineral Resource Classification System*
MRMR – *Mineral Resource and Mineral Reserve*
MSTF – *Mining Standards Task Force*
MTA – *General Directorate of Mineral Research and Exploration of Turkey*
MTAMC – *Mining Technical Advisory and Monitoring Committee*
NACRI – *National Committee for Reporting Mineral Resources and Reserves in India*
NAEN – *National Association for Subsoil Examination of Russia*
NASDAQ – *National Association of Securities Dealers Automated Quotations*
NI 43-101 – *National Instrument 43-101*
NRO – *National Reporting Organisation*
NYSE – *New York Stock Exchange*
NZSE – *New Zealand Stock Exchange, NZX*
OCDE – *Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico*
ODS – *Objetivos de Desenvolvimento Sustentável*
OERN – *Russian Society of Subsoil Use Experts*
ONU – *Organização das Nações Unidas*
OPR – *Organizações Profissionais Reconhecidas*
OSC – *Ontario Securities Commission*
PAE – *Plano de Aproveitamento Econômico*
PDAC – *Prospectors and Developers Association of Canada*
PDCA – *Plan-Do-Check-Act*
PERC – *Pan European Resources and Reserves Reporting Committee*
PERHAPI – *Indonesian Association of Mining Professionals*
PFI – *Ponto de Falha Interna*
PMRC – *Philippine Mineral Reporting Code*
PMRCC – *Philippine Mineral Reporting Code Committee*
PNUD – *Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento*
PO – *Professional Organisation*
PONEN – *The Professional Association of Independent Experts in Subsoil Use Public Association of Kazakhstan*
PPO – *Ponto de Probabilidade de Ocorrência*
PQ – *Profissional Qualificado*
PQR – *Profissional Qualificado Registrado*

PRO – Procedimento Operacional
QAQC – *Quality Assurance, Quality Control*
QP – *Qualified Person*
RACI – Responsável-Aprovador-Consultado-Informado
RC – *Reverse Circulation*
RCP – *Registered Competent Person*
RFA – *Recognised Foreign Association*
RFP – Relatório Final de Pesquisa
ROM – *Run of Mine*
ROPO – *Recognized Overseas Professional Organizations*
RPEEE– *Reasonable Perspective of Eventual Economic Extraction*
RPO – *Recognised Professional Organisations*
RQD – *Rock Quality Designation*
RRR – *Resource Reliability Rating System*
RRR – *Reavaliação de Recursos e Reservas*
S-K 1300 – *Regulation S-K (Disclosure by Registrants Engaged in Mining Operations)*
SABAR – *General Council of the Bar of South Africa*
SACNASP – *South African Council for Natural Scientific Professions*
SAGC – *South African Council for Geomatics*
SAICA – *South African Institute of Chartered Accountants*
SAIMM – *Southern African Institute of Mining and Metallurgy*
SAMREC – *South African Mineral Resource Committee*
SAOGA – *South African Oil & Gas Agency*
SBRRM – *Sistema Brasileiro de Recursos e Reservas Minerais*
SCG – *Sociedad Colombiana de Geología*
SCR – *Solid Core Recovery*
SEC – *Securities and Exchange Commission of The United States*
SEDAR – *System for Electronic Document Analysis and Retrieval*
SEG – *Society of Economic Geologists*
SEHK – *Stock Exchange Hong Kong*
SGM – *Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral*
SHSE – *Shanghai Stock Exchange*
SME – *Society of Mining, Metallurgy and Exploration*
SONAMI – *Sociedad Nacional de Minería*
SOX – *Sarbanes-Oxley*
SPK – *Capital Markets Board of Turkey*
SQI – *Sampling Quality Index*
SQL – *Structured Query Language*
SX – *Bolsa de Comercio de Santiago*
SZSE – *Shenzhen Stock Exchange*

TBB – *The Banks Association of Turkey*
TCR – *Total Core Recovery*
TMX – *The TMX Group Limited*
TOBB – *The Union of Chambers and Commodity Exchanges of Turkey*
TOS – *Theory of Sampling*
TR – *Technical Report*
TRS – *Technical Report Summary*
TSE – *Toronto Stock Exchange* (atualmente TSX)
TSX – *Toronto Stock Exchange* (inicialmente TSE)
TSXV – *TSX Venture Exchange*
U.S. SEC – *United States Securities and Exchange Commission*
UMREK – *National Resources and Reserves Reporting Committee of Turkey*
UN-ECE – *United Nations Economic Commission for Europe*
UNFC – *United Nations Framework Classification for Fossil Energy and Mineral Reserves and Resources*
URSS – *União das Repúblicas Socialistas Soviéticas*
USBM – *United States Bureau of Mines*
USGS – *United States Geological Survey*
VANT – *Veículos Aéreos Não Tripulados*
XRF – *X-Ray Fluorescence*
YERMAN – *The Association of Geoscience, Mining and Metallurgy Professional of Turkey*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	29
1.1 RELEVÂNCIA E MOTIVAÇÃO PARA O TEMA.....	34
1.2 ESTRUTURAÇÃO DA TESE.....	35
1.3 PERGUNTAS PARA A PESQUISA.....	36
1.4 JUSTIFICATIVAS.....	38
1.5 OBJETIVOS.....	40
1.6 MATERIAIS E MÉTODOS.....	41
1.6.1 Hipóteses.....	42
2. REVISÃO DO ESTADO DA ARTE, LITERATURA E BOAS PRÁTICAS	44
2.1 SOBRE A PADRONIZAÇÃO DA DECLARAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE RECURSOS MINERAIS.....	45
2.1.1 Adoção das boas práticas no Brasil.....	53
2.2 DEMANDA DE INVESTIMENTOS PELA MINERAÇÃO.....	57
2.2.1 Mecanismos de financiamento.....	61
2.2.2 Mercados de capitais mundiais.....	64
2.2.3 Mercado de capitais brasileiro.....	68
2.2.4 Empreendimentos no Brasil com capital de bolsas de valores estrangeiras.....	72
2.3 AMBIENTES REGULATÓRIOS.....	75
2.4 AMOSTRAGEM.....	78
2.5 DADOS E INFORMAÇÃO.....	85
2.5.1 Qualidade de dados.....	86
2.5.2 Gerenciamento de dados.....	92
2.5.3 Governança de dados.....	94
2.5.4 Qualidade da informação na mineração.....	95
2.5.5 Gestão de dados geológicos.....	99
2.6 QAQC (QUALITY ASSURANCE / QUALITY CONTROL).....	103
2.6.1 Programa de QAQC.....	110
2.7 CLASSES DE RECURSOS E RESERVAS MINERAIS.....	114
3. CONSOLIDAÇÃO DA PESQUISA BIBLIOGRÁFICA REALIZADA	116
3.1 GOVERNANÇA DA PADRONIZAÇÃO DE DECLARAÇÕES PÚBLICAS.....	116
3.2 ELEMENTOS DE PADRONIZAÇÃO DOS CÓDIGOS.....	120
3.2.1 Componentes dos códigos.....	121
3.2.2 Termos e definições.....	122

3.2.3 Princípios.....	125
3.3 ASPECTOS COMPLEMENTARES SOBRE COMPETÊNCIA.....	135
3.4 RECIPROCIDADE E RECONHECIMENTO.....	139
3.5 DECLARAÇÕES PÚBLICAS.....	140
3.5.1 Declarações públicas para ANM.....	143
3.5.2 Disponibilização das declarações públicas.....	144
3.5.3 Relatórios técnicos.....	145
3.5.4 <i>Checklist</i>	147
3.5.5 Recomendações dos padrões internacionais.....	148
4. RESULTADOS.....	151
4.1 TESTE DA HIPÓTESE I.....	151
4.2 TESTE DA HIPÓTESE II.....	164
4.2.1 Metodologia de Avaliação da Qualidade.....	165
4.2.2 Avaliação da Hipótese II.....	201
4.3 PROTOCOLO GMW3.....	202
5. DISCUSSÕES.....	207
5.1 APLICAÇÃO NO BRASIL.....	207
5.2 APLICAÇÃO EM DADOS GEOTÉCNICOS E OUTROS TIPOS.....	210
6. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	211
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	215
ANEXO A - Origens da padronização e evolução histórica da classificação e declaração de recursos e reservas minerais.....	231
A.1 – Padrões pós Bre-X.....	243
A.2 – Outros padrões de classificação.....	247
A.2.1 – Classificação para governo.....	248
A.2.2 – Classificação para agências “super-nacionais”.....	249
A.2.3 – Iniciativas híbridas.....	250
ANEXO B - Evolução da padronização no Brasil.....	254
ANEXO C - Características dos estágios de desenvolvimento no ciclo de vida do projeto mineral.....	257
ANEXO D - Conceituação de termos do mercado financeiro utilizados no setor mineral.....	258
ANEXO E - Sistemas de declaração pública.....	259
E.1 – Canadá.....	259
E.2 – Austrália.....	259

E.3 – Estados Unidos.....	260
E.4 – Brasil.....	261
ANEXO F - Definições sobre a teoria da amostragem e termos correlatos.....	262
ANEXO G - Considerações sobre Governança de Dados e Governança Corporativa.....	263
ANEXO H - Sumário da publicação de Long (2000), referência em QAQC.....	266
ANEXO I - Métodos de classificação que utilizam parâmetros de qualidade de informação.....	267
I.1 - Classificação de recursos por quantificação de incerteza.....	267
I.2 - Sistema de classificação de confiabilidade de recursos.....	267
I.3 - Índice de Qualidade da Amostragem.....	268
I.4 - Classificação de Recursos Minerais (MineReC).....	269
I.5 - Balanced Scorecard Approach for Resource Classification.....	269
I.6 - 15% + Scorecard.....	270
I.7 - Silva & Boisvert (2014).....	272
I.8 - Sistema de Classificação de Recursos Minerais (MRCS).....	273
I.9 - Control-to-Quality (CTQ).....	276
ANEXO J - Definições padronizadas dos códigos internacionais.....	281
ANEXO K - Itens da lista de verificação do ITR CRIRSCO (2019).....	283
ANEXO L - Boas práticas e recomendações dos padrões internacionais.....	284
L.1 - Amostragem, Preparação e Análise.....	284
L.2 - QAQC e Governança.....	286
L.3 - Qualidade dos Dados.....	287
L.4 – Densidade.....	288
L.5 - Cadeia de Custódia e Retenção das Amostras.....	289
L.6 - Sondagem, Geologia e outros requisitos relevantes.....	290
L.7 - Classificação de recursos minerais.....	291
ANEXO M - Compartimentação das classes.....	292
M.1 - Recursos minerais, conforme aumento de confiança na geologia e na estimativa.....	292
M.2 - Reservas minerais, de acordo com a confiança nas estimativas e aplicação de fatores modificadores.....	293

1. INTRODUÇÃO

A indústria mineral contribui para a economia brasileira por meio da produção de 47 substâncias minerais principais para consumo interno e exportação, em mais de 18 mil minas e de 8.300 empresas, conforme dados do ano de 2021 do “Anuário Mineral Brasileiro Interativo”, desenvolvido pela Coordenação de Economia Mineral da Agência Nacional de Mineração (ANM). Os dados da produção mineral deste ano foram:

- quantidade produzida bruta = 1.997.668,38 toneladas (ROM – *Run of Mine*);
- valor real da produção bruta = R\$ 64,38 Bilhões; e
- valor da produção beneficiada = R\$ 334,44 Bilhões.

A segmentação do setor mineral brasileiro conforme porte da produção é apresentada na Figura 1.

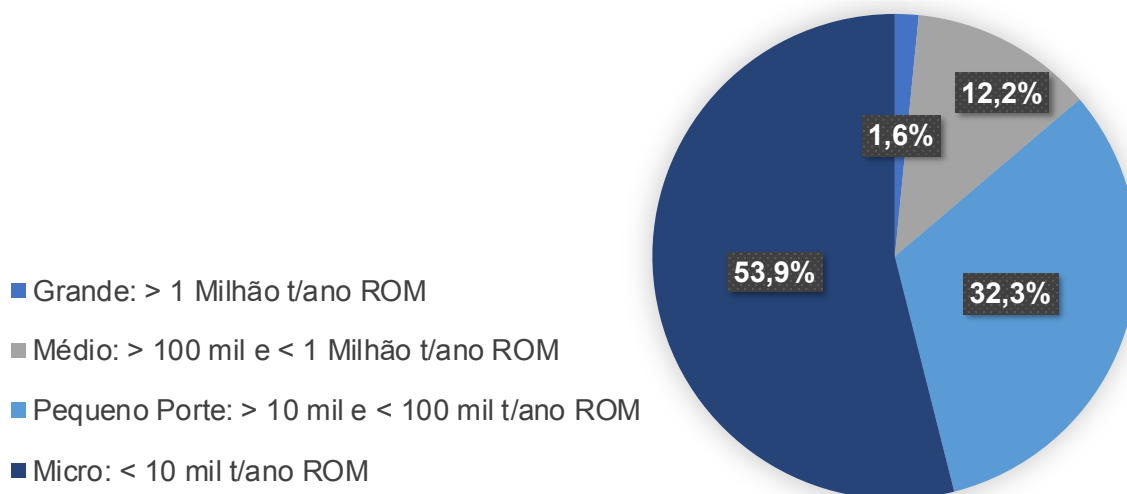


Figura 1 – Classificação da mineração brasileira pelo porte da produção bruta (ROM) anual
Fonte: ANM (2022a).

O país possui relevantes províncias metalogenéticas com concentrações de minerais de grande relevância e pela favorabilidade para descobertas de novos depósitos, pois ainda é carente de conhecimento geológico em escala compatível para confirmação do potencial mineral de classe mundial.

O Código de Mineração Brasileiro (Decreto-Lei 227, de 28/02/67 – BRASIL, 1967) é o diploma legal que dispõe sobre os aspectos regulatórios a serem observados pelos entes públicos e privados no território nacional. Nesta Lei, foram feitas orientações gerais sobre pesquisa mineral, especialmente no que tange às questões legais de extração, sem especificações relativas aos parâmetros de delimitação e conhecimento de seu comportamento.

O Capítulo II do Código de Mineração – Da Pesquisa Mineral – dispõe:

Art. 14º Entende-se por pesquisa mineral a execução dos trabalhos necessários à definição da jazida, sua avaliação e a determinação da exequibilidade do seu aproveitamento econômico.

Parágrafo 1º. A pesquisa mineral compreende, entre outros, os seguintes trabalhos de campo e de laboratório: levantamentos geológicos pormenorizados da área a pesquisar, em escala conveniente, estudos dos afloramentos e suas correlações, levantamentos geofísicos e geoquímicos; aberturas de escavações visitáveis e execução de sondagens no corpo mineral; amostragens sistemáticas; análises físicas e químicas das amostras e dos testemunhos de sondagens; e ensaios de beneficiamento dos minérios ou das substâncias minerais úteis, para obtenção de concentrado de acordo com as especificações de mercado ou aproveitamento industrial.

Parágrafo 2º. A definição da jazida resultará da coordenação, correlação e interpretação dos dados colhidos nos trabalhos executados, e conduzirá a uma medida de reservas e dos teores. (BRASIL, 1967).

Como parte das estratégias setoriais para a atratividade de investimentos, sobretudo internacionais, o Brasil – através dos esforços integrados da Agência Nacional da Mineração (ANM), IBRAM (Instituto Brasileiro de Mineração), e outras entidades afins – vem adotando diversas condutas e ações coordenadas nos últimos anos para estabelecimento de um ambiente institucional sólido e robusto, com publicação de regulamentos modernizados e alinhados às melhores práticas internacionais de declaração para resultados de exploração, recursos e reservas minerais. Nery (2020), a respeito, comenta:

O órgão regulador ainda classificava o conteúdo mineral da jazida como reserva inferida, indicada e medida, a depender da confiabilidade gerada pelos dados de exploração, não considerando os fatores modificadores, mantendo-se a confusão conceitual entre o que seriam recursos e reservas. Essa classificação obsoleta ao longo

do tempo precisou ser substituída por conceitos com contornos melhor definidos. (NERY, 2020).

Neste contexto, diversas ações foram executadas, para compatibilização das terminologias e práticas:

- a criação da Comissão Brasileira de Recursos e Reservas (CBRR) em dezembro de 2015, com a publicação do “Guia CBRR para Declaração de Resultados de Exploração, Recursos e Reservas Minerais” (CBRR, 2016), pela conjunção de esforços do IBRAM, ABPM (Associação Brasileira de Empresas de Produção Mineral) e ADIMB (Agência para o Desenvolvimento Tecnológico e Inovação do Setor Mineral Brasileiro), e sua consequente integração e reconhecimento como seu novo membro do *Committee for Mineral Reserves International Reporting Standards* (CRIRSCO);
- a publicação do novo regulamento do Código de Mineração (Decreto-Lei 227/1967) pelo Decreto nº 9.406, de 12/06/2018, que em seu artigo 9º, § 4º define que:

A reserva mineral se classifica em recursos inferido, indicado e medido e em reservas provável e provada, conforme definidos em Resolução da ANM, necessariamente com base em padrões internacionalmente aceitos de declaração de resultados. (BRASIL, 2018a).

- a publicação do Decreto nº 9.587 em 27 de novembro de 2018 (BRASIL, 2018b), que instala a Agência Nacional de Mineração e aprova a sua Estrutura Regimental para substituir o Departamento Nacional de Produção Mineral – DNPM e, dentre suas atribuições está a normatização do Sistema Brasileiro de Certificação de Reservas e Recursos Minerais, no prazo de até um ano, contado da publicação da Lei;
- a abertura do processo de consulta pública nº 8/2018 com disponibilização da minuta de Ato Normativo - Resolução ANM (ANM, 2018), realizada no período de 27 de novembro de 2018 a 27 de dezembro de 2018, com a proposta de regulamentação, instituição e normatização do sistema brasileiro de certificação de recursos e reservas minerais, que estabelece os conceitos técnicos, considerando o modelo de relatório internacional para declaração de resultados de exploração, recursos e reservas minerais,

elaborado pelo CRIRSCO, instituição reconhecida como a principal organização internacional que representa a indústria da mineração em questões relacionadas à classificação e declaração de ativos minerais, representada no Brasil pela CBRR;

- a publicação da Portaria nº 295 (ANM, 2020) em 30 de abril de 2020, que incluiu na Agenda Regulatória da ANM 2020-2021 a criação do projeto “Sistema Brasileiro de Recursos e Reservas” (Eixo Temático 3 – Pesquisa). Para sua estruturação, houve a realização de estudos detalhados de Análise de Impacto Regulatório (AIR), que apresentaram uma proposta mais consistente, acatando integralmente, parcialmente ou não acatando as contribuições da consulta pública, como parte do Processo de Participação e Controle Social (ANM, 2021). Dentre os trabalhos desenvolvidos no projeto, destacam-se:
 - Revisão do Relatório de Consulta Pública nº 8/2018 (SEI nº 2099020);
 - Relatório de AIR - Sistema Brasileiro de Recursos e Reservas Minerais (SEI nº 2099026);
 - Relatório de AIR - Declarações Públicas (SEI Nº 2099046);
 - Revisão da Minuta de Resolução sobre o Sistema Brasileiro de Recursos e Reservas Minerais (SEI nº 2099052);
 - Nota Técnica do Sistema Brasileiro de Recursos e Reservas Minerais (SEI n ° 2099015);
 - Nota Técnica - Impactos na Implementação do Sistema Brasileiro de Recursos e Reservas Minerais (SEI nº 2099043); e
 - Nota Técnica nº 1/2020/DGTPM_GEPM_SRM/ANM_DIRC (SEI nº 2088925).
- a abertura da Tomada de Subsídios nº 1/2021 pelo período de 19 de janeiro de 2021 a 17 de fevereiro de 2021, com o objetivo de:

receber contribuições da sociedade, do setor regulador e dos demais órgãos públicos, relativas às principais alterações contidas na nova proposta de Resolução, que se referem às Regras de Transição (Capítulo IV) que definem a aplicação dos conceitos voltados à classificação de recursos e reservas minerais e das Declarações

Públicas dos resultados de exploração, recursos e reservas minerais, e às Disposições Finais (Capítulo V),

quando foram disponibilizados os documentos supracitados na forma de Apêndices;

- a publicação da Resolução ANM nº 94 (ANM, 2022b) de 07 de fevereiro de 2022, que disciplina a classificação das reservas minerais, com base em padrões internacionalmente aceitos de declaração de resultados. Dentre os diversos direcionamentos que este instrumento dá, destacam-se:
 - o estabelecimento do denominado Sistema Brasileiro de Recursos e Reservas Minerais (SBRRM), que compreende o conjunto de normas e procedimentos para gestão das informações relativas aos recursos e reservas minerais, contidas nos documentos técnicos vinculados aos processos de direito minerário e em declarações públicas apresentadas à ANM;
 - competências da ANM para a gestão do SBRRM;
 - conceituação de recursos e reservas minerais;
 - definição de um instrumento resumo das informações dos resultados de exploração, recursos e reservas minerais com o objetivo de divulgar e de dar transparência às atividades de pesquisa e exploração mineral desenvolvidas no país; e
 - disposições transitórias e compatibilização de documentos técnicos.

A publicação da Resolução foi um avanço para o setor, porém, ainda há muito o que ser feito, com publicação de normativos complementares e esclarecimentos adicionais em resoluções ANM, como, por exemplo, os instrumentos complementares com esclarecimentos que especifiquem os critérios mínimos dos documentos técnicos, uma vez que esta prática não é de domínio de grande parte dos profissionais e empreendedores brasileiros, sobretudo os micro e pequenos.

Com o alinhamento das práticas e regulamentos brasileiros, um novo perfil de potenciais investidores poderá aportar recursos para o setor mineral brasileiro. Este público está familiarizado com os padrões internacionalmente aceitos de declaração de resultados de exploração, recursos e reservas minerais, tais como NI 43-101

(*National Instrument 43-101*, Canadá), o Código JORC (*Joint Ore Reserves Committee*, Australásia), o “Guia CBRR” (CBRR, Brasil) e outros pertencentes à Família CRIRSCO, que apresentam, como principais vantagens:

- equivalência de princípios, termos e conceitos;
- aplicação de dinâmica similar pela adoção de metodologia e sistematização padronizada, em todo o mundo;
- possibilidade de comparação entre projetos e estabelecimento de *benchmarking*, devido à mesma abordagem apresentada;
- apoio em fusões, aquisições e outros acordos corporativos; e
- fornecimento de melhores bases para avaliação do risco relativo em decisões referentes a recursos e reservas aos executivos das empresas e potenciais investidores.

1.1. RELEVÂNCIA E MOTIVAÇÃO PARA O TEMA

Com o objetivo de contribuir com o estado da arte do tema relacionado ao processo de declaração de recursos minerais para o setor mineral brasileiro – inserido recentemente no contexto das práticas internacionais balizadoras de negócios e investimentos – buscou-se compreender e apresentar os resultados de uma relação jamais estudada anteriormente: a influência da qualidade da informação utilizada para a definição de classes padronizadas nos instrumentos nacionais e regionais.

Diante do cenário da entrada do Brasil como membro do CRIRSCO por meio da CBRR e da necessidade de (re)estruturação do setor mineral brasileiro para ser compatível com as práticas internacionais e mais atrativo para investimentos, percebeu-se uma lacuna na produção científico-acadêmica no que diz respeito ao esclarecimento técnico para a comunidade nacional. Considerou-se extremamente relevante que estudos abrangentes e aprofundados estivessem disponíveis em português.

Globalmente, há entendimento e consenso do conteúdo, protocolos e formatos que as práticas internacionais preconizam, a que empresas e investidores têm

revelado familiaridade. Entretanto, estes métodos precisam ser adaptados para a realidade brasileira, de modo a que sejam efetivamente incorporados e adotados.

1.2. ESTRUTURAÇÃO DA TESE

A tese está estruturada em capítulos e seções, com os conteúdos a seguir descritos.

No Capítulo 1 (**Introdução**) é apresentado o tema, com contextualização do problema da pesquisa, discussão da relevância e fatores que motivaram sua realização, as contribuições imaginadas para a comunidade mineral e geocientífica e as hipóteses formuladas.

O Capítulo 2 (**Revisão do Estado da Arte, Literatura e Boas Práticas**) apresenta a síntese da evolução histórica dos padrões internacionais de declaração e classificação de recursos minerais, a adoção das práticas vigentes atuais no Brasil, os ambientes regulatórios e alguns aspectos do mercado financeiro. Também, é apresentada, neste capítulo, a consolidação dos principais conceitos e definições relacionados à amostragem, qualidade de dados e informação, QAQC (QAQC – *Quality Assurance, Quality Control*), aspectos de governança e *compliance*, além de discutir alguns métodos aplicados à classificação de recursos e reservas minerais que utilizam mecanismos relacionados aos temas de interesse.

O Capítulo 3 (**Consolidação da Pesquisa Bibliográfica**) apresenta a análise dos códigos, componentes, termos padronizados, princípios, conceitos, definições, organizados de forma comparativa demandas para declaração pública, relatórios técnicos, listas de verificação, com destaque para questões relacionadas à governança e competência.

O Capítulo 4 (**Resultados**) consolida as contribuições do trabalho, com teste de hipóteses e aplicação da matriz de avaliação da aderência às práticas em declaração pública de empresas listadas em bolsas internacionais com operação no Brasil. Os resultados foram comparados com a estrutura de ciclo de vida do projeto mineral e fases dos estudos técnicos. Neste capítulo é detalhada a proposta para avaliação de qualidade, o *GeoData Quality Management*, com organização de

módulos de revisão de *workflow*, validação do acervo e ações de consolidação. São apresentadas ferramentas de aplicação do método, testes de consistência e mecanismos atribuição de confiança aos dados de projetos e operações mineiras. Também são discutidas as demandas futuras relacionadas à transformação digital e foi apresentado o ecossistema digital no formato de um protocolo conceitual *GMW3 Protocol*.

O Capítulo 5 (**Discussão**) complementa as impressões sobre o processo de adequação que deverá acontecer no Brasil com a adoção das melhores práticas recomendadas e a potencial expansão desta pesquisa para outros tipos de geodados.

O Capítulo 6 (**Conclusões e Considerações Finais**) sintetiza conclusões da tese para os mais importantes resultados obtidos e contribuições disponibilizadas pela pesquisa.

Nos **Anexos**, são apresentados diversos pontos complementares da pesquisa realizada, como a completa a evolução histórica dos padrões internacionais de declaração e classificação de recursos minerais, desde as origens da padronização aos avanços ao longo do tempo, os impactos da fraude Bre-X, a aplicação de padrões por empresas listadas em bolsas de valores e governos e agências mundiais para composição de inventários nacionais e setoriais definições dos códigos internacionais relacionados à amostragem, qualidade de dados e informação, QAQC, aspectos de governança e *compliance*, além de discutir alguns métodos aplicados à classificação de recursos e reservas minerais que utilizam mecanismos relacionados aos temas de interesse e indicar as recomendações dos códigos internacionais sobre cada um dos itens de interesse da pesquisa.

1.3. PERGUNTAS PARA A PESQUISA

Um dos grandes desafios de uma empresa que atua no setor mineral é ter confiança nas informações, para garantir que a sua produção seja constante, previsível e permanente, de forma a minimizar seus riscos em toda cadeia de valor, com credibilidade demonstrada (financeira e operacional).

Considera-se, como premissa técnica da pesquisa, que a assertividade das decisões tomadas na indústria mineral depende diretamente da qualidade e da confiabilidade dos dados utilizados e disponibilizados para sua análise.

Garbage In, Garbage Out (GIGO) é uma expressão em inglês mundialmente utilizada, atribuída ao programador e instrutor da IBM George Fuechsel, que significa, literalmente, "lixo entra, lixo sai". A Figura 2 ilustra como, mesmo com o estabelecimento de um excelente processo, se os dados de entrada forem ruins, os resultados de saída serão ruins também. Se a qualidade das informações for baixa, os resultados não serão confiáveis o suficiente para se tomar boas decisões.



Figura 2 – Ilustração do risco de geração de análises ruins sobre dados

Para entender melhor a temática do projeto de doutoramento, as principais questões que nortearam os rumos desta pesquisa estão relacionadas no Quadro 1 que, também, indica em quais capítulos e itens foram atendidos.

	Questões da pesquisa	Item que atende a pergunta
1	Como foram estabelecidos os mecanismos de classificação de recursos minerais?	2.1 – Evolução histórica 2.1.1 - Origens da Padronização
2	Como evoluíram os padrões internacionais de declaração de resultados de exploração, recursos e reservas minerais?	2.1 – Evolução histórica 2.1.2 - Padrões pós-Bre-X 2.1.3 - Outros padrões de classificação 2.1.4 - Adoção das boas práticas no Brasil
3	Quais são os códigos vigentes na atualidade?	3.1 – Governança da Padronização 4 – Resultados
4	Quais são as melhores práticas recomendadas pelos códigos internacionais no que diz respeito à qualidade das informações utilizadas para classificação de recursos minerais?	3.5.5 - Recomendações dos códigos

(cont.)

(cont.)

5	Como garantir que as informações de um depósito ou projeto possuam qualidade suficiente conforme recomendações dos códigos internacionais para declaração de recursos minerais?	4.1 - Teste da Hipótese I 4.2 - Teste da Hipótese II
6	A sistemática aceita internacionalmente pelo mercado está clara para a sociedade mineradora brasileira?	6.2 – Aplicação no Brasil
7	Como estas práticas poderão ser adotadas e compatibilizadas com a legislação brasileira e o ambiente regulatório nacional?	6.2 – Aplicação no Brasil
8	Quais ações e iniciativas os profissionais brasileiros deverão tomar para estarem inseridos neste contexto?	3.2.3.3 – Competência 3.3 – Aspectos complementares sobre competência 6.2 – Aplicação no Brasil

Quadro 1 – Questões da pesquisa e indicação dos capítulos e itens em que foram atendidas

1.4. JUSTIFICATIVAS

Esta tese foi elaborada com base em pesquisa científica original, compreendendo leituras, observações, investigações, adaptações à realidade brasileira, esclarecimentos e reflexões.

Desde as fases iniciais de exploração geológica até o início de um empreendimento mineiro, bem como durante todo o planejamento para sua operação e para efetivo controle de teores, são realizados altos investimentos em informação, com a finalidade de melhor compreender e modelar o comportamento do minério de interesse. O “coração” da confiança nos estudos de viabilidade técnico-econômica dos empreendimentos mineiros, em todas as fases do ciclo de vida, é a qualidade da informação utilizada no processo de classificação e declaração de recursos e reservas minerais.

As amostras – de onde são extraídas as informações mais importantes – utilizadas para a estimativa de volumes e teores, devem fielmente representar todo o corpo mineralizado, quanto à localização espacial dos dados dos diversos tipos de amostras e sondagens, e a todos os demais parâmetros. Especialmente, em depósitos de baixos teores ou alta variabilidade geológica, torna-se ainda mais importante a garantia do correto posicionamento de todas as amostras, associado à eficiência nas etapas de coleta, preparação e análise, para garantia dos níveis de lucratividade e produtividade.

Stephenson & Miskelly (2001) destacaram como principais benefícios da padronização internacional de declaração:

A mineração é internacional, assim como o investimento. Muitas empresas domiciliadas em um país têm donos ou sócios estrangeiros. Da mesma forma, tornou-se cada vez mais comum para as empresas de mineração diversificar unidades de exploração, desenvolvimento e produção em países estrangeiros. As “*Joint Ventures*” de exploração geralmente têm operações espalhadas em diversos países. Na ausência de um padrão internacional de declaração, não seria incomum ser exigido o cumprimento de, digamos, três ou mais regimes e conjuntos de definições diferentes. A história da Torre de Babel pode ter analogias modernas.

Os problemas de diferentes padrões são agravados quando se busca o financiamento de dívida e/ou capital próprio para desenvolvimento. A fonte desse financiamento pode ser originária de muitos países. Padrões diferentes, portanto, envolvem esforço e custo desnecessários. A padronização de relatórios ajudaria no livre fluxo de fundos de investimento, tanto diretos quanto em carteira, uma vez que haveria um entendimento mais claro em todos os níveis da cadeia de declaração de recursos e reservas. Os provedores de fundos de ações e/ou empréstimos estariam mais aptos a refinar suas técnicas de gerenciamento de riscos.

Informações de melhor qualidade sobre Resultados de Exploração, Recursos Minerais e Reservas Minerais poderiam razoavelmente ser esperadas em todo o mundo para desviar, tanto em emissões primárias quanto no mercado secundário, fundos que poderiam ser atraídos para o setor não-minerador. Desta forma, o custo total do capital para o desenvolvimento da mineração pode cair. (STEPHENSON & MISKELLY, 2001, tradução nossa).

Para consolidar o portfólio potencial de atratividade de investimentos, o país precisará agir para evitar equívocos conceituais, inconsistências, erros, negligência e fraudes e incrementar qualidade nas entregas de pesquisa mineral dos próximos anos.

Percebeu-se que esta dor da indústria poderia ser tratada com processos de inovação e para tanto, apresenta-se uma proposta abrangente de um programa de gestão de qualidade de dados geológicos inovador, amplo e integrado, com uso de matrizes de validação da aderência às práticas internacionais e mecanismos de atribuição de confiança aos dados geológicos.

Acredita-se que este trabalho irá contribuir enormemente para a ampliação e o enriquecimento do conhecimento disponível atualmente, contribuindo para a (co-) criação de massa crítica e gerando esclarecimentos em larga escala. Poderá também, como contribuição adicional:

- esclarecer e organizar os conceitos para o público brasileiro;
- disponibilizar conteúdo técnico-científico para atualização e capacitação de profissionais brasileiros;
- fomentar a ampliação do número de Profissionais Qualificados Registrados (PQRs), recapacitação dos existentes e disseminação; e
- apoiar a ANM na consolidação das práticas para o setor mineral nacional, a partir da vigência e implementação do SBRRM.

1.5. OBJETIVOS

Entende-se como de suma relevância e importância uma melhor compreensão e a comparação das boas práticas internacionalmente reconhecidas, como substrato para a preparação para a plena adesão e atendimento do setor mineral brasileiro. O **objetivo geral** desta tese de doutoramento é **demonstrar a importância da qualidade da informação em todo o processo de declaração de recursos minerais, através de uma ferramenta metodológica dedicada à avaliação da confiança e qualidade dos dados geológicos.**

A qualidade da avaliação de recursos minerais e a melhor atribuição de classes de recursos (medido, indicado e inferido) é condicionada à adequada aquisição de dados. A aplicação das boas práticas proporciona a correta visibilidade do risco para investidores e pode ocasionar o aumento de atratividade para o ambiente de negócios, e, como consequência, também há relação com o valor do ativo mineral e das empresas no mercado financeiro.

O propósito da presente pesquisa foi organizar as formas de atendimento às melhores práticas e disponibilizar uma ferramenta para mensurar a confiabilidade e aderência dos projetos quanto à qualidade da informação. Entende-se que é uma abordagem de extrema relevância por sistematizar e padronizar a qualidade dos

dados geológicos utilizados para a classificação do depósito, além de atribuir graus de confiança a todo o acervo.

1.6. MATERIAIS E MÉTODOS

A presente pesquisa tem natureza teórica, com o desenvolvimento de uma solução prática, de caráter descritivo, aplicável pelo setor mineral. A temática foi pouco estudada até o presente momento no Brasil, sendo necessária a apresentação, organização e consolidação de suas principais características, dimensões e abrangência, proporcionando maior familiaridade com o problema.

Esta pesquisa adotou uma abordagem predominantemente qualitativa, com seu desenvolvimento baseado nas melhores práticas adotadas na mineração brasileira e mundial. Buscou-se consolidar um método reprodutível e replicável, para contribuir para o progresso do conhecimento técnico-científico, pela identificação de fatores que determinam ou contribuem para a confiança e qualidade da informação. O método do processo construtivo da pesquisa é representado na Figura 3.



Figura 3 – Método proposto para a pesquisa de doutoramento

Os materiais utilizados durante todo o projeto foram, predominantemente:

- consulta e extração *web*;
- discussões, entrevistas e conversas com profissionais;
- leitura, análise documental e redação de textos em ambiente Microsoft (Word) e Adobe (Acrobat Reader), figuras, gráficos (Powerpoint);
- gerenciamento de referências bibliográficas; e
- organização e tratamento de dados da pesquisa em planilhas Excel.

1.6.1. Hipóteses

Assim, para responder às perguntas do item 1.3, foram formuladas as seguintes hipóteses:

Premissa I - Relatórios Finais de Pesquisa (RFP) e de Reavaliação de Reservas (RRR), elaborados pelas empresas em atendimento aos requisitos legais e regulatórios vigentes da ANM, não estão alinhados às práticas internacionais.

Premissa II – Há incerteza em como mensurar e avaliar se os dados utilizados para decisões em declarações públicas são de alta qualidade e foram adquiridos conforme recomendações padronizadas.

Premissa III – Para validar a Teoria da Amostragem e alguns métodos de Classificação de Recursos e Reservas Minerais, os dados utilizados devem possuir alta confiança.

Premissa IV – Não existe nenhuma solução pronta para este problema, seja *software*, algoritmo, sistema ou método.

Hipótese I - Os dados utilizados nos relatórios técnicos das declarações públicas, obtidos dentro dos princípios e das boas práticas recomendadas pelos códigos internacionais, têm alta qualidade e garantem a credibilidade na tomada de decisão no processo de declarações públicas.

Hipótese II – É possível criar um mecanismo de avaliação da qualidade para projetos e operações mineiras, baseado nas recomendações das práticas internacionais, que aponte forças e fraquezas dos métodos e processos, aumente a confiança nas informações e indique os riscos potenciais relacionados aos dados.

Esta pesquisa tem caráter exploratório e permitirá que outros estudos posteriores formulem hipóteses mais concretas e generalizadas ou mais detalhadas sobre particularidades deste tema. Neste momento, são apresentadas evidências, ideias, esclarecimentos, problematizações, sínteses e análises históricas.

As hipóteses foram testadas neste trabalho, conforme o desenvolvimento da pesquisa e discussões apresentadas nos Capítulos 4 e 5.

A tese defendida é **que, para garantir que a produção de uma empresa de mineração seja constante, previsível e permanente, com resultados sustentáveis e riscos minimizados e conhecidos, os processos para obtenção dos dados geológicos - desde as fases de projetos de exploração - devem ser devidamente planejados, padronizados e customizados, e a qualidade de seus dados mensurada como parâmetro do método de classificação, para atendimento às diversas demandas da operação mineira e para demonstrar confiança e credibilidade (social, financeira e operacional).**

2. REVISÃO DO ESTADO DA ARTE, LITERATURA E BOAS PRÁTICAS

Este capítulo organiza informações sobre os temas destacados na Figura 4 que mostra a construção dos alicerces da pesquisa: “tijolos” balizados pelos princípios e conceitos preconizados pelas boas práticas internacionais.

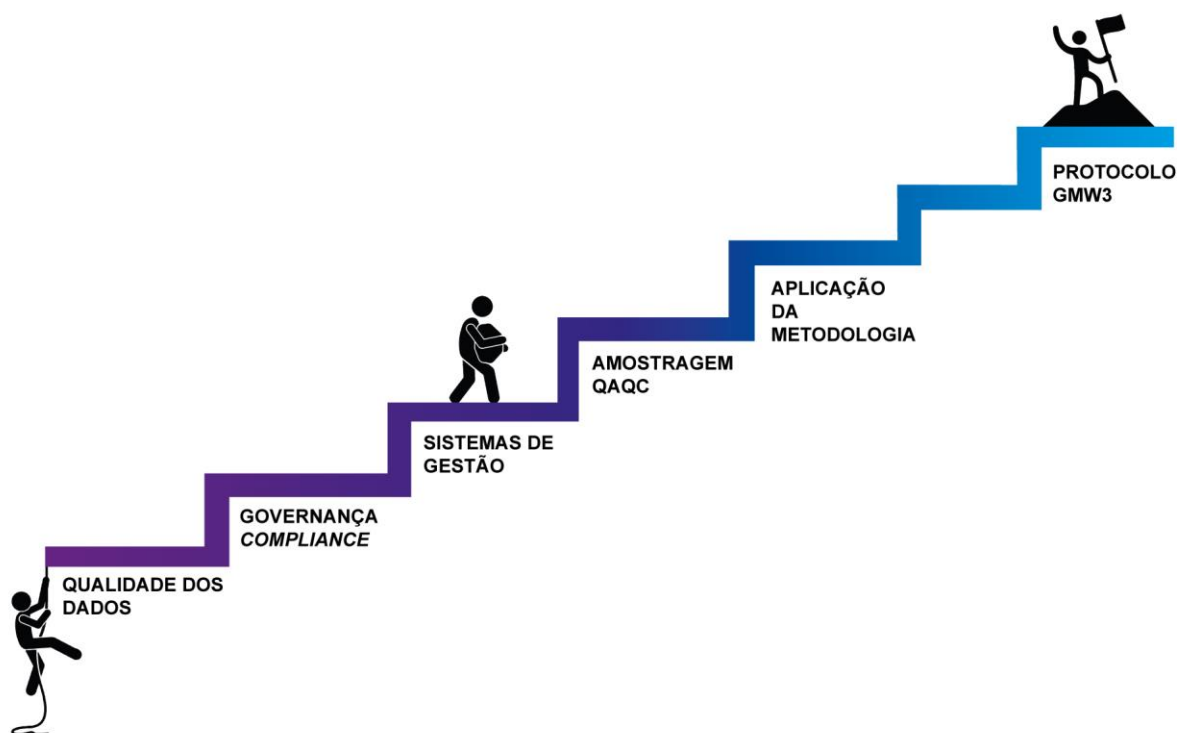


Figura 4 – Alicerces da pesquisa

A pesquisa bibliográfica foi direcionada às grandes áreas do conhecimento geológico, econômico e mineral, com destaque para temas como declaração e classificação de recursos minerais, regulamentação, bolsas de valores e mercado financeiro, para estabelecimento do arcabouço técnico-científico necessário para a construção dos argumentos que sustentam esta tese.

Especificamente para os testes de hipótese e construção da ferramenta de avaliação da confiança, buscou-se também rever e discutir o estado da arte relacionado às técnicas de amostragem, posicionamento de amostras, sistemas de

gerenciamento de dados geológicos e demais temas relacionados à qualidade da informação utilizada para a tomada de decisões estratégicas.

A pesquisa foi feita de forma abrangente, através de consulta aos sistemas integrados de bibliotecas e publicações científicas, bases de dados, plataformas em universidades, instituições de pesquisa, entidades setoriais, órgãos governamentais, consultores e profissionais de prestígio no tema, anais de eventos técnico-científicos e transmissões no Youtube, publicações no LinkedIn e *websites* de empresas de mineração de todo o mundo.

Considerou-se igualmente importante disponibilizar a organização e análise dos temas acima destacados, também como uma forma de contribuir para a divulgação técnico-científica, uma vez que parte do que existe não está publicado em referências indexadas ou consideradas oficiais.

2.1. SOBRE A PADRONIZAÇÃO DA DECLARAÇÃO E CLASSIFICAÇÃO DE RECURSOS MINERAIS

A evolução da padronização foi estudada nesta pesquisa de forma detalhada e encontra-se na íntegra, no **ANEXO A**, pois resultou em um extenso texto que deve ser lido por quem queira compreender o contexto histórico do tema, que discretiza os acontecimentos históricos em grandes grupos os instrumentos para declaração pública de recursos e reservas minerais:

- classificações para declaração pública para investidores, associadas aos padrões CRIRSCO;
- classificações para declaração pública para governo;
- classificações para declaração pública para agências “super-nacionais”; e
- iniciativas híbridas.

No ano de 1997 eclodiu a mais famosa fraude na mineração de todos os tempos – o escândalo da empresa Bre-X Minerals Ltd. – que serviu para alavancar a efetiva padronização dos instrumentos internacionais que orientam as declarações públicas de empresas que captam investimentos no mercado financeiro. Os padrões eram reconhecidos como desejáveis há longa data, para facilitar as comunicações com

linguagem comum e melhorar a qualidade das informações divulgadas ao público pela indústria de mineração, necessários para que decisões racionais sejam tomadas com base em informações bem compreendidas e confiáveis, pelos investidores, governos, líderes comunitários, agências internacionais, órgãos reguladores e o público em geral. Embora se reconhecesse que os regulamentos por si só não poderiam ter impedido a farsa Bre-X de acontecer, a falta de padronização, de mecanismos e de procedimentos para garantia das informações foram percebidos como fatores contribuintes significativos (MISKELLY, 2003). Este escândalo alterou permanentemente o nível de confiança sobre as informações utilizadas para a classificação de recursos e reservas minerais no mundo, e muito foi feito desde então, para recuperar a credibilidade do setor.

Nos últimos 30 anos, o mercado efetivamente correspondeu ao esforço da padronização, na forma de colaboração e cooperação internacionais, promovendo consistência e transparência nas declarações públicas, com a garantia da aderência às práticas pela competência dos(as) Profissionais Qualificados(as). Comunidades de investidores, grandes empresas de consultoria e autoridades regulatórias, dentre outros atores deste processo, fomentaram, demandaram e apoiaram o uso dos padrões, com o entendimento coletivo da importância da aplicação das condutas como orientações mínimas, por adesão voluntária, e lastrearam as justificativas de investimentos com menores riscos, ou ao menos, melhor (re)conhecidos, dimensionados e divulgados.

A Figura 5 consolida a evolução dos instrumentos de padronização na linha do tempo, organizadas neste trabalho durante a vigência da pesquisa (2016-2022), após a revisão dos diversos autores, discutidos e comentados no **ANEXO A**. Nesta proposta de organização, verificou-se, por Comitê | País, quando cada código foi criado, a partir de quando foram adotadas as padronizações no formato signatário e compatível ao CRIRSCO, bem como as datas de novas versões dos normativos, ao longo do tempo.

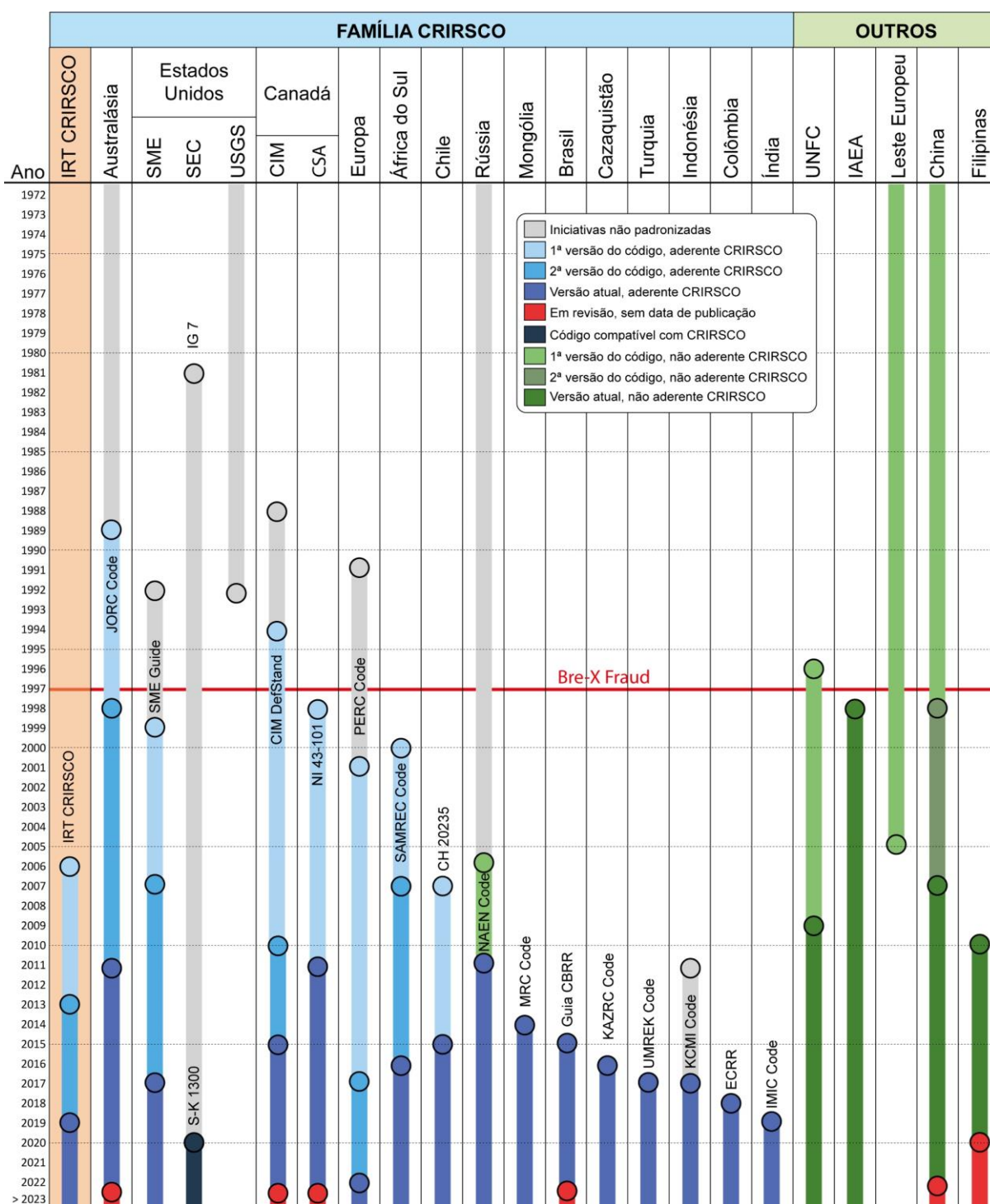


Figura 5 – Cronologia e evolução dos códigos internacionais de recursos e reservas aderentes ao CRIRSCO

Fonte: Elaborado pela autora, com compilação das pesquisas bibliográficas.

A Figura 6 ilustra os países membro do CRIRSCO na data de fechamento da pesquisa.



Figura 6 – Comitês Regionais | Nacionais e países integrantes do CRIRSCO em 2022
 Fonte: CRIRSCO (2022), modificado pela autora.

A seguir, alguns dos eventos mais importantes para a estruturação da tese são contextualizados.

Após a descoberta da fraude da Bre-X, o *Canadian Securities Administrators* (CSA) propôs em 1998 diversas mudanças nos requisitos dos relatórios a serem entregues pelas empresas de mineração. A partir de um relatório contendo os resultados da força-tarefa da *Ontario Securities Commission* (OSC) e *Toronto Stock Exchange* (TSE) para definição de novos padrões, foram feitas recomendações para a criação de um instrumento nacional (que resultaria posteriormente no *National Instrument NI 43-101 Standards of Disclosure for Mineral Projects*), com adoção das Diretrizes do *Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum* (CIM) pelo CSA. O NI 43-101 baseia-se nos três pilares principais: 1) definições padronizadas para declarações públicas; 2) condução dos trabalhos por *Qualified Person*; e 3) relatórios técnicos conforme formato definido.

Em 1997, em reunião realizada em Denver (Colorado/USA), o *International Definitions Group* do *Council of Mining and Metallurgical Institutions* (CMMI) finalizou um acordo preliminar, conhecido como *The Denver Accord*, onde os representantes concordaram com a necessidade premente da padronização das definições das principais categorias de recursos e reservas minerais, como incentivo à aplicação de

boas práticas, de forma a resgatar a credibilidade do mercado financeiro. Este documento foi publicado no “CIM Bulletin” em fevereiro de 1998, conforme JORC (1999).

Em janeiro de 1999, o código JORC apresentou as bases consensuadas entre todos os países membros do CMMI, cujas definições foram subsequentemente incorporadas aos demais instrumentos existentes, em grande parte inalteradas, com exceção ao Canadá, por razões de necessidade de conciliação com os documentos regulatórios e legislação vigente (JORC, 1999). Esta versão do código JORC consolidou orientações e diretrizes em cláusulas organizadas, para otimizar a compreensão dos leitores, com formatação adequada para enfatizar os pontos obrigatórios, quanto aos princípios transparência, materialidade e competência, as classes de recursos e reservas, fatores modificadores e demais definições padronizadas. Foi inserido, por exemplo, o termo **Reasonable Prospects for Eventual Economic Extraction** para definir recurso mineral, que é utilizado até hoje. A *Table 1* do Código JORC indica a lista de verificação e diretrizes para serem utilizadas como referência para empresas que preparam relatórios públicos, como um padrão de recomendações mínimas. A Figura 7 apresenta a atualização da relação entre as classes, de acordo com o aumento de conhecimento geológico e aplicação dos fatores modificadores.

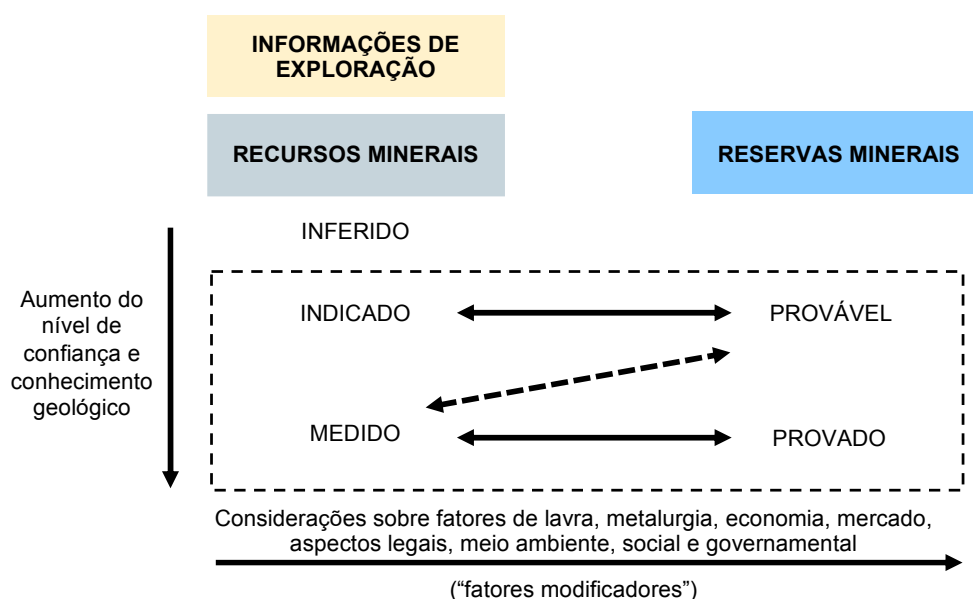


Figura 7 – Relação entre resultados de exploração, recursos e reservas minerais
Fonte: JORC (1999, tradução nossa).

Também em 1999, a *Society of Mining, Metallurgy and Exploration* (SME) publicou a versão revisada do seu guia, seguindo as recomendações do CMMI (SME, 1999). Entretanto, seu uso nos USA não foi adotado pelo *United States Securities and Exchange Commission* (U.S. SEC), que permaneceu utilizando a versão estabelecida desde 1981, da regulação da bolsa de valores, denominada *Industry Guide 7* (IG7), sob o tópico *Description of property by issuers engaged or to be engaged in significant mining operations (Form S-18, Item 17A)*, ajustada e revisada de tempos em tempos. O IG7 não permitia, por exemplo, o uso do termo *mineral resource*, dentre outras definições ausentes nesta regulamentação.

Em agosto de 2000, o Conselho do CIM adotou o *CIM Standards on Mineral Resources and Reserves Definition and Guidelines*, preparado pelo *CIM Standing Committee On Reserve Definitions* (CIM, 2000), com esclarecimentos sobre *Qualified Person* e demais diretrizes e definições, destacadas e formatadas para melhor compreensão. A institucionalização das práticas se deu com a publicação do NI 43-101, com sua oficialização em fevereiro de 2001 (e posteriores emendas em 2005 e revisões em 2011), tendo sido necessária a aprovação individualizada em cada legislatura provincial e territorial do Canadá. O NI 43-101 rege como as empresas divulgam informações técnico-científicas e técnicas sobre projetos minerais ao público, e os padrões de divulgação se aplicam a declarações orais, documentos escritos e publicações em *websites* (CSA, 2011). As condutas do NI 43-101 aplicam-se às informações das empresas listadas nas bolsas de valores canadenses, o que inclui também empresas de prospecção e mineração estrangeiras que negociam no país, supervisionadas pelo CSA, ou que estejam listadas em outras bolsas de valores que adotem este padrão.

O *International Council on Mining and Metals* (ICMM) foi criado em 2001 para melhorar o desempenho social e ambiental da indústria mineral e metalúrgica, com a representação das maiores empresas de mineração do mundo e associações setoriais. Em 2002, o CRIRSCO estabeleceu a parceria com o ICMM e tornou-se reconhecido como a organização internacional que representa a indústria da mineração em questões relativas à padronização de códigos para declarações

públicas, o que lhe conferiu alta credibilidade e responsabilidade (CRIRSCO, 2019), assumindo o grupo de trabalho do extinto CMMI.

O CRIRSCO finalizou o primeiro modelo internacional de consolidação das terminologias e classificações em 2006, com a publicação do *International Reporting Template (IRT) for the Public Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Mineral Reserves* (CRIRSCO, 2006). Desde a primeira versão até a versão atual, publicada no final de 2019 (CRIRSCO, 2013; CRIRSCO, 2019), o ITR integra os padrões mínimos adotados nos códigos e padrões de relatórios nacionais/regionais em todo o mundo, com recomendações e diretrizes interpretativas e foi elaborado para contribuir para a disseminação e promoção de boas práticas eficazes e bem testadas, amplamente adotadas por meio de códigos e normas de relatórios nacionais e regionais, seguindo uma tendência para uma governança corporativa e regulamentação mais rigorosas, com a aplicação das melhores práticas em gestão de recursos minerais, embasado em declarações públicas de elevado padrão, em processos conduzidos por *Competent Persons* responsáveis.

Na revisão do NI 43-101 em 2011 foram atualizadas as orientações da organização dos capítulos a serem apresentados, o conteúdo necessário ao concluir um relatório técnico quanto ao sumário, terminologias, disponibilização e responsabilidade, dentre outras diretrizes.

Em 2012, na atualização do Código JORC, foi inserida a expressão ***if not, why not***, que significa:

Cada item listado na seção relevante da *Table 1* deve ser discutido e se não for discutido o *Competent Person* deve explicar por que foi omitido da documentação. (JORC 2012, tradução nossa).

A inclusão desta expressão teve a finalidade de promover maiores esclarecimentos e trazer mais transparência ao processo de declaração pública. Também é indicado no Código, como explicação desta premissa, que

A divulgação adicional é particularmente importante quando dados inadequados ou incertos afetam a confiabilidade ou a confiança de uma declaração de Resultados da Exploração; por exemplo, baixa recuperação da amostra, baixa repetibilidade dos ensaios ou resultados de laboratório etc. (JORC 2012, tradução nossa).

Diversos países estabeleceram seus Comitês Nacionais e utilizaram as bases do ITR CRIRSCO para produzir seus códigos, com pequenos ajustes internos exigidos pelas autoridades reguladoras, com variação mínima sobre as definições padronizadas. Alguns outros países, que já tinham códigos vigentes, utilizaram-se destes para revisar suas versões.

Nos Estados Unidos, desde a publicação e atualização do IG7, as condutas da U.S. SEC não estavam compatíveis com os instrumentos da Família CRIRSCO, nem localmente com o “Guia SME”, pois permitia que as empresas de mineração divulgassem apenas os depósitos minerais que possam ser extraídos ou produzidos economicamente e legalmente, enquadradas apenas nas classes de reservas provadas ou prováveis, dentre outras incompatibilidades. Após a criação de grupo de trabalho e recebimento de contribuições de profissionais e entidades do mundo todo, em 31 de outubro de 2018, foi divulgada a modernização do processo: o Item 102 da *Regulation S-K (Disclosure by Registrants Engaged in Mining Operations - S-K 1300)*, publicado sob a Seção 11 da Lei de Valores Mobiliários estadunidense, o *Securities Act of 1933 (The Securities Act)* e do *Securities Exchange Act of 1934 (The Exchange Act)*. Alinhado às definições do CRIRSCO, o novo regramento entrou em vigor em 1º de janeiro de 2021 por adesão voluntária das empresas listadas, sobre os resultados do ano fiscal de 2020, e se tornou obrigatório para os resultados de 2021, declarados em 2022.

Em 2021, o *PERC Reporting Standard* (publicado pelo *Pan European Resources and Reserves Reporting Committee*) foi o primeiro instrumento atualizado depois da publicação do ITR CRIRSCO (2019). Dentre as inovações do Código, estão a disponibilização da *Table 1* em formato Excel e a “Figura 1” traduzida para os diversos idiomas europeus: finlandês (FI); francês (FR); alemão (DE); italiano (IT); português (PT); espanhol (ES) e sueco (SV).

Em 2020, o Comitê JORC fez chamada pública aos membros da *Australasian Institute of Mining and Metallurgy* (AusIMM) e *Australian Institute of Geoscientists* (AIG) para participarem do processo de atualização do Código JORC. No início de 2021, publicou uma pesquisa de interesse em formulários abertos para recebimento de sugestões, que deverão ser avaliados neste processo consultivo (JORC, 2021). As

discussões prosseguem – com amplo debate, especialmente sobre competência e responsabilidade – e a nova versão do código deverá estar disponibilizada ainda em 2022, posteriormente ao fechamento desta tese.

Em 14 de abril de 2022, o CSA abriu a consulta pública por 90 dias com uma série de questões para obter *feedback* sobre a eficácia de várias disposições-chave do NI 43-101 e entender quais são os requisitos prioritários para revisão, atualização e aprimoramento e se as mudanças regulatórias abordariam as preocupações expressas pelos diversos *stakeholders* (CSA, 2022). Certamente, quando da publicação desta atualização, haverá grande avanço na padronização mundial, o que, também não ocorreu até o fechamento da tese.

Esforços relacionados ao tema ESG (sigla para *Environmental, Social and Corporate Governance*, anteriormente tratados dentro da Responsabilidade Social Corporativa e Sustentabilidade) estão sendo conduzidos pelos Comitês SAMREC (*South African Mineral Resource Committee*), JORC e PERC, para que sejam melhor integrados aos padrões internacionais, com esclarecimento das funções e responsabilidades dos Profissionais Qualificados, bem como quanto à ética e conformidade em relação aos aspectos ambientais e sociais, diretamente relacionados à confiança de investimentos dignos (STEELE-SCHOBBER et al., 2020). Cessford & Joughin (2022) comentam os lentos avanços dos temas ESG nas práticas padronizadas e destacam a influência direta e indireta do ESG nos diversos requisitos de definição de recursos e reservas, com base no ITR CRIRSCO (2019), os quais impactam também, conseqüentemente, na viabilidade econômica. Este assunto deverá ter grandes discussões e mudanças de paradigma nas próximas versões dos códigos.

2.1.1. Adoção das boas práticas no Brasil

As diversas condutas e estratégias coordenadas nos últimos anos para estabelecimento de um ambiente institucional sólido e robusto, alinhadas aos padrões internacionais, para equalizar às práticas de classificação e declaração de recursos minerais no Brasil foram apresentados na Introdução (Capítulo 1) desta tese.

Nery (2021) faz uma retrospectiva das iniciativas brasileiras ao longo do tempo e está detalhada no **ANEXO B**.

O “Guia CBRR” foi desenvolvido com base no ITR CRIRSCO de 2013 e publicado em 2015, com pequenas revisões em 2016. Quando da efetiva candidatura da CBRR ao CRIRSCO, tendo acontecido seu aceite em 30 de novembro de 2015, então 9º país a aderir ao comitê, houve comprometimento da bolsa de valores brasileira (então BOVESPA, atualmente B3) para estabelecimento de ambiente regulatório que compreenda e traduza o risco do empreendimento mineiro, de forma a criar condições para ampliação do interesse de investidores para o setor. O item 2.2 detalhará sobre a disponibilização de capital.

Em 2016, foi criada uma força-tarefa entre a B3, BNDES (Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social), ABDI (Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial) e CBRR para consolidação de um modelo brasileiro para abertura de capital para a mineração, que realizou alguns testes entre 2018 e 2019.

Com o estabelecimento do SBRRM, em fevereiro de 2022, novos ventos orientarão o tema no país. O Sistema compreende o conjunto de normas e procedimentos para gestão das informações relativas aos recursos e reservas minerais, contidas nos documentos técnicos vinculados aos processos de direito minerário e em declarações públicas apresentadas à ANM. Além da adequação de terminologias, o SBRRM pretende disponibilizar informações resumidas dos resultados de exploração, dos recursos e das reservas minerais em cada uma das etapas da pesquisa mineral desenvolvida pelo titular do direito minerário.

A ANM destaca na Resolução nº 94/2022, que, apesar de responsável pela gestão do SBRRM, não possui atribuição como instituição certificadora dos resultados de exploração, recursos e reservas minerais apresentados nas declarações públicas pelos titulares de direitos minerários.

O regramento aplica-se a todos os materiais mineralizados potencialmente econômicos, incluindo enchimentos mineralizados, resíduos, material estéril, rejeitos, pilares, mineralizações de baixo teor, estoques e aterros (Art. 4º § 1º), e, no que couber, aos regimes de aproveitamento mineral e substâncias que demandem avaliação de recursos e reservas minerais (Art. 4º § 2º).

Os conceitos contidos no Art. 4º (potencial exploratório, recursos inferido, indicado e medido, reserva provável e provada, fatores modificadores) aplicam-se, obrigatoriamente, aos documentos técnicos vinculados aos processos de direito mineral, como, por exemplo, os Relatórios Finais de Pesquisa (RFP) e os Planos de Aproveitamento Econômicos (PAE), que deverão ser elaborados sob a responsabilidade de profissionais legalmente habilitados, em conformidade com a legislação mineral e profissional (Art. 11).

No Art. 9º, são compatibilizadas as regras anteriormente vigentes, no período transitório, o que converteu automaticamente:

- as reservas medida, indicada e inferida dos RFPs entregues antes da entrada em vigor da resolução serão consideradas respectivamente como recursos medido, indicado e inferido; e
- as reservas minerais dos PAEs apresentados antes da vigência desta resolução serão consideradas da seguinte forma:
 - A reserva medida ou sua porção economicamente lavrável será considerada reserva provada. A porção que não tenha sido considerada economicamente lavrável no plano de aproveitamento econômico será considerada recurso medido;
 - A reserva indicada será considerada reserva provável, se demonstrada a sua economicidade no plano de aproveitamento econômico. Caso não tenha sido demonstrada a sua economicidade no plano de aproveitamento econômico a reserva indicada será considerada recurso indicado; e
 - A reserva inferida será considerada recurso inferido.

A ANM deverá publicar complementos e esclarecimentos em resoluções que especifiquem os critérios mínimos dos documentos técnicos, uma vez que esta prática não é de domínio de grande parte dos profissionais e empreendedores brasileiros, sobretudo os micro e pequenos.

Dentro do Eixo Temático 3 – Pesquisa Mineral do MME | ANM, está previsto, para o Biênio 2022-2023, o detalhamento destes regramentos sob o tema: II -

Relatório Final de Pesquisa Mineral: conteúdo mínimo e regras para apresentação de relatório final de pesquisa e critérios para realização de vistoria¹.

Em 30 de maio de 2022, foi fundada a Rede *Invest Mining*, com o objetivo de melhorar o ambiente de negócios na mineração, identificar projetos de mineração e oportunidades de negócios que estejam buscando financiamento e promover as boas práticas ESG, com a participação de organizações públicas e privadas: bancos; fundos; gestores de ativos e bolsas; ABPM; Conselho Temático de Mineração (COMIN) da Confederação Nacional da Indústria (CNI); ADIMB; Câmara de Comércio Brasil-Canadá (BCCC); BNDES, ANM, Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral (SGM) | Ministério das Minas e Energia (MME) e IBRAM. Quando do lançamento da rede, um depoimento de Felipe Alves, da Frontera Minerals, destaca-se pela sinergia com o tema, comentando que há recursos financeiros disponíveis, do projeto de exploração inicial à grandes empresas e:

O que o investidor quer é associar o risco que ele tem com o retorno. O que precisamos é **qualidade da informação**; que consiga acessar o risco daquele projeto para colocar o capital e ter uma previsibilidade do retorno do investimento. Quanto menos informação, menos governança, mais participação vamos querer pelo nosso real ou dólar investido. O oposto também acontece. (Alves, 2022)².

Entre 1º de junho a 31 de julho de 2022, a rede disponibilizou em seu *website* um formulário eletrônico para cadastro de projetos de empresas interessadas.

Em agosto de 2022, foi realizado o 1º Fórum Brasileiro de Investimentos em Mineração, que apresentou *cases* de sucesso na visão de investidores que já atuam no segmento, as atividades desenvolvidas pela Rede, informações sobre a primeira chamada de projetos e as rodadas de negócio que deverão ocorrer para apresentação da carteira de projetos nos próximos meses.

Em 2022, a CBRR submeteu ao CRIRSCO a nova versão do seu Guia, integralmente revisto e compatibilizado com o ITR CRIRSCO de 2019, quanto aos

¹<https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/regulacao/agenda-regulatoria-1/bienio-2022-2023/eixos-tematicos-da-agenda-2022-2023-1/eixo-tematico-3-2013-pesquisa-mineral/ii-relatorio-final-de-pesquisa-mineral-conteudo-minimo-e-regras-para-apresentacao-de-relatorio-final-de-pesquisa-e-criterios-para-realizacao-de-vistoria>

²<https://ibram.org.br/noticia/invest-mining-lanca-1a-chamada-para-atracao-de-investidores-e-parceiros-para-projetos-de-mineracao/>

termos e definições, recomendações e diretrizes interpretativas, com incorporações de trechos do Guia PERC de 2021. Até a data da finalização desta tese, o novo guia brasileiro ainda não havia sido aprovado pelo comitê.

Esta é a contextualização, até o momento da finalização da tese, em setembro de 2022.

2.2. DEMANDA DE INVESTIMENTOS PELA MINERAÇÃO

A mineração é considerada uma indústria de capital intensivo, demandado para trabalhos de exploração, estudos de viabilidade, planejamento de lavra, aquisição de equipamentos, instalações de usinas de beneficiamento e tratamento de minérios, infraestrutura, desenvolvimento operacional, dentre outras necessidades. O setor mineral é segmentado por critérios econômicos, indicados no Quadro 2.

CLASSE	DEFINIÇÃO
<i>MAJOR</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Empresas bem capitalizadas, com operações em todo o mundo • Fluxo de caixa estável, lento e constante • Estágio principal de atuação: desenvolvimento da mina e produção • Receita anual: > US\$ 500 milhões • Capitalização de mercado: > US\$ 1 bilhão • Diversificação: multiativos, multi <i>commodities</i> • Baixo risco • Financeiramente capaz de desenvolver uma mina de grande porte. Menos de 50 empresas listadas globalmente • Posição estabelecida por décadas de história de atuação na indústria mineral, resultados e por grandes eventos de M&A de empresas antigas • Apresenta maior liquidez, com preços de menor volatilidade • Produção de <i>commodities</i> consistente • Campanhas progressivas para ampliação de recursos e reservas minerais • A negociação de ações é geralmente considerada menos arriscada do que de ações das Juniors, atraentes para investidores institucionais que geralmente são limitados por leis ou regras internas relacionadas ao risco (como alguns fundos de investimentos). São negociadas como veículos de investimento de longo prazo, sujeitas a pesquisas financeiras avançadas (análise técnica, modelagem matemática e econométrica, avaliação corporativa etc.) e a arbitragem
<i>MID-TIER</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Empresas que podem atuar no pós-descobrimto até o início da produção • Estágio principal de atuação: desenvolvimento da mina e produção • Receita anual: entre US\$ 50 e 500 milhões • Capitalização de mercado (< US\$ 1 bilhão) • Detentora de mais de um ativo e produção de uma ou mais substâncias • Risco significativamente menor que o das Juniors • Em alguns casos, as médias não geram receita suficiente para manter as operações, principalmente em momentos de crise, fazendo com que a manutenção das operações seja dependente de capitalização no mercado financeiro

(cont.)

(cont.)

<i>JUNIOR</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Pequenas empresas, que desenvolvem a primeira fase do ciclo de vida • Estágio principal de atuação: da exploração até o desenvolvimento • Baixa capitalização de mercado: < U\$ 500 milhões • Produção menor que 300.000 onças/ano (para empresas produtoras de ouro) • Alto risco e alta remuneração • Procura por financiamento ou M&A com <i>Majors</i> • Mais de 3.000 empresas listadas globalmente • Ações com maior volatilidade e menor liquidez que as ações das <i>Majors</i> • Em geral, não permanece no negócio até a operação e vendem seus projetos (ou a própria empresa) para uma <i>Major</i> ou outra empresa, e seguem na procura de novas descobertas. Esta iniciativa é, por vezes, denominada “<i>pipeline</i>” de alimentação das <i>Majors</i> na cadeia de valor do setor.
---------------	---

Quadro 2 – Segmentação do mercado da mineração, segundo critérios econômicos

Fonte: Penha et al. (2021), baseado em Seeger (2019), Pisani (2020), Gordon (2021).

A necessidade de acesso ao capital varia de acordo com a fase no ciclo de vida do empreendimento mineiro, com o porte e com a substância mineral. Cuchierato et al. (2021) fizeram a composição do gráfico do ciclo de vida do projeto mineral, com indicação das variações de aportes de investimento e riscos associados, de acordo com cada fase, ao longo do tempo. A consolidação do ciclo de vida na Figura 8 foi baseada em diagramas e conceitos de diversos especialistas do setor (ANM (2022), CAMPBELL (2020), CRIRSCO (2019), LEPAN (2019), NOPPÉ (2016), PISANI (2020), SEEGER (2019), SILVA (2021)).

O ciclo de vida é uma ferramenta visual e descritiva das várias etapas e atividades para encontrar, extrair e produzir bens minerais, com indicação de evolução temporal. Com riqueza de elementos, símbolos e referências gráficas (cores, setas, formas, curvas), concilia, organiza e relaciona diversos parâmetros, dentre eles:

- estágio de desenvolvimento e etapas exploratórias;
- nível de confiabilidade e conhecimento geológico para classificação de recursos e reservas minerais, com classes e subclasses padronizadas internacionalmente (CRIRSCO, 2019);
- valor agregado ao projeto; e
- tendências de comportamento da diminuição do risco e aumento de fluxo de caixa e grau de detalhamento das informações.

A Figura 8 pretendeu conciliar, organizar e relacionar como ocorre a demanda por investimento ao longo do tempo e da maturidade das fases do empreendimento

mineiro, indicando as variações de valores e riscos associados, baseado em vários diagramas e conceitos de vários especialistas.

CICLO DE VIDA DO PROJETO DE MINERAÇÃO

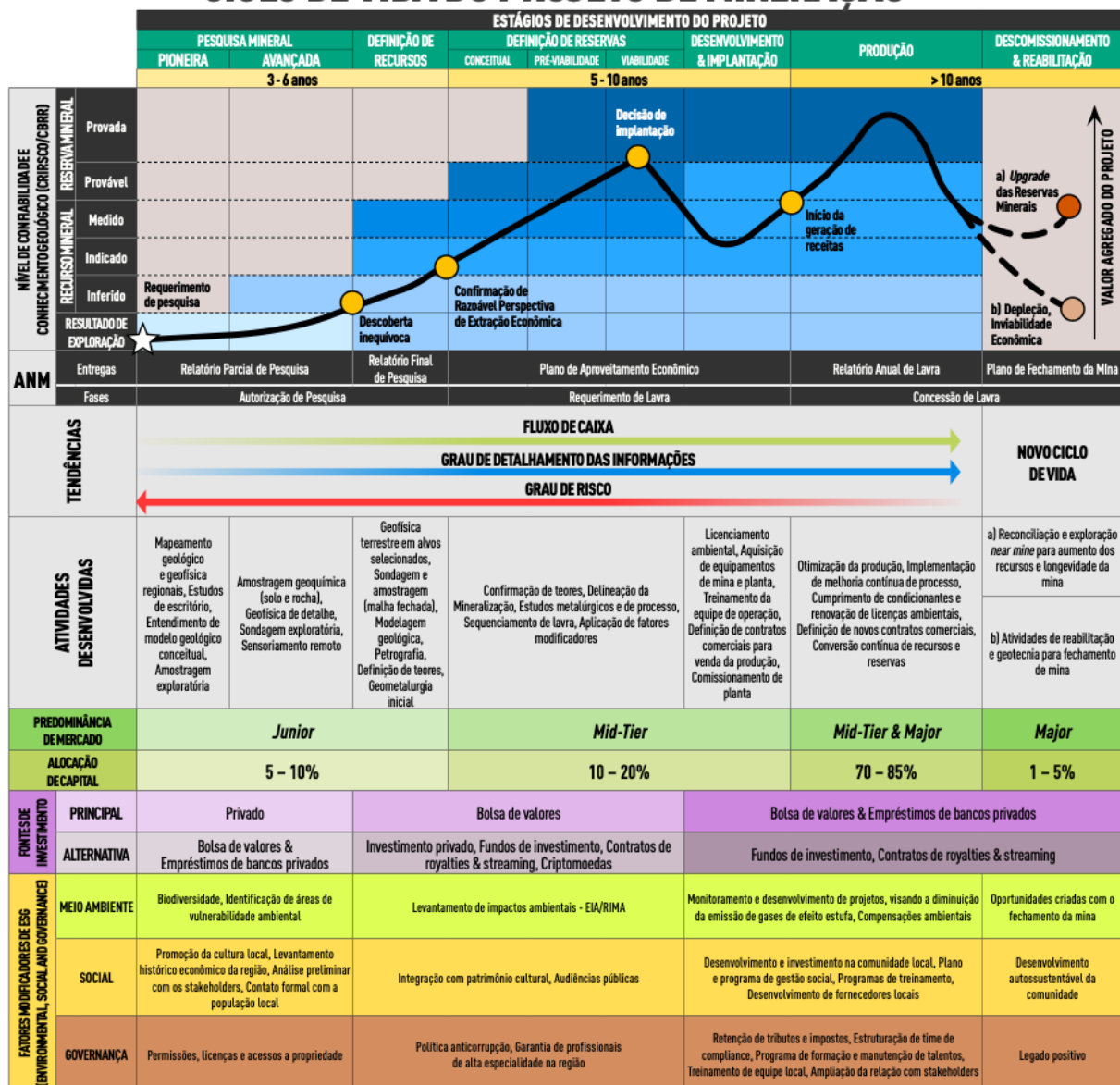


Figura 8 – Ciclo de vida do projeto mineral
Fonte: Cuchierato et al. (2021).

A intenção da organização desta Figura foi melhorar a compreensão de que o acesso ao capital varia de acordo com a fase que o projeto se posiciona no ciclo de vida da mineração, estágio de desenvolvimento e com a principal substância mineral produzida.

Também foram inseridas as classes e subclasses padronizadas de declaração (recursos | reservas) e evolução do título minerário na ANM, com segmentação por fases do processo mineiro e suas respectivas entregas. A base do diagrama, ao fundo do ciclo de vida em tons de azul, é a adaptação do “*Resource Project Framework*” de Noppé (2016), que desenvolveu uma metodologia para mensurar como a informação disponibilizada em relatórios de declaração para instituições reguladoras de bolsas de valores e mercado financeiro se alinha ao nível de desenvolvimento do projeto e a inter-relação do aumento de nível de confiança em estudos técnico-econômicos e agregação de valor.

Cuchierato et al. (2021) combinaram outros aspectos financeiros ao diagrama do ciclo de vida, onde pode-se verificar que, a depender da fase do projeto, existe uma predominância do porte das empresas, formas de alocação de capital e fontes de financiamento (principal e secundária).

As principais características em cada estágio de desenvolvimento do projeto estão descritas no **ANEXO C**.

O acesso ao capital varia de acordo com a fase em que se encontra o projeto no ciclo de vida da mineração, de grande importância para o melhor posicionamento do projeto no ciclo, tanto do ponto de vista do minerador e investidor, quanto das autoridades reguladoras e atores da sociedade que compõem este ecossistema, que de alguma forma sejam ou estejam impactados pelo projeto. Recomenda-se o uso do ciclo de vida do projeto de mineração para a apropriação dos termos e expectativas, de forma a, também, educar os atores do setor mineral nacional, aumentar a confiança nas peças técnicas e portfólios de negócios, evitar a especulação de projetos e garantir a atratividade dos investimentos pela incorporação e ajustes dos conceitos internacionais às práticas e normativos brasileiros.

Oliveira & Fontineli (2020) reforçam a necessidade de ampliar o acesso a mecanismos de financiamento para o desenvolvimento da mineração, uma vez que é o capital privado que viabiliza a implantação e expansão de empreendimentos minerários. Entretanto, observam a redução da oferta de crédito tradicional em vários países do mundo, devido ao risco associado à pesquisa mineral e a volatilidade dos preços das *commodities* metálicas, dentre outros fatores. Destacam que a legislação

brasileira prevê a captação de recursos no mercado de capitais, com benefícios fiscais ao investidor, para o financiamento de projetos de setores considerados prioritários pelo governo, que não incluíram a mineração como beneficiária, de forma equivocada, e recomendam que haja um esforço urgente do setor para “permitir que os mecanismos mais modernos de financiamento sejam implementados em nosso País, atraindo novos investidores e mais investimentos”.

AusIMM (2020) destaca uma célebre e sábia fala de Norm Miskelly, em 2004, corretor financeiro e considerado “avô” do código JORC:

A mineração tem muitos concorrentes – para a captura do dólar de investimento internacional. Fatores de investimento que influenciam fortemente a disposição dos investidores em investir recursos na mineração: Confiança, Credibilidade e Consistência.

2.2.1. Mecanismos de financiamento

O mercado financeiro disponibiliza diversas linhas de crédito para o setor mineral, que é composto, a depender do país, por vários atores: indivíduos (pessoa física), bancos e instituições financeiras, fundos de investimentos e mercado de capitais (bolsas de valores). O **ANEXO D** organiza e sintetiza alguns dos termos e conceitos mais utilizados pelo mercado.

Investimentos em *Juniors* são considerados de alto risco, por serem novas no mercado e seus ativos não terem base (com)provada. Em geral, as *Juniors* assumem atividades iniciais (*greenfield*) e seu valor e porte aumentam à medida que os trabalhos são executados, com a redução relativa de risco (GORDON, 2021). São caracterizadas por potencial especulação, histórias curtas e expectativa de grande retorno para os investidores no futuro, se suas descobertas forem bem sucedidas. Em condições apropriadas, os valores das ações das *Juniors* podem decolar e subir, mas, em geral, o mais comum é a perda total dos valores investidos, uma vez que estas apenas se valorizam pelo sucesso da pesquisa mineral, nas bolsas de valores de maior risco (*venture capital*). Também é possível acontecer uma descoberta com sucesso suficiente para justificar uma *Major* pagar um prêmio por incorporação, para dar continuidade aos trabalhos de pesquisa mais detalhados. O cenário mais raro, e

mais lucrativo, é quando é encontrado um depósito de porte e alta valorização pelo mercado.

Credores tradicionais, como bancos e instituições financeiras, normalmente não estão preparados para financiar projetos nesta fase de exploração, que incluem apenas custos e nenhuma receita e, muitas vezes, muita incerteza sobre se a exploração comercial é efetivamente viável. Os empréstimos para esta etapa são considerados muito arriscados, uma vez que as receitas podem começar a fluir apenas a partir de cinco a dez anos depois dos investimentos iniciais (LOPIČIĆ & ARSIĆ, 2020). Estes investidores costumam investir em empresas que já estejam operacionais.

“*It is the classical bear market*”, referindo-se ao período de hibernação do setor, com disputa dos escassos investidores pelas *Juniors*, retração geral do investimento na mineração, onde apenas as grandes minerações com forte balanço de caixa têm acesso ao financiamento convencional (SEEGER, 2019). Também comenta que é vital a compreensão e comunicação das nuances e variações de risco intrínsecas à atividade, para persuadir os investidores, que querem, cada vez mais, ter instrumentos atrelados a *due diligences*, padronização internacional e planos de negócios bem claros sobre o retorno ao seu investimento. Pisani (2020) menciona que, em momentos *Bear Market*, as empresas *Mid-Tiers* e *Juniors* focam os investimentos nos projetos mais avançados, deixando de investir nos projetos tipicamente *greenfields*.

Seeger (2019) destaca que, desde a desaceleração dos preços das *commodities* em 2010, a obtenção de capital está mais desafiadora e mais difícil nas tradicionais fontes de captação (como *Equity* e *Debt*) e que mais fontes alternativas de capital estão sendo desenvolvidas. Destaca, ainda, que “nem todas as empresas e projetos de mineração são adequados para listagem”, pois diversos fatores se antecipam à abertura de capital, tais como: percepções do público para fins de avaliação de uma empresa e valorização do preço das ações, avaliação sobre o perfil da empresa em se adequar às regras de composição societária rigorosa, declarações estruturadas periódicas ao mercado, imagem corporativa representativa, dentre outras obrigações, incluindo a própria característica do projeto e o potencial geológico do depósito.

A discussão sobre os mecanismos para a atração de investimentos para a indústria mineral brasileira está ganhando cada vez mais espaço na pauta do setor. Fala-se muito em captação de recursos nas bolsas de valores, listagem, acessos a fundos de investimento, abertura de capital inicial (“IPOs” - *Inicial Public Offer*).

Em setembro de 2020, o MME lançou o Programa Mineração e Desenvolvimento, que dentre os Planos de Metas e Ações (MME, 2020) para o período 2020-2023 destacou o Projeto 3.5: “MINERAÇÃO GARANTIDA”, com as metas específicas:

- A. adotar mecanismos de financiamento para projetos e empreendimentos na mineração;
- B. implementar a utilização do título minerário em garantia financeira;
- C. permitir a mineração como atividade para emissão de debêntures incentivadas e participação nos fundos de infraestrutura;
- D. adotar medidas para a atração de investimentos públicos e privados, nacionais e internacionais; e
- E. promover e estimular novos empreendedores e mercados.

O MME, em parceria com o IBRAM, realizou, também em setembro do mesmo ano, o seminário "Mineração: Financiamento e Acesso ao Mercado de Capitais", com a expectativa destacada pelo governo federal de potencial para atrair dezenas de bilhões de dólares de novos investimentos nas próximas décadas, pela captação de recursos via mercado de capitais, no Brasil e no Exterior.

Como resultado do projeto “Garantias para fins de financiamento” do Eixo Temático 1 da Agenda Regulatória ANM 2020/2021, foi publicada a Resolução nº 90, de 22 de dezembro de 2021, que entrou em vigor em 02 de março de 2022. Este instrumento regulamentou os artigos 43 e 44 do Decreto nº 9.406/2018, estabelecendo as hipóteses de oferecimento de direitos minerários como garantia em operações de captação de recursos para o financiamento da mineração, bem como os requisitos e condições para que ocorra a transferência da titularidade de tais direitos.

Destaca-se a excelente análise de Yoshikawa et al. (2021) sobre esta resolução, que destaca as principais novidades:

- A definição das operações de financiamento que poderão ser garantidas pela oneração de direitos minerários como operações de captação de recursos, sob qualquer modalidade jurídica, para o financiamento de empreendimentos minerários, sua instalação, expansão ou regularização, inclusive operações de crédito no âmbito do sistema financeiro nacional, assim como demais operações estruturadas de financiamento de projetos.

- A definição de que a constituição de garantias de direitos minerários se dá por meio da averbação, na ANM, dos respectivos instrumentos público ou privado, conforme o caso, celebrados entre a concessionária e a instituição financeira (...)

- A obrigação de a ANM manter plataforma de consulta pública por meio da qual os interessados poderão consultar a existência de garantias minerárias constituídas (...)

Embora a Resolução ANM 90/21 tenha definido que os recursos sejam destinados a empreendimentos minerários, não há restrição no sentido de que recursos advindos dos financiamentos sejam revertidos ao próprio título minerário onerado pela garantia. Com isso, abre-se caminho para que, apoiados pela maior segurança jurídica trazida pela resolução, novos fluxos de capitais sejam direcionados ao setor.

A Resolução não abordou a possibilidade da constituição de garantias de natureza fiduciária sobre direitos minerários. Ainda que garantias dessa natureza façam parte do conjunto de garantias estruturadas para operações de financiamento de projetos, sua aplicação na garantia sobre direitos minerários continua a ser motivo de divergência entre especialistas e atores do setor. Também não foi abordada a possibilidade de constituição de garantias sobre alvarás de pesquisa mineral. A medida seria especialmente relevante para o fomento de empresas menores, envolvidas em projetos ainda em estágios iniciais (as chamadas “*Junior Companies*”) e que normalmente enfrentam maiores restrições para acessar modalidades tradicionais de crédito. (YOSHIKAWA et al., 2021).

2.2.2. Mercados de capitais mundiais

Mais antiga bolsa de valores do mundo, fundada em 1773 (com iniciativas na área de *commodities* desde 1698), com mais de 300 anos de história e uma das mais importantes do mundo, a bolsa londrina London Stock Exchange (LSE) é a casa de empresas tradicionais e de grande porte do setor mineral, como Anglo American e Rio Tinto, além de importantes empresas sediadas no exterior, incluindo BHP Billiton (Austrália), Glencore (Suíça), Antofagasta (Chile) e Polymetal (Rússia), e inúmeras listagens secundárias (*dual* ou *multi listing*) de *Majors* relevantes.

As bolsas na Austrália nasceram por conta da exploração de ouro, no final do século XIX, onde a descoberta de minério levou à criação de inúmeras empresas com

necessidade de capital para comprar equipamentos e trabalhar nas minas. Esta antiga demanda promoveu a estruturação do mercado há muito tempo, com o foco no investimento de grandes e lucrativos projetos.

Historicamente, os mercados de capitais mundiais têm sido a principal fonte de financiamento da mineração e os perfis de investidores de cada bolsa de valores estão claramente compreendidos. As bolsas de valores de alguns destes países apresentam, como vias de acesso a capital para empresas de mineração que desejam ser financiadas, as plataformas públicas de investimentos especializados no setor de mineração e com capitalização em diversos estágios ao longo do ciclo de vida da mina (exploração | pré-operacional | desenvolvimento | operação).

Dentre algumas particularidades, verifica-se que no Canadá e Austrália, aparentemente, os investidores - predominantemente constituídos de pessoas físicas, também ditos “investidores de varejo” - estão culturalmente mais ambientados ao investimento no mercado de capitais, estão familiarizados com as características do setor mineral, e por consequência, mais acostumados com os riscos inerentes a este tipo de investimento.

Na bolsa londrina verifica-se maior presença de fundos específicos corporativos de investimento. Seeger (2019) considera Austrália e Canadá como incubadoras das *Juniors* e *Mid-Tiers*, muitas vezes com entrada pelos mercados alternativos (como *TSX Venture Exchange* ou *TSX-V*), enquanto Londres é o destino das *Majors* quando atingem a maturidade, principalmente se seu foco é global.

A bolsa alternativa (também conhecida por *venture*) é um nicho conhecido por investimentos de maior risco da bolsa de valores, possui regramento mais simplificado para abertura de capital. É a porta de entrada de empresas novas no mercado, envolvendo riscos e incertezas maiores aos investidores, que podem se graduar para a bolsa principal caso determinados requisitos sejam cumpridos. Nery (2020) destaca:

No estágio inicial da pesquisa mineral, em que há riscos geológicos, tecnológicos e econômicos associados ao projeto, a margem de erro sobre as quantificações ainda é alta e, portanto, dificilmente haveria agente financeiro que se dispusesse a financiar a pesquisa mineral sem qualquer certeza da efetiva comprovação de existência da jazida. A solução internacionalmente adotada pelo setor mineral foi a de buscar a capitalização da pesquisa mineral por meio de *venture*

capital, em bolsas de valores. Em alguns países, como Canadá e Austrália, há inclusive incentivos fiscais para atrair os investidores na fase de pesquisa mineral, tendo-se ambientes de negócios extremamente promissores até para pequenos investidores, como pessoas físicas, aproximando a pesquisa mineral e a mineração do varejo de investimento. (NERY, 2020).

A *Australian Stock Exchange* (ASX) incorporou o Código JORC em 1989 como anexo (originalmente *Appendix 17*, atualmente *Appendix 5*) às suas regras de listagem. A *New Zealand Stock Exchange* (NZSX), quando incorporou em o código JORC em 1992, ocasionou a obrigatoriedade de conformidade para todas as empresas listadas em sua jurisdição. A ASX não é segmentada em mercado principal e alternativo, sendo possível a captação de recursos para projetos de exploração desde as fases iniciais, pelas *Junior Companies*, pequenas e médias empresas ou grandes corporações. Os IPOs podem acontecer em período relativamente curto de tempo (cinco a seis meses), sendo que, para as empresas pré-operacionais (projetos), o prazo entre a constituição da empresa até o recebimento financeiro dos recursos pode ser de apenas três meses. Miskelly & Moran (2001) destacam que a ASX tende a ter autorregulação cooperativa, mais dinâmica, ao invés de legislação ou regulamentação governamental, mais perenes e menos flexíveis

A Bolsa de Valores de Nova York (NYSE) é de grande atratividade geral pela expressiva movimentação financeira, também para empresas do setor de mineração sediadas fora dos EUA. De um total de 521 empresas não americanas listadas na NYSE, 11,5% eram setorializadas como sendo exclusivamente de mineração (AUAD, 2017).

As bolsas canadenses TSX/TSX-V permanecem na posição líder em número de empresas de mineração listadas (cerca de 42% do total de empresas listadas em todo o mundo) e em capital mundial levantado no setor, especialmente para *Juniors*. Esta posição de liderança foi assumida desde 2007, por ter estabelecido um grande *pool* de financiamento e liquidez, facilmente acessível considerada a mais atrativa para captação de recursos da indústria mineral, independentemente do montante e da fase de projeto (LONG, 2021; TSX, 2022). Légaré (2022) apresentou o capital levantado nas principais bolsas de valores nos últimos cinco anos e no último ano

(Figura 9) e demais detalhes sobre o número de empresas, novas listagens, operações de financiamento e valores de mercado (Tabela 1).

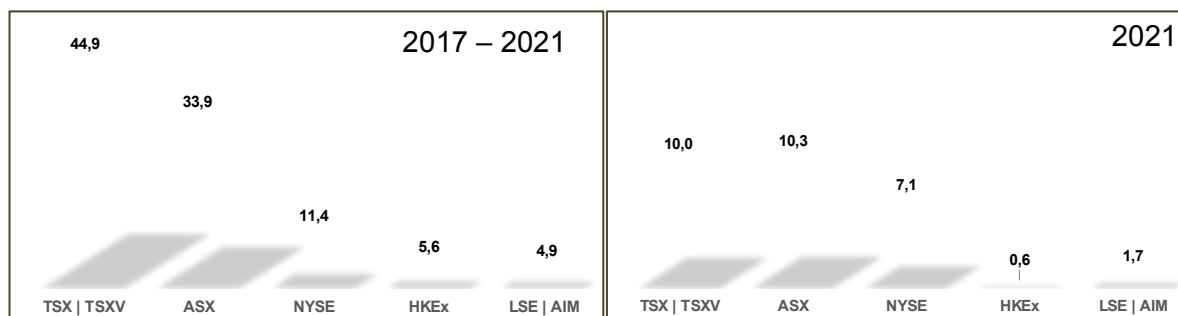


Figura 9 – Capital levantado no período de 2017-2021 e somente no ano de 2021, em C\$ Bilhões
Fonte: Légaré (2022, tradução nossa).

	TSX	TSX-V	LSE	AIM	ASX	HKEx	NYSE
Empresas emissoras	160	967	51	101	775	50	80
Novas empresas listadas	13	67	4	6	111		3
Operações de financiamento	160	1304	14	100	966	5	38
Capital levantado (C\$ Bilhões)	3,9	6	0,2	1,5	10,3	0,6	7,1
Valor de mercado (C\$ Bilhões)	504	54	359	8,1	552	416	565

Tabela 1 – Dados dos principais mercados de capitais da mineração, ano de 2021
Fonte: Légaré (2022, tradução nossa).

Alguns números recentes da bolsa canadense, por Légaré (2022) e pelo *website* da TSX, sobre o ano de 2021:

- C\$ 10 Bilhões em capital levantado por empresas de mineração, negociados em mais de 59 bilhões de ações;
- 102 empresas listadas em Toronto, distribuídas entre TSX (46) e TSX-V (56). Destas, 38 empresas operam no Brasil, em 95 propriedades, com capital levantado de C\$ 336 Milhões;
- C\$ 44,9 Bilhões levantados por empresas de mineração nos últimos cinco anos em mais de 6.500 transações, o que representa 52% do número de financiamentos públicos e 37% do capital acionário levantado, no mundo; e
- de 2000 a 2020, 300 empresas de mineração passaram da TSX-V a TSX, com um tempo médio de graduação ao mercado principal de 4,4 anos.

Em evento realizado em outubro de 2020³, Légaré (2020) comentou que:

³ <https://www.inthemine.com.br/site/executivos-falam-da-mineracao-na-bolsa-de-valores/>

Nos últimos cinco anos, a bolsa canadense captou recursos de US\$ 254 bilhões, ficando em terceiro lugar no ranking do mercado global de capitais, atrás apenas dos Estados Unidos (EUA) e da China. A carteira de investidores institucionais no Canadá soma US\$ 5 trilhões, enquanto o chamado mercado de varejo (pessoas físicas) reúne 50% da população canadense. (LEGARÉ, 2020).

Segundo McKenzie (2021), CEO do Grupo TMX (que opera a TSX, TSX-V e outras bolsas canadenses), existem entre 600 e 700 empresas que são muito pequenas para a TSX e que estão listadas na TSX-V, onde o modelo de regulação, a regularidade de publicações e as exigências de *compliance* são mais adequadas ao porte e estágio do empreendimento. Por exemplo, empresas ainda sem receita, na fase de exploração, ao se listarem como júnior, à medida que captam mais recursos e crescem, podem ser graduadas ao mercado sênior.

A LSE ocupa uma posição de relevância, onde são feitas as transações globalmente importantes e captadas quantias significativas de instituições sérias para grandes projetos. A AIM (*Alternative Investment Market*) é a bolsa alternativa do mercado londrino, criada em 1995, por onde entram as pequenas e médias empresas, contando atualmente com mais de 3.800 companhias (LSE, 2022).

Ryan Long, diretor da consultoria internacional Wood Mackenzie | Mining and Metals Research Corporation, analisou as transações nos mercados TSX|TSX-V e LSE|AIM em 2020 (LONG, 2021) e destacou que o valor total das ações negociadas em empresas de mineração e exploração aumentou 67% em relação a 2019 (LSE|AIM = 262% TSX|TSX-V = 49%), apesar da pandemia de COVID-19, que afetou a estabilidade dos mercados em todo o globo. O valor do volume total de negócios no segmento júnior (AIM e TSX-V), aumentou 251% em comparação com 2019, totalizando cerca de £ 14,9 bilhões.

2.2.3 Mercado de capitais brasileiro

A maior bolsa de valores da América Latina e a única brasileira operando é atualmente conhecida por B3 S.A. (Brasil, Bolsa, Balcão), transformada para ser uma companhia de infraestrutura de mercado financeiro de classe mundial em 2017 pela

fusão da Bolsa de Valores, Mercadorias e Futuros (BM&F Bovespa) com a Central de Custódia e Liquidação Financeira de Títulos (CETIP).

O mercado de ações no Brasil é regulamentado pela Comissão de Valores Mobiliários (CVM) e pelas diretrizes da B3. A CVM é uma autarquia federal vinculada ao Ministério da Fazenda, com a finalidade de atuar como agente regulador do mercado de capitais brasileiro, com a atribuição de assegurar aos investidores públicos informações confiáveis das empresas que tenham emitido (ou estejam em processo de emitir) valores mobiliários.

As empresas indicadas no Quadro 3 são companhias listadas na B3 que produzem minerais, segmentadas no setor de Materiais Básicos e Siderurgia.

SETOR	RAZÃO SOCIAL	NOME DE PREGÃO
Materiais Básicos (subsetor Mineração)	AURA MINERALS INC.	AURA 360
	BRADSPAR S.A.	BRADSPAR
	COMPANHIA BRASILEIRA DE ALUMÍNIO	CBA
	CSN MINERAÇÃO S.A.	CSNMINERACAO
	LITEL PARTICIPAÇÕES S.A.	LITEL
	LITEL PARTICIPAÇÕES S.A.	LITELA
	MMX Mineração e Metálicos S.A.	MMX MINER
Siderurgia	VALE S.A.	VALE
	CIA. FERRO LIGAS DA BAHIA - FERBASA	FERBASA
	GERDAU S.A.	GERDAU
	USINAS SID DE MINAS GERAIS S.A. - USIMINAS	USIMINAS

Quadro 3 – Empresas produtoras listadas na B3
Fonte: B3 (2022).

O mercado de capitais brasileiro não apresenta o mesmo nível de sofisticação que os países anteriormente descritos (VILLHENA & TRINDADE, 2020). Não há um programa de financiamento com regras específicas que orientem os investidores quanto aos riscos intrínsecos da atividade (geológico, tecnológico e econômico).

Auad (2017) fez uma excelente análise sobre alguns dos principais impeditivos atuais do mercado de ações brasileiro à abertura de capital para o setor mineral:

Para ser listada na bolsa brasileira, é preciso que a empresa obtenha o registro de “companhia aberta” na CVM, seguindo as exigências da instrução nº 480. Além do registro de companhia aberta junto à CVM, a empresa deve solicitar a listagem de suas ações junto à B3, já definindo qual dos segmentos de governança corporativa irá seguir. Apesar de parecer um processo rápido, a recomendação da bolsa é que as empresas se preparem para a abertura de capital com anos de antecedência, pois a legislação vigente exige três anos de balanços financeiros auditados⁴. Colocando essa simples exigência sobre a

⁴ Uma vez que não é permitido na bolsa brasileira a listagem de empresas não operacionais.

perspectiva da atividade mineral observa-se, já nesse momento, um grande entrave ao financiamento das empresas de exploração mineral através da bolsa brasileira, visto que essas precisam de um grande aporte de capital logo nos primeiros anos de atividade para se desenvolverem, não havendo, portanto, um histórico de balanços financeiros auditáveis no tempo requerido. Vale lembrar que a atividade de exploração mineral está logo no começo do ciclo de vida de uma mina, e, justamente por isso, a própria visão da B3 sobre quais os modelos de financiamento mais adequados ao ciclo de vida de uma empresa não é orientada para alavancar o investimento em empresas no começo de suas trajetórias. (...) Dessa forma, é possível concluir que objetivamente, a bolsa brasileira não é atrativa a empresas de exploração, ou mesmo a empreendimentos mineiros que não estejam em estágio de maturidade, de forma a comprovar um certo equilíbrio financeiro que possa ser entendido pelo investidor como qualquer outra operação industrial – através de balanços de entrada e saída (AUAD, 2017).

Em março de 2020, o IBRAM assinou um Memorando de Entendimento (MOU) com a TSX/TSX-V para estabelecer um relacionamento colaborativo com o objetivo de aumentar o investimento no setor de mineração brasileiro nos próximos anos. Algumas das iniciativas estabelecidas neste MOU incluem o aumento do número de empresas de mineração brasileiras nas bolsas de valores canadenses e a identificação conjunta de oportunidades para aumentar a atratividade do investimento para o setor de mineração brasileiro (IBRAM, 2020). Como parte da implementação destas ações, caberá ao IBRAM a identificação de projetos atraentes e as oportunidades de investimentos no setor mineral brasileiro.

Em julho de 2020, a produtora de ouro “*mid-tier*” Aura Minerals se capitalizou na B3 em US\$ 150 milhões e Villhena & Trindade (2020) acreditam que isto será uma tendência para que outras empresas utilizem as bolsas brasileiras como fonte de financiamento para operações mineiras. De modo geral, a maioria das transações é realizada em outros mercados, como Canadá (TSX, TSX-V) ou na Austrália (ASX). Esta operação foi considerada um “feito inédito” (OLIVEIRA & FONTINELLI, 2020), por ser um canal pouco explorado pelo setor mineral, que deverá ampliar medidas de incentivo, beneficiando tanto a pesquisa mineral quanto projetos pré-operacionais.

Em outro evento realizado para a promoção do tema, em julho de 2020⁵, representantes da B3, TSX, IBRAM e ABPM discutiram a pauta necessária para que, de fato, sejam criados de instrumentos regulatórios específicos para as empresas, sobretudo as empresas de pesquisa mineral de pequeno e médio porte, acessarem capital no mercado financeiro nacional e no canadense. Para isto, devem ser feitas atualizações e ajustes no arcabouço regulatório brasileiro, integrados e padronizados conforme o conjunto de regras com as vigentes no Canadá, de forma a motivar os investidores através de incentivos e atrativos, que valham o risco da operação. Um dos debatedores, Rogério Santana, da B3, disse que: “É possível listar empresas pré-operacionais na B3, ou seja, empresas que têm projetos a serem implantados, mas há toda uma tramitação e custos que podem ser complicadores para empresas de menor porte” e lembra que “o governo federal demonstra disposição de apoiar o desenvolvimento do mercado de capitais brasileiro”. Encerra comentando que os “investidores já acostumados a investir em *startups* podem ser despertados para avaliarem o investimento nas *Juniors Companies* do setor mineral”.

Por fim, McKenzie (2021) destaca que a TSX tem interesse em apoiar, principalmente as empresas listadas no Canadá que tenham projetos no Brasil, pois podem oferecer financiamento e adicionar valor a um conjunto de *Junior Companies* que estão no Brasil, que não encontram suportes locais.

Em entrevista ao *website* BNA Américas Guillaume Légaré, chefe da América do Sul na TSX-V, em 21 de junho de 2021⁶, comentou que o Grupo TMX se tornou a primeira bolsa internacional a tomar a decisão estratégica de se estabelecer na América do Sul, em 2019, e que a região representa 25% de todos os emissores de mineração na bolsa canadense. Perguntado sobre eventual parceria com a B3, responde:

Não temos um acordo formal com a B3. Nossas equipes estão trabalhando juntas e fazemos algumas ações para promover os intercâmbios. Na verdade, não há necessidade de um acordo formal, porque as duas bolsas podem usar suas próprias regras de listagem para apoiar as empresas. (...) Se a B3 estiver interessada em fazer mais do que isso, poderíamos ter algo semelhante ao que já fazemos

⁵ <https://ibram.org.br/noticia/regulacao-especifica-para-setor-mineral-pode-abrir-canal-de-financiamento-em-bolsa-de-valores-para-pequenas-empresas/>

⁶ <https://www.bnamericas.com/pt/entrevistas/bolsa-de-valores-de-toronto-busca-atrair-mineiros-da-america-do-sul>

com algumas das outras bolsas. Por exemplo, temos uma relação de compensação com o Peru, então o processo de liquidação das ações é mais fácil quando elas estão listadas em ambas as bolsas.

2.2.4. Empreendimentos no Brasil com capital de bolsas de valores estrangeiras

Como parte de um trabalho de conclusão de curso de geologia do Centro Universitário de Belo Horizonte, Robine et al. (2020) atualizaram as empresas com projetos ou operações no Brasil listadas nas diversas bolsas de valores em todo o mundo. Os autores, sob a supervisão da autora desta tese, do Prof. Dr. Ulisses Penha e do Geólogo PQR.CBRR José Ricardo Thibes Pisani, consolidaram a pesquisa no artigo Penha et al. (2021).

Esta pesquisa identificou 55 empresas do setor mineral listadas em bolsas de valores e que atuavam no Brasil, naquele momento. A Figura 10 indica a distribuição das empresas, por porte e por bolsa de valores.

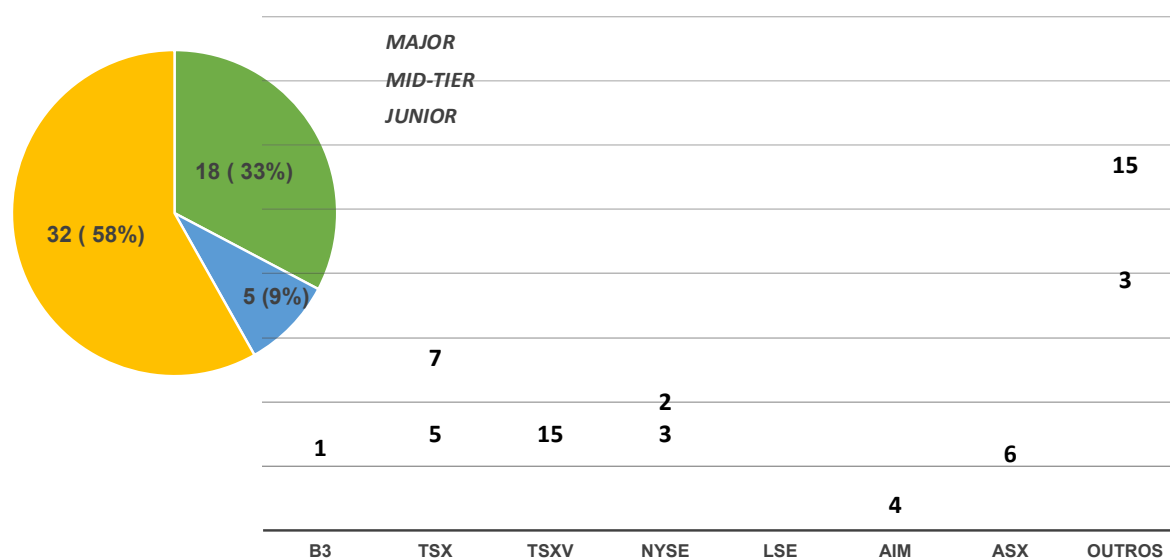


Figura 10 – Número de empresas de mineração com operação no Brasil listadas em bolsas de valores, por bolsa de valores e por porte de empresas

Fonte: Penha et al. (2021).

A Figura 11 apresenta os principais mercados de capitais de relevância para a mineração.



Figura 11 – Principais bolsas de valores para o setor mineral
 Fonte: Penha et al. (2021).

Penha et al. (2021) destacam que:

A bolsa de valores brasileira (B3) abriga, basicamente, empresas classificadas como *Majors*, estas consideradas de risco muito baixo e com alta liquidez no mercado, popularmente conhecidas como “blue chips” (ações de primeira linha, de maior liquidez e menor risco). Este comportamento é reflexo do perfil dos investidores brasileiros que, via de regra, são conservadores (com aversão a investimentos de alto risco), e da falta de interesse da própria bolsa, que se posiciona em uma zona de conforto ancorada nestas *blue chips*. Soma-se a estes fatores a falta de incentivo do governo e órgãos reguladores, os quais ainda não criaram mecanismos que organizem e propiciem o acesso de novos *players* (mineradores de pequeno e médio porte) a estes mecanismos de investimentos. (PENHA et al. 2021).

A Figura 12 apresenta a descrição das empresas, classificadas quanto à fase, porte, substância, sede e valor de mercado.

CLASSE	EMPRESA	FASE	COMMODITY	SEDE	AMÉRICA DO SUL			AMÉRICA DO NORTE				EUROPA				AUSTRÁLIA		ÁFRICA		ÁSIA		OTC	MARKET CAP (US\$) (29/04/2021)
					B3	BCBA	BVL	TSX	TSXV	NYSE	LSE	AIM	FSE	NS	LATIBEX	ASX	JSE	HKEX	SSE				
MAJOR	ANGLO AMERICAN PLC	Produção	Ferro/Níquel	Reino Unido						AU	AAL										NGLOY	\$60.138.864.300,00	
	ANGLOGOLD ASHANTI LTD.	Produção	Ouro	África do Sul												AGG	AGL					\$733.515.000,00	
	CAPSTONE MINING CORP.	Exploração	Ouro	Canadá				CS													CSFFF	\$1.836.636.000,00	
	CHINA MOLYBDENUM COM. LTD.	Produção	Níbio/Fosfato	China															3993	603993		\$14.708.371.000,00	
	CSN MINERAÇÃO S.A.	Produção	Ferro	Brasil							CSMIN3											\$10.819.061.000,00	
	FEBASA - CIA FERRO LIGAS DA BAHIA S.A.	Produção	Cromo	Brasil							FESA4											\$63.352.000,00	
	GERDAU S.A.	Produção	Ferro	Brasil							GGBR4											\$10.556.382.000,00	
	GRUPO MINSUR S.A.	Produção	Cobre/Estanho	Peru								MINSUR1										\$642.239.000,00	
	HONBRIDGE HOLDINGS LTD. (SAM)	Desenvolvimento	Ferro	Hong Kong																	8137	\$584.246.000,00	
	KINROSS GOLD CORP.	Produção	Ouro	Canadá								K	KGC									\$8.907.213.250,89	
	LUNDIN MINING CORP.	Produção	Ouro/Cobre	Suécia								LUN		KGC							LUMI	\$2.232.735.018,66	
	NEXA RESOURCES S.A.	Produção	Zinco/Chumbo	Brasil								NEXAPEC1	NEXA	NEXA								\$1.378.487.283,12	
	RHI MAGNESITA N.V.	Produção	Refratários	Austria									RHIM								RHIM	\$308.445.000,00	
	RIO TINTO INC.	Exploração	Ferro/Alumínio	Reino Unido		RIO34	RIO						RIO								RIO	\$138.532.850.190,00	
	OZ MINERALS LTD.	Produção	Cobre/Ouro	Austrália																	OZL	\$6.244.700.000,00	
	USIMINAS - USINAS SID. DE MINAS GERAIS S.A.	Produção	Ferro	Brasil							USIM5											\$5.359.099.000,00	
VALE S.A.	Produção	Ferro	Brasil			VALE3						VALE		CVLC		XVALO					\$109.368.000.000,00		
YAMANA GOLD INC.	Produção	Ouro	Canadá				AUY				YRI	VALE	AUY		YRI						\$3.621.076.373,68		
MID-TIER	AURA MINERALS INC.	Produção	Ouro	Estados Unidos	AURA32					ORA											\$839.868.366,87		
	EQUINOX GOLD CORP.	Produção	Ouro	Canadá						EQX	EQX										\$2.404.904.001,66		
	ELDORADO GOLD CORP.	Produção	Ouro/Ferro	Canadá						ELD	EGO			ELO1							\$1.948.298.675,67		
	ERO COPPER CORP.	Produção	Cobre	Canadá						ERO											\$1.768.363.897,86		
	LARGO RESOURCES LTD.	Produção	Vanádio	Canadá						LGO	LGO										\$1.115.441.338,32		
JUNIOR	ÁGUA RESOURCES LTD.	Exploração	Cobre/Fosfato	Austrália										NMN		AGR					\$18.872.700,00		
	ALTAMIRA GOLD CORP.	Exploração	Ouro	Canadá						ALTA				T6UP							\$15.236.367,30		
	AMARILLO GOLD CORP.	Exploração	Ouro	Canadá						AGC										AGCBF	\$68.196.509,01		
	BBX MINERALS LTD.	Exploração	Ouro	Austrália												BBX					\$88.565.400,00		
	BELO SUN MINING CORP.	Desenvolvimento	Ouro	Canadá					BSX												\$309.619.591,29		
	BIG RIVER GOLD LTD.	Desenvolvimento	Ouro	Reino Unido												BRV					\$66.705.100,00		
	BRAZIL MINERALS INC.	Exploração	Ouro/Lítio	Estados Unidos																	\$24.986.000,00		
	CABRAL GOLD INC.	Exploração	Ouro	Canadá						CBR											\$44.301.768,21		
	CENTAUROS METALS LTD.	Exploração	Ferro/Níquel	Austrália													CTM					\$175.690.900,00	
	CERRADO GOLD INC.	Exploração	Ouro	Canadá							CERT										\$82.022.000,00		
	GREAT PANTHER MINING LTD.	Produção	Ouro	Canadá						GPR	GPL			G3U							\$281.854.894,05		
	GK RESOURCES LTD.	Exploração	Níquel	Canadá							NIKL										\$2.115.340,00		
	HARVEST MINERALS LTD.	Desenvolvimento	Fosfato/Potássio	Austrália									HMI								\$7.881.300,00		
	HORIZONTE MINERALS PLC	Desenvolvimento	Níquel/Cobalto	Reino Unido						HZM			HZM								\$189.340.633,08		
	IAMGOLD CORP.	Produção	Ouro	Canadá						IMG	IAG			IMGL							\$1.509.015.202,92		
	ITAFOS CORP.	Desenvolvimento	Fosfatos/Níbio	Ilhas Cayman							IFOS										\$103.655.172,00		
	JAGUAR MINING INC.	Produção	Ouro	Canadá						JAG										JAGGF	\$419.602.202,91		
	JANGADA MINES PLC	Exploração	Vanádio/Titânio	Reino Unido									JANJ								\$2.785.790.000,00		
	JUPITER GOLD CORP.	Exploração	Ouro	Brasil																JUPGF	\$4.920.000,00		
	LARA EXPLORATION LTD.	Exploração	Cobre/Ouro	Canadá							LRA			LRA							\$24.073.771,86		
	MERIDIAN MINING SE	Exploração	Cobre/Ouro	Reino Unido							MNO										\$45.397.057,50		
	METEORIC RESOURCES NL.	Exploração	Ouro	Austrália													MEI				\$57.703.800,00		
	SERABI GOLD PLC	Produção	Ouro	Reino Unido							SBI			SRB						SRBIF	\$57.430.184,22		
	SIGMA LITHIUM RESOURCES CORP.	Desenvolvimento	Lítio	Canadá								SGMA									\$147.545.077,77		
	SOMA GOLD CORP.	Exploração	Ouro	Canadá								SOMA									\$18.213.801,00		
	SOUTH ATLANTIC GOLD INC.	Exploração	Ouro	Canadá								SAO									\$10.768.232,34		
	SOUTH STAR MINING CORP.	Desenvolvimento	Grafite	Canadá								STS									\$1.563.903,45		
	TOMBADOR IRON	Exploração	Ferro	Austrália													TI1					\$128.963.000,00	
	TRISTAR GOLD INC.	Exploração	Ouro	Estados Unidos								TSG									\$53.398.671,66		
	VALORE METALS CORP.	Exploração	EGP/Ouro	Canadá								VO									\$31.064.000,00		
	VERDE AGRITECH PLC	Produção	Fosfato	Brasil						NPK											\$24.328.980,18		
	VALTERRA RESOURCES COPR. (PILAR GOLD)	Desenvolvimento	Ouro	Canadá								VQA									\$2.995.000,00		

Figura 12 – Empresas de mineração com operação no Brasil, listadas em Bolsas de Valores, classificadas quanto ao porte, fase, commodity, sede e valor de mercado.

Fonte: Penha et al. (2021).

OTCs (*Over-the-counter*): ambiente onde títulos de ações de empresas não listadas em bolsas formais são negociados por meio de uma rede de corretoras, em vez de ocorrer em uma plataforma centralizada. Empresas que optam por realizar OTC não conseguem cumprir os requisitos mínimos para listagem formal. | ETCs (*Exchange-Traded Commodity*): oferecem commodities para investidores e comerciantes, como forma de transação e permitem investir em commodities únicas, que seriam de difícil acesso a investidores individuais.

2.3. AMBIENTES REGULATÓRIOS

Em todo o mundo, as leis das sociedades anônimas contêm requisitos de divulgação dos resultados de exploração, recursos e reservas minerais atrelados aos códigos internacionais de declaração, especialmente para documentação de fusões e aquisições (*Mergers and Acquisitions* – M&A), onde existem definições claras sobre crimes e responsabilidade civil, quando as informações declaradas forem materialmente adversas do ponto de vista de um investidor. Também podem ser responsabilizadas as perdas decorrentes de relatórios com possíveis distorções negligentes, cuja perda seja considerada econômica (PHILLIPS, 2001).

Algumas empresas multinacionais listadas na Bolsa de Valores de Nova York ou com subsidiárias nos USA, além da regulação atrelada à bolsa, também devem atender à Lei norte-americana Sarbanes-Oxley (SOX), de 2002, através de guias de auditoria especializados, como o *Audit Guide for the Mining Industry*. É usado para aumentar a confiança dos investidores em empresas públicas, forçando-as a serem transparentes em seus negócios financeiros, com sustentação dos processos de controle interno e práticas de governança corporativa de alta qualidade, com o objetivo de avaliar e mitigar riscos que possam impactar em suas demonstrações financeiras. A famosa falência da Enron fez com que o governo dos Estados Unidos agisse principalmente na questão de relatórios financeiros corporativos, mas também implica nas empresas de mineração, especialmente responsabilizando geólogos e gerentes, que devem agir conforme um código de ética publicado, com demonstração aos auditores que os procedimentos de uma empresa estão em *compliance* com a Lei. Wardrop (2008) discute que pode haver consequências financeiras derivadas da precisão geológica e destaca que

Há um dever implícito do geólogo de apoiar os colegas da área de finanças e garantir que nada dê errado. Por exemplo, adulterar um registro é um tipo de ofensa específica, e o geólogo deve certificar-se de que os cálculos de recurso não mudam no processo de uso em outras partes da empresa. (WARDROP, 2008).

O arcabouço legal regulatório integra as diversas instituições responsáveis pela regulação e aplicação de leis, condutas internacionais, diretrizes, guias e padrões, com governança estabelecida entre eles e descrita no item anterior, para atendimento aos requisitos de conformidade e responsabilidade. Este ambiente pode ser constituído por órgãos governamentais, estatutários, não-governamentais, entidades setoriais da indústria, associações profissionais, comissões de valores mobiliários e bolsas de valores, dentre outras.

Cada país possui um sistema legal e regulatório que rege as declarações públicas das empresas listadas, cujos principais instrumentos – agrupados de forma comparativa na Figura 13 – são as leis federais corporativas (*Corporation Laws*) e atos mobiliários (*Securities Laws and Acts*) e as regras de listagem (*Listing Rules*).

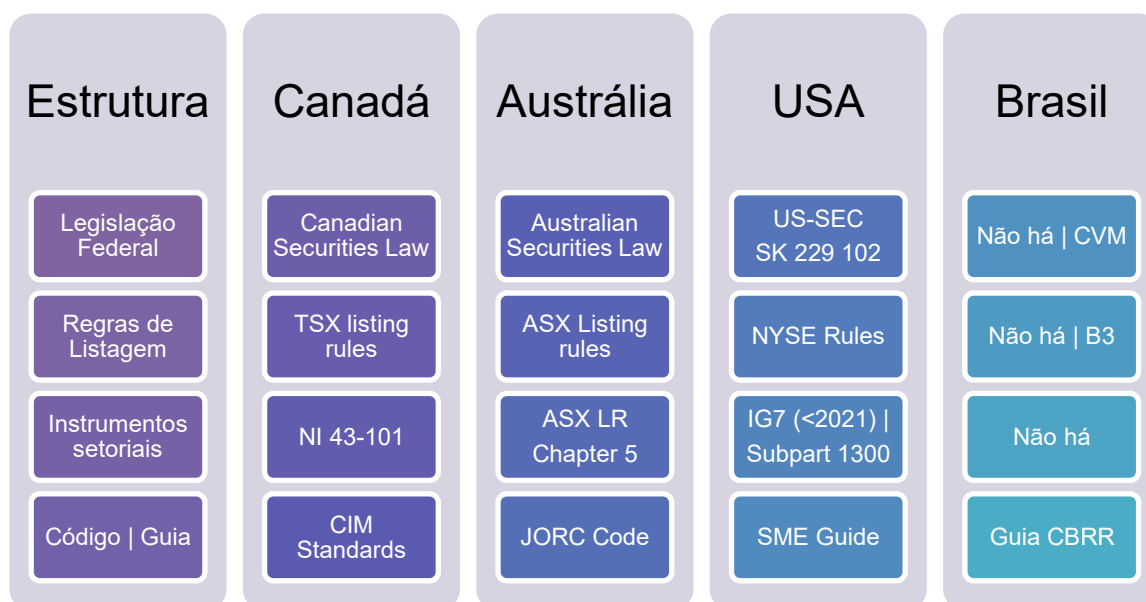


Figura 13 – Comparativo dos ambientes regulatórios
Fonte: Awuah-Offei (2020), adaptado pela autora.

A Figura 14 apresenta o ambiente regulatório da mineração canadense, onde é possível verificar a inter-relação entre todas as entidades participantes do processo, de forma integrada e complementar. Instrumentos nacionais canadenses (como o NI 43-101) têm *status* legal e são estabelecidos pelo CSA, devendo ser votados, aprovados e adotados individualmente por cada um dos 13 reguladores provinciais ou

territoriais (*Securities Comissions*), que coordenam, harmonizam, e demandam o cumprimento dos requisitos para o mercado de capitais sob sua jurisdição.

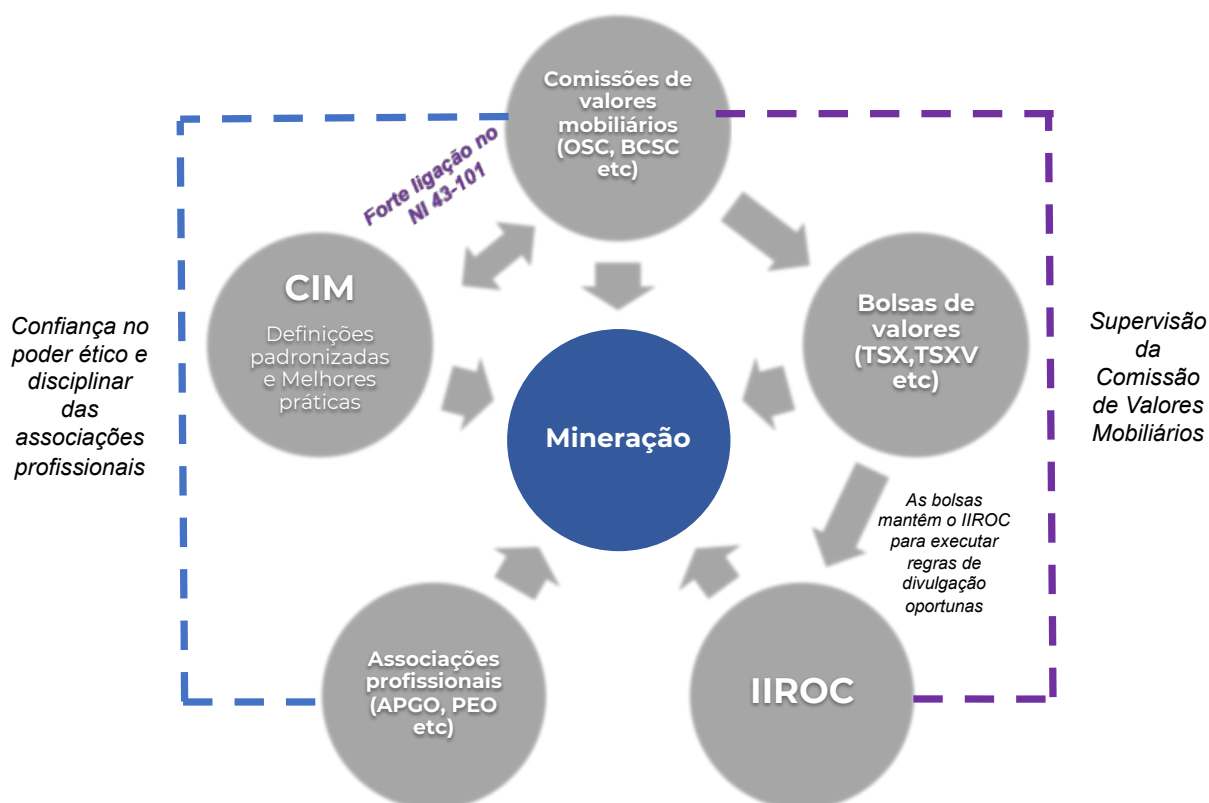


Figura 14 – Ambiente regulatório do Canadá
Fonte: Waldie et al. (2018, tradução nossa).

As comissões de valores mobiliários provinciais mais representativas para o setor mineral, em ordem de empresas listadas são British Columbia (BSCS), Ontário (OSC), Quebec (AMF) e Alberta (ASC), denominadas *The Big Four* (WALDIE et al., 2018).

O IIROC (*Investment Industry Regulatory Organization of Canada*⁷) é o provedor único de serviços de regulamentação de caráter independente, para os mercados de ações canadenses. Também regula a atividade de negociação nos mercados de *Debt* e *Equity*, incluindo nesta análise todas as bolsas de valores e sistemas de negociação alternativos, sob um único conjunto de regras. É uma organização nacional de autorregulação, que estabelece padrões regulatórios e de investimentos de alta qualidade, protege os investidores e fortalece a integridade do

⁷ <https://www.iroc.ca/about/Pages/IIROC-History-FAQ.aspx#3>

mercado, mantendo mercados de capitais eficientes e competitivos, com supervisão sobre todos os comunicados à imprensa e publicações dos negociantes de investimento e atividades de negociação (WALDIE et al., 2018).

Stephenson apresentou o denominado *Reporting System* (traduzido pela autora da tese como Sistema de Declaração Pública), em diversos trabalhos sob sua autoria ou co-autoria (STEPHENSON et al., 2008; STEPHENSON & STOKER, 2014; BRENNER et al., 2016), onde detalhou o mecanismo e relacionamento das entidades do ambiente regulatório de vários países.

O **ANEXO E** apresenta as entidades responsáveis pela regulação e aplicação dos códigos internacionais, os guias e padrões adotados, categorias requeridas e governança estabelecida para Canadá, Austrália, Estados Unidos e Brasil. Também são detalhados os arcabouços regulatórios, que devem ser melhor entendidos pelos interessados em abrir capital nestes países.

2.4. AMOSTRAGEM

O propósito da amostragem é obter porções representativas de um depósito mineral que possam ser analisadas para diversas finalidades, particularmente qualificando e quantificando a mineralogia. (ABBOTT, 2018).

As amostras são o elemento de materialização de onde são extraídas as informações mais importantes utilizadas para estimativas de volumes e teores. Devem fielmente representar todo o corpo mineralizado, quanto à localização espacial dos dados dos diversos tipos de sondagens e todos os demais parâmetros. Especialmente em depósitos de baixos teores ou alta variabilidade geológica, torna-se ainda mais importante a garantia do correto posicionamento de todas as amostras, associado à eficiência nas etapas de coleta, preparação e análise, para garantia dos níveis de lucratividade e produtividade. O cálculo de recursos e reservas, segundo Yamamoto (2001), baseia-se na teoria da amostragem, planejada na etapa de pesquisa mineral, com reconhecimento do depósito mineral em três dimensões para a delimitação de volume do minério cuja reserva será avaliada.

Francis F. Pitard atualizou sua grandiosa obra *Theory of Sampling and Sampling Practice*, em 2019, e compilou diversos estudos, definições e práticas

relacionadas à Teoria da Amostragem (*Theory of Sampling* – TOS – de Pierry Gy). Na introdução, faz extenso reconhecimento aos autores que trabalham exaustivamente neste tema, como Dominique François-Bongarçon, Kim. H. Esbensen e Richard C. A. Minnitt, dentre outros, aos quais recomenda-se a leitura, referências de ampla relevância e importância. No Brasil, a grande referência é da Prof^a Dr^a Ana Carolina Chierigati. Discussões e avanços sobre o tema são feitos, principalmente no *The World Conference on Sampling and Blending*, realizado desde 2003. Algumas definições são utilizadas incorretamente ou de formas distintas em todo mundo, e, desta forma, Pitard (2019) destacou a importância da conciliação dos termos mais importantes, sem ambiguidade.

Pierre Gy descreve, em 1967:

Excetuando-se os materiais homogêneos, que existem apenas em teoria, a amostragem de materiais particulados é sempre uma operação aleatória. Há sempre uma incerteza, independentemente de quão pequena ela seja, entre o teor verdadeiro e desconhecido a_L do lote L e o teor verdadeiro e desconhecido a_S da amostra S. Existe uma dificuldade quanto ao uso dos vocábulos que deve ser mencionada: apesar de a palavra ‘erro’ indicar algo que poderia ter sido evitado, tradicionalmente ela foi estabelecida para o uso comum, enquanto os estatísticos preferem usar a palavra ‘incerteza’, a qual não indica nenhuma responsabilidade. Entretanto, na prática, como demonstra a teoria da amostragem, existem tanto incertezas quanto erros de amostragem. **Os erros de amostragem podem ser facilmente minimizados de maneira preventiva, enquanto as incertezas são inevitáveis.** Visando facilitar o entendimento e pelo fato de a palavra “incerteza” não ser suficientemente forte, a palavra “erro” foi escolhida para uso na teoria da amostragem, sendo claro que ela não necessariamente indica culpabilidade. (GY, 1967 apud CHIEREGATI, 2018).

Chierigati (2018) discute os principais objetivos da amostragem, segundo Pierre Gy, que são reduzir a massa de um lote L sem inserir mudanças significativas em suas outras propriedades, controlando o processo de seleção de amostras, equipamentos e procedimentos de preparação e análise, de forma a eliminar os erros possíveis de ser eliminados (erros sistemáticos) e minimizar os demais erros (erros aleatórios). Destaca que “uma amostra dificilmente apresentará características idênticas àquelas do material de onde foi selecionada, devido aos erros que surgem

no decorrer das operações de amostragem”. Uma vez definidos e conceituados os principais termos no **ANEXO F**, destacar-se-ão algumas discussões relacionadas aos erros decorrentes da amostragem.

Sinclair & Blackwell (2002) sintetizam as várias fontes potenciais de erros:

- Erro de amostragem;
- Erro analítico (incluindo erro de subamostragem);
- Erro de estimativa (cometido ao estender o teor das amostras a um determinado volume de rocha mineralizada);
- Densidade (suposição de que a densidade do minério permanece constante ao longo de um depósito);
- Erros nas premissas de continuidade do minério e na geometria de um depósito;
- Método de lavra não adaptado à geometria do depósito;
- Diluição variável da rocha encaixante;
- Erro humano (inserção incorreta de dados, erros de decimais etc.); e
- Fraude (“salgamento”, substituição de amostras, dados não representativos etc.).

Especificamente quanto à qualidade dos dados, os autores discutem que os dados estão naturalmente sujeitos às variabilidades do Quadro 4.

Variável	Recomendações para minimizar a influência da variável
(i) variações geológicas reais	Uso de funções de autocorrelação e métodos estatísticos para melhor definir o raio de influência da amostra.
(ii) erros de amostragem	A importância de estabelecer o procedimento de amostragem ótimo, para redução de componentes de variação referentes à própria variabilidade geológica/mineralógica.
(iii) erros de medição (analíticos)	Programas de garantia e controle de qualidade, com acompanhamento em tempo real, para redução de variabilidade decorrente de procedimentos e instrumentação.

Quadro 4 – Variabilidade da qualidade dos dados

Fonte: Sinclair & Blackwell (2002, tradução nossa).

Sinclair & Blackwell (2002) mencionam, ainda, que Sides (1994) categorizou os tipos de erros incorporados ao processo de estimativa como:

- (i) Imprecisões associadas aos dados originais (por exemplo, erros grosseiros, como localizações incorretas de furos de sondagem, erros na continuidade presumida);

- (ii) Erros de amostragem e analíticos (por exemplo, incertezas de localização de contato de minério associadas a estimativas de teor imprecisas);
- (iii) Erros devido a variações naturais (por exemplo, rugosidade ou sinuosidade das margens de minério / estéril);
- (iv) Erros na captura de dados (por exemplo, erros cometidos durante a entrada de informações em bancos de dados); e
- (v) Erros computacionais (por exemplo, incertezas relacionadas a pacotes de software que não são completamente depurados ou não estão idealmente adaptados ao problema em questão). (SIDES, 1994 apud SINCLAIR & BLACKWELL, 2002),

Chierigati (2018) discorre detalhadamente sobre quais são os procedimentos corretos para minimizar ou resolver os problemas básicos e mais comuns da amostragem. Descreve o processo de estimativa nos estágios:

- 1) amostragem primária ou seleção da amostra;
- 2) amostragem secundária ou preparação da amostra; e
- 3) análise química da amostra.

Todos os estágios são geradores de erros que, caracterizados por sua variância, podem ser somados de modo a se obter o erro global de estimativa (*Overall Estimation Error - OEE*). Os tipos de erros de amostragem, propostos na teoria da amostragem de Pierre Gy e consolidados pelas notações de Pitard (2009a e 2009b apud CHIEREGATI, 2018) são organizados, de acordo com as fontes de variabilidade, na Figura 15.

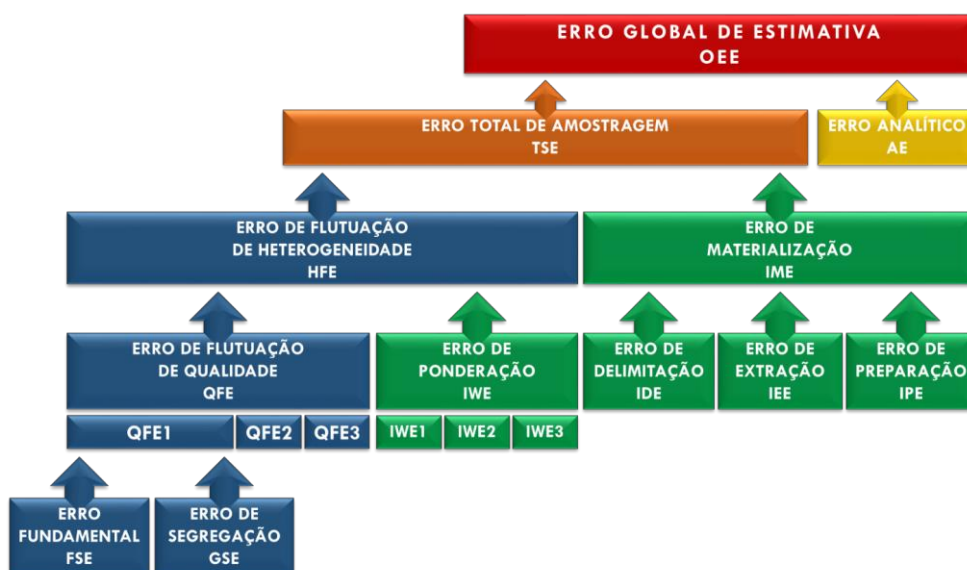


Figura 15 – Representação dos componentes do erro global de estimativa
 Fonte: Chierigati (2018), modificado de Pitard (2010).

De acordo com Pitard (2010), os erros de amostragem podem ser facilmente minimizados preventivamente e enfatiza ainda que, caso não sejam minimizados, a incerteza de amostragem não pode ser alcançada, e torna-se inevitável.

Dominy (2016) discute que as práticas corretas de amostragem e análise são críticas para uma indústria lucrativa de mineração de ouro e que as perdas monetárias e intangíveis ocorrem em todas as etapas da cadeia de valor da mina – desde o estágio de desenvolvimento do projeto até a operação da mina. Documentou 10 estudos de caso de projetos de ouro em todo o mundo, de 2001 e 2007, e sintetizou quais eram os problemas de amostragem mais comuns e em que etapa ocorriam. Na Figura 16 relacionam quais são os principais efeitos decorrentes da má prática e indicam solução e tratamento.

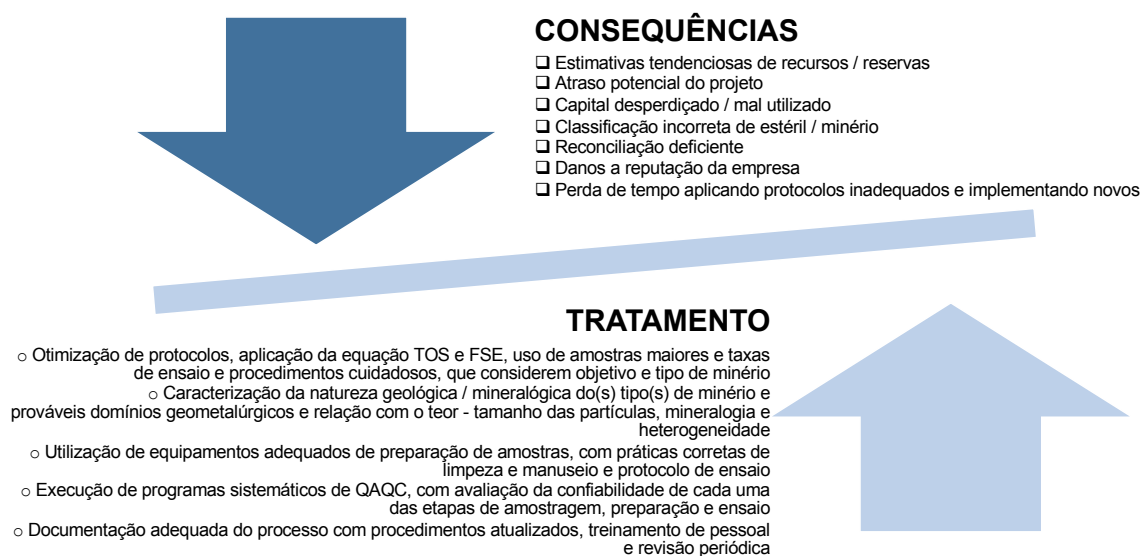


Figura 16 – Considerações sobre amostragem deficiente

Fonte: Dominy (2016, tradução nossa).

Dominy et al. (2020) correlacionam o tipo de erro com seu efeito na amostragem, a fonte do erro e sua definição, no Quadro 5.

Sigla	Erro de amostragem	Tipo de erro	Efeito na amostragem	Fonte do erro	Definição do erro
FSE	Fundamental	Amostragem correta	Erros aleatórios – gerador de precisão	Característico do tipo de minério, relacionado à heterogeneidade de constituição e distribuição	Resultados da heterogeneidade do lote do material fragmentado. De todos os erros de amostragem, o FSE não cancela e permanece mesmo se uma operação de amostragem estiver "correta". A experiência mostra que o efeito pepita total na modelagem variográfica também pode ser artificialmente alto porque as massas da amostra não são ideais.
GSE	Agrupamento e Segregação				Refere-se ao erro devido à combinação de agrupamento e segregação de fragmentos de rocha no lote. Uma vez que a rocha é fragmentada, haverá segregação de partículas em todas as escalas (por ex. superfície da pilha de estoque ou material pulverizado de laboratório).
IDE	Delimitação	Amostragem incorreta	Erros inconstantes e incontroláveis - geradores de viés	Equipamentos de amostragem e manuseio de materiais	Resultado de uma forma incorreta da delimitação do volume de um incremento ou amostra.
IEE	Extração				Resultado da extração incorreta de uma amostra. A extração só é "correta" quando todos os fragmentos dentro do volume delimitado são totalmente extraídos.
IWE	Ponderação				As amostras devem representar uma massa consistente por unidade (por exemplo, kg/m). Refere-se a problemas durante o transporte e armazenamento da amostra, por exemplo, mistura, troca, dano, perda e alteração, preparo (contaminação ou perdas) e ações intencionais (sabotagem e salgamento), bem como ações não intencionais (descuido e não adesão a protocolos).
IPE	Preparação				Refere-se a todos os erros durante os ensaios e processos analíticos, incluindo questões relacionadas aos efeitos da matriz da rocha e manutenção do equipamento analítico, calibração defeituosa etc.
TAE	Analítico			Processo analítico	

Quadro 5 – Definição dos erros da Teoria da Amostragem

Fonte: Dominy et al. (2020, tradução nossa).

Canchaya Moya (2011) compilou e discutiu estudos de Gy (1999), Gy & François-Bongarçon (1999) e Paski (2006), consolidados no Quadro 6, onde são apresentados os erros associados a cada uma das principais etapas e atividades da amostragem e preparação de amostras. Destacou que os erros são cumulativos e a amostragem primária irá determinar a qualidade do resultado, uma vez que um grande componente do erro total e a maior proporção de viés são introduzidos durante a coleta de amostra primária. Enfatiza que:

Os erros no estágio primário de amostragem são de ordens de magnitude maiores do que os erros durante a subamostragem | preparação das amostras, e muito maiores do que aqueles que ocorrem durante a análise química adequada. (...) Evitar esforços excessivos para reduzir erros durante a preparação e análise não resultará necessariamente em uma redução substancial da incerteza. Em contraste, a coleta de amostras de campo com massas maiores e de alta qualidade (por exemplo, usando um número maior de incrementos em amostras compostas) resultará em redução significativa de erros, desde que outros protocolos sejam otimizados de forma adequada. (CHANCAYA MOYA, 2011).

Atividade	Erro relativo (%)	Viés (%)	Estágio	Descrição
Amostragem	100 a 1000	1000	Amostragem primária	Compreende: a definição do método de amostragem mais adequado para cada caso, definição da malha de sondagem e amostragem e procedimentos de tomada de incrementos, tamanho dos incrementos, peso da amostra etc.
Transporte e armazenamento	1 a 100	50		Cuidados especiais devem ser tomados durante o transporte, armazenamento e manuseio das amostras, sendo obrigatório o estabelecimento de uma cadeia de custódia de segurança, para garantir a integridade da amostra.
Redução de volume e cominuição	10 a 100		Subamostragem Preparação	Começa quando as amostras chegam ao laboratório de preparação, onde serão submetidas a operações alternadas de redução de volume e massa.
Preparação química (digestão, dissolução ácida)	5 a 20		Análise química	Inicia quando as amostras pulverizadas são fundidas ou diluídas e são analisadas por qualquer procedimento analítico.
Análise química	0.1 a 5	0.1 a 1		

Quadro 6 – Estrutura geral dos erros de amostragem

Fonte: Traduzido de Canchaya Moya, S. (2011; compilado de GY, 1999; GY & FRANÇOIS-BONGARÇON, 1999; PASKI, 2006).

Dominy et al. (2020) quantificaram a distribuição dos erros ao longo das diversas etapas do programa de amostragem, desenvolvidos a partir de estudos de caso de projetos e minerações de ouro. O Quadro 7 apresenta a distribuição dos tipos de erros ao longo das etapas de amostragem e preparação, conforme a TOS.

Erro	Etapa	Tipo de amostra Atividade	Erro TOS	FSE ^a	Outros erros ^b
Amostragem	Coleta e transporte	Amostragem <i>in situ</i> (testemunhos e amostras pontuais)	INE IDE IEE IWE IPE		INE
		Amostras de rocha fragmentada (testemunhos e amostras RC)	FSE GSE IDE IEE IWE IPE	+/- 16%	
Preparação	Preparação	Secagem	IPE		+/- 23%
		Britagem Peneiramento	IPE	+/- 11%	
Analítico	Ensaio	Divisão	FSE GSE IDE IEE IPE		
		Análise	FSE GSE IDE IEE IPE TAE	+/- 8%	
Erro total				+/- 21%	+/- 23%
Erro máximo (ouro)					+/- 32%

Quadro 7 – Distribuição dos erros nas etapas de amostragem de ouro

^a Máxima distribuição de FSE recomendado nas etapas de amostragem

^b Máxima proporção dos demais erros da Teoria da Amostragem nas etapas de amostragem

RC = Circulação Reversa

Fonte: Dominy et al. (2020, tradução e adaptação nossa).

2.5. DADOS E INFORMAÇÃO

As orientações para classificação dos padrões internacionais são todas relacionadas à confiabilidade geológica e à fase do projeto, que, estão diretamente associadas aos métodos de aquisição de dados e a qualidade do processo. Sinclair e Blackwell (2002) apresentam a introdução do seu livro *Applied Mineral Inventory Estimation* com a frase de autoria anônima, citada por Champigny & Armstrong (1994 apud SINCLAIR & BLACKWELL, 2002) que sinaliza o quanto se gasta em tempo e dinheiro na coleta de informações:

A vida da mina não começa no dia em que a produção inicia, mas muitos anos antes, quando a empresa almeja explorar um depósito mineral. Grandes investimentos em tempo e dinheiro são gastos apenas procurando, localizando e quantificando uma ocorrência mineral promissora. (SINCLAIR & BLACKWELL, 2002).

Para contextualizar o tema central desta tese – a qualidade da informação para a declaração de recursos minerais – se faz extremamente importante a apresentação de conceitos pavimentadores.

O Quadro 8 apresenta algumas definições, por diversos autores, de termos relacionados a dados, informação, sistemas de gestão e governança, relevantes para os argumentos a serem defendidos nesta tese.

Fonte	Termo	Definições
Davenport & Prusak (1998)	Dados	<ul style="list-style-type: none"> • Conjunto de fatos distintos e objetivos, relativos a eventos. • Não têm significado inerente e nada dizem sobre a própria importância ou irrelevância. Descrevem parte daquilo que aconteceu; não fornecem julgamento nem interpretação e nem qualquer base sustentável para a tomada de ação.
	Informação	<ul style="list-style-type: none"> • Facilmente estruturados e capturados por máquinas. • Frequentemente quantificados. • Mensagem, geralmente na forma de um documento ou uma comunicação audível ou visível, que tem emissor e um receptor, com a finalidade de mudar o modo como o destinatário vê algo e exercer algum impacto sobre seu julgamento e comportamento. • Tem significado, relevância e propósito. • Exige consenso sobre seu significado e necessária mediação humana.
Takai et al. (2005)	Dados	<ul style="list-style-type: none"> • Valor de um campo armazenado, matéria-prima para obtenção de informação.
	Informação	<ul style="list-style-type: none"> • Dados compilados e processados de acordo com solicitação de consultas e análises.
	Base de Dados	<ul style="list-style-type: none"> • Coleção de dados relacionados.

(cont.)

(cont.)

	Modelo de dados relacionais	<ul style="list-style-type: none"> Modelo simples, formal, com estrutura de dados uniforme, que representa os dados da base de dados como uma coleção de relações, em que cada relação pode ser entendida como uma tabela ou um simples arquivo de registros.
	Sistema Gerenciador de Base de Dados (SGBD)	<ul style="list-style-type: none"> Coleção de programas que permitem aos usuários criarem e manipularem uma base de dados. Um SGBD é, assim, um sistema de <i>software</i> de propósito geral que facilita o processo de definir, construir e manipular bases de dados de diversas aplicações.
	Sistema de Base de Dados	<ul style="list-style-type: none"> Composição da base de dados com o <i>software</i> de gerenciamento da base de dados.
STI/MP (2016)	Governança de Dados	<ul style="list-style-type: none"> Conjunto de políticas, processos, pessoas e tecnologias que visam a estruturar e administrar os ativos de informação. Tem o objetivo de aprimorar a eficiência dos processos de gestão e da qualidade dos dados, a fim de promover eficiência operacional, bem como garantir a confiabilidade das informações que suportam a tomada de decisão.
Barbosa & Lyra (2019)	Dados	<ul style="list-style-type: none"> Base de todo o processo de geração da sabedoria organizacional e o primeiro estágio a ser atingido. Representam fatos por meio de um conjunto de caracteres primitivos e isolados, geralmente representados através de textos, números, imagens, sons ou vídeos. Os dados não possuem qualquer significado relevante dentro de um contexto de negócio (dados sem contexto).
	Metadados	<ul style="list-style-type: none"> Representam os significados dos dados, obtidos por: <ul style="list-style-type: none"> informações sobre estrutura, formato, tamanho e restrições (metadados técnicos); e informações sobre definições, conceito, relevância e regras de negócio dos dados envolvidos (metadados de negócio).
	Informação	<ul style="list-style-type: none"> Correspondem aos dados processados com algum significado.
	Conhecimento	<ul style="list-style-type: none"> Corresponde ao processamento das informações com significados, premissas, padrões de comportamento, tendências e valores agregados a partir de um conjunto de regras de manipulação e características dessas informações. São o subsídio para soluções de problemas e tomadas de decisão.
	Gerenciamento de dados	<ul style="list-style-type: none"> Desenvolvimento, execução e supervisão de planos, políticas, programas e práticas que entregam, controlam, protegem e aprimoram o valor dos ativos de dados e informações durante todo o seu ciclo de vida.
	Informação de qualidade	<ul style="list-style-type: none"> Deriva de dados qualificados, característica essencial que determina a confiabilidade dos dados para a tomada de decisões.

Quadro 8 – Conceitos relacionados a dados e informação

Fonte: Autores citados na coluna à esquerda.

2.5.1. Qualidade de dados

A *International Organization for Standardization* (ISO⁸) desenvolve, desde 2008, uma série de documentos normativos de padronização relacionados à qualidade de dados, a série ISO / TS 8000 define características de informações e

⁸ *International Organization for Standardization*, entidade de padronização e normatização, representada no Brasil pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas), promove a normatização de empresas e produtos, para manter a qualidade permanente, especialmente relacionadas a diversas variações de sistemas de gestão de qualidade.

dados que determinam sua qualidade e fornece métodos para gerenciar, medir e melhorar a qualidade de informações e dados. A Parte 1, recém atualizada (ISO, 2022), define dados de qualidade como “dados portáteis que atendem aos requisitos estabelecidos” e dá a visão geral da qualidade de dados e da série ISO 8000, e compreende o estabelecimento dos princípios da qualidade da informação e dos dados e a orientação do caminho para alcançar a qualidade dos dados.

De forma geral, os dados são entendidos como de alta qualidade quando atendem às expectativas e necessidades dos consumidores de dados, e, quando este propósito não for atendido ou parcialmente atendido, os dados são avaliados como de baixa qualidade (BARBOSA & LYRA, 2019).

Dutra e Barbosa (2017) realizaram uma intensa busca por trabalhos científicos publicados no mundo inteiro sobre qualidade da informação, em português, inglês e espanhol, de 1974 a 2016, e os critérios de maior menção para qualificar a informação, principalmente oriundos dos autores Arouck (2001) e Dutra & Barbosa (2017), são listados na Figura 17.

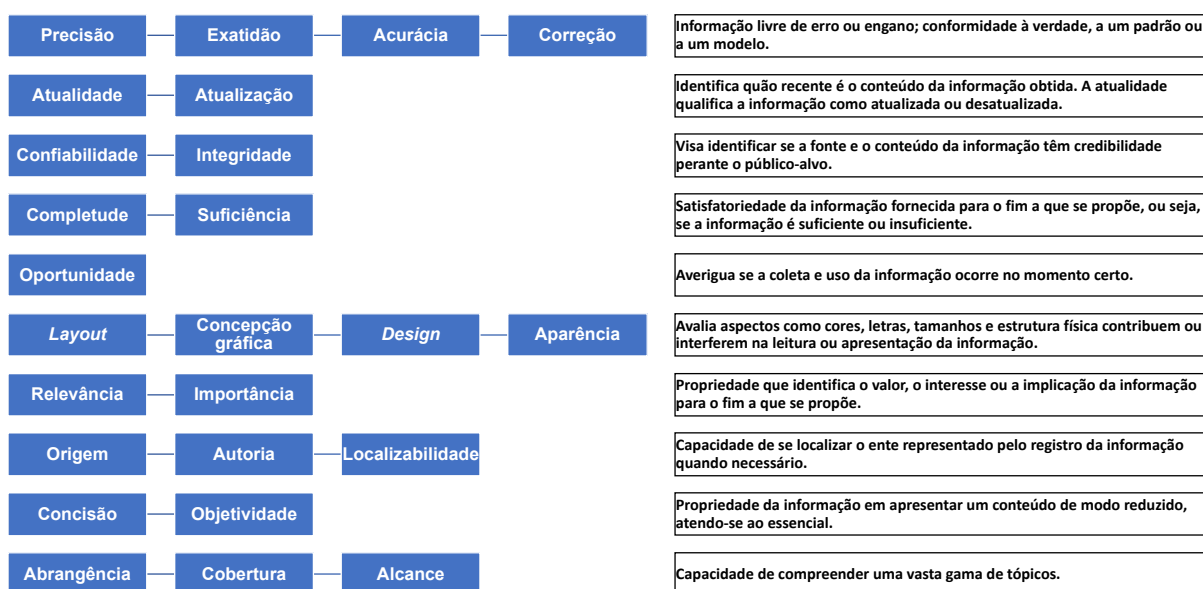


Figura 17 – Critérios de qualidade da informação
Fonte: Arouck (2001) e Dutra & Barbosa (2017).

A Figura 18 apresenta os termos conforme as definições da DAMA (*The Data Management Association*), organização internacional sediada no Reino Unido, que

promover a compreensão, desenvolvimento e prática da gestão de dados e informações (BARBOSA & LYRA, 2019).

Precisão	Grau em que os dados descrevem corretamente o objeto ou evento do 'mundo real' sendo descrito.
Temporalidade	Problemas de tempo (além da própria tempestividade): é estável, mas responde a solicitações de mudança legítimas?
Confiança	A governança, a proteção e a segurança dos dados estão vigentes? Qual é a credibilidade dos dados? É verificável?
Completeness	A proporção de dados armazenados contra o potencial de 100%.
Oportunidade	Grau em que os dados representam a realidade a partir do momento requerido.
Exclusividade	Nenhuma instância de entidade será registrada mais de uma vez após identificada.
Validade	Dados são válidos se estiverem em conformidade com a sintaxe (formato, tipo, intervalo) de sua definição.
Consistência	A ausência de diferença ao comparar duas ou mais representações de uma instância com uma definição.
Usabilidade	Os dados são compreensíveis, relevantes, acessíveis, mantidos e no nível certo de precisão?
Flexibilidade	Os dados são comparáveis e compatíveis com outros dados? Possui agrupamentos e classificações úteis? Pode ser reaproveitado? É fácil de manipular?
Valor	Existe um levantamento de custo/benefício para os dados? É ou serão utilizados a melhor maneira possível? Põe em risco a segurança ou a privacidade das pessoas ou as responsabilidades legais da organização? Apoia ou contradiz a imagem corporativa ou a visão estratégica corporativa?

Figura 18 – Critérios de qualidade da informação, por DAMA (BARBOSA & LYRA, 2019)

Fonte: Barbosa & Lyra (2019).

Barbosa & Lyra (2019) consideram os dados como um “*ativo da organização*” e apresentam diversas características, sintetizadas no Quadro 9.

Tópico	Características
Características gerais	<ul style="list-style-type: none"> Dados ainda não são contabilizados no balanço da maioria das organizações. É complexa a atribuição de um valor monetário aos dados e difícil mensurar como os dados contribuem para o sucesso organizacional. São duráveis e não se desgastam; são fáceis de copiar e transportar, mas não de serem reproduzidos se perdidos ou destruídos. São dinâmicos e podem ser usados para várias finalidades. Os mesmos dados podem até ser usados por várias pessoas ao mesmo tempo
Valor do dado	<ul style="list-style-type: none"> O valor dos dados pode e deve ser expresso em termos econômicos: Chamar dados de um ativo implica atribuir seu valor. Os dados não são consumidos quando usados, como são consumidos os ativos financeiros e físicos. Têm características únicas que o diferenciam de outros ativos, não são tangíveis: os ativos físicos, por exemplo, podem ser apontados, tocados e movimentados. Os ativos financeiros, por sua vez, são contabilizados no balanço patrimonial. Embora existam técnicas para medir o valor qualitativo e quantitativo dos dados, ainda não existem padrões para isso. As organizações que desejam tomar melhores decisões sobre seus dados devem desenvolver maneiras consistentes de quantificar esse valor. Eles também devem medir os custos de dados de baixa qualidade e os benefícios de dados de alta qualidade.

(cont.)

(cont.)

Riscos	<ul style="list-style-type: none"> • Dados mal gerenciados apresentam riscos éticos e de segurança. • Dados imprecisos, incompletos ou desatualizados indicam riscos, porque suas informações não estão corretas. • Dados podem ser facilmente copiados e replicados e significa que eles podem ser violados sem serem "retirados" de seus legítimos proprietários. • Ameaças: <ol style="list-style-type: none"> (1) Uso indevido: se os consumidores de dados não tiverem informações suficientes e corretas (metadados) sobre os dados que eles usam, existe o risco de serem mal utilizados ou compreendidos. (2) Não Confiabilidade (<i>Unreliability</i>): se a qualidade e a confiabilidade dos dados não forem estabelecidas por meio de normas e métricas, existe risco de que decisões sejam baseadas em dados não confiáveis. (3) Uso inadequado: se os dados não estiverem protegidos, existe o risco de que eles sejam utilizados por pessoas não autorizadas para fins não autorizados.
Características dos dados de baixa qualidade	<ul style="list-style-type: none"> • Custam dinheiro • Se não atenderem às necessidades de seus consumidores, o esforço para coletar, armazenar, proteger e permitir o acesso a eles é desperdiçado. • Muitos dos custos são ocultos e indiretos e, portanto, difíceis de mensurar.
Consequências da baixa qualidade dos dados	<ul style="list-style-type: none"> • Retrabalho. • Soluções alternativas e processos de correção ocultos. • Ineficiências organizacionais ou baixa produtividade. • Conflito organizacional. • Insatisfação do usuário. • Custos de oportunidade, incluindo a incapacidade de inovar. • Custos ou multas de conformidade.
Como mensurar o valor dos dados	<ul style="list-style-type: none"> • Custo de obtenção e armazenamento de dados. • Custo da substituição de dados se eles forem perdidos. • Impacto para a organização se houver perda de dados. • Custos potenciais de riscos associados aos dados. • Custo de mitigação de risco. • Custo de melhoria de dados. • Benefícios de dados de maior qualidade. • Vantagens de compartilhar esses dados. • Retorno esperado pelo uso inovador desses dados.

Quadro 9 – Características de dados de qualidade, por Barbosa & Lyra (2019)

Fonte: Barbosa & Lyra (2019).

Referente à qualidade dos dados, ISO (2016) destaca:

A capacidade de criar, coletar, armazenar, manter, transferir, processar e apresentar informações e dados para apoiar os processos de negócios de maneira oportuna e econômica requer tanto uma compreensão das características da informação e dos dados que determinam sua qualidade, quanto uma capacidade para medir, gerenciar e relatar a qualidade da informação e dos dados.

Há um limite para a melhoria da qualidade dos dados quando apenas a não conformidade dos dados é corrigida, pois a não conformidade pode ocorrer novamente. No entanto, quando as causas-raiz da não conformidade de dados e os dados relacionados são rastreados e corrigidos por meio de processos de qualidade de dados, a recorrência do mesmo tipo de não conformidade de dados pode ser evitada. Portanto, uma estrutura para gerenciamento de qualidade de dados

centrado no processo é necessária para melhorar a qualidade dos dados de forma mais eficaz e eficiente. Além disso, a qualidade dos dados pode ser melhorada por meio da avaliação de processos e da melhoria dos processos de baixo desempenho identificados pela avaliação. (ISO, 2016, tradução nossa).

DeLone & McLean (1992), posteriormente complementados por Myers *et al.* (1997), desenvolveram um extenso estudo, discutindo quase 30 autores e diversos segmentos industriais, sobre o sucesso para o gerenciamento de sistemas de informação e os requisitos para avaliação da qualidade, organizados no modelo proposto da Figura 19.

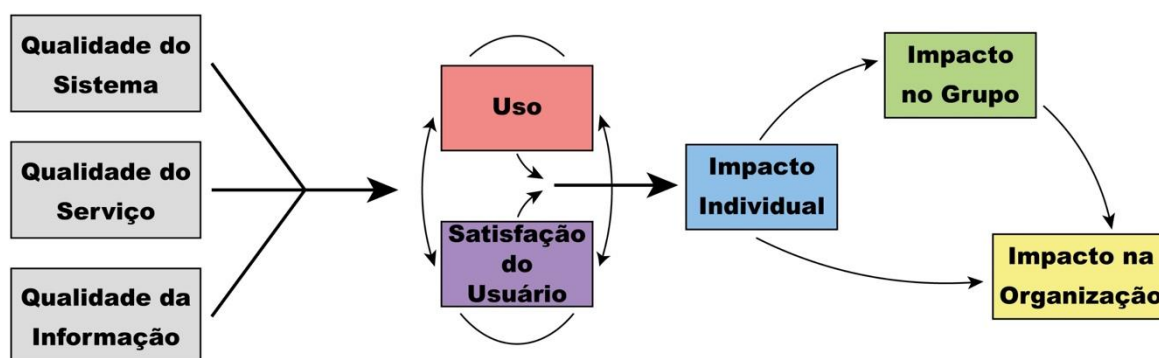


Figura 19 – Dimensões da qualidade em um sistema de informações.
Fonte: DeLone & McLean (1992), atualizado por Myers *et al.* (1997).

Segundo os autores, **Qualidade do Sistema**, **Qualidade do Serviço** e **Qualidade da Informação** afetam, positiva ou negativamente, o **Uso** e a **Satisfação do Usuário**, que, por sua vez, geram **Impacto Individual**, **Impacto no Grupo** e **Impacto na Organização**. A análise da qualidade em um sistema de informações é realizada por diversos critérios de difícil determinação, por possuírem forte componente abstrato e poderem ser influenciadas por fatores externos e pessoais.

Batini *et al.* (2009) apresentaram uma revisão sobre as metodologias para análise, avaliação e melhoria da qualidade dos dados, que são considerados por eles “objetos do mundo real em um formato que pode ser armazenado, recuperado e processado por um *software* e comunicado através de uma rede”. Apontaram os critérios e dimensões que podem ser utilizados para conduzir esta avaliação, e como escolhê-los. Conceituaram os tipos de dados analisáveis no Quadro 10.

Termo	Definições
Estruturados	<ul style="list-style-type: none"> • Agregações ou generalizações de itens descritos por atributos elementares definidos dentro de um domínio. • Os domínios representam o intervalo de valores que podem ser atribuídos a atributos e geralmente correspondem a tipos de dados elementares de linguagens de programação, como valores numéricos ou <i>strings</i> de texto. • Exemplo: tabelas relacionais e dados estatísticos.
Não estruturados	<ul style="list-style-type: none"> • Sequência genérica de símbolos, normalmente codificados em linguagem natural. • Exemplos: questionário contendo texto livre respondendo a perguntas abertas ou o corpo de um <i>e-mail</i>.
Semiestruturados	<ul style="list-style-type: none"> • Possuem uma estrutura que possui algum grau de flexibilidade. • XML é a linguagem de marcação comumente usada para representar dados semiestruturados.

Quadro 10 – Tipos de dados
Fonte: Batini *et al.* (2009).

Após analisarem toda a literatura sobre metodologias de avaliação da qualidade de dados, os autores sintetizaram e compararam a aplicação das diversas dimensões de qualidade, indicadas na Figura 20.

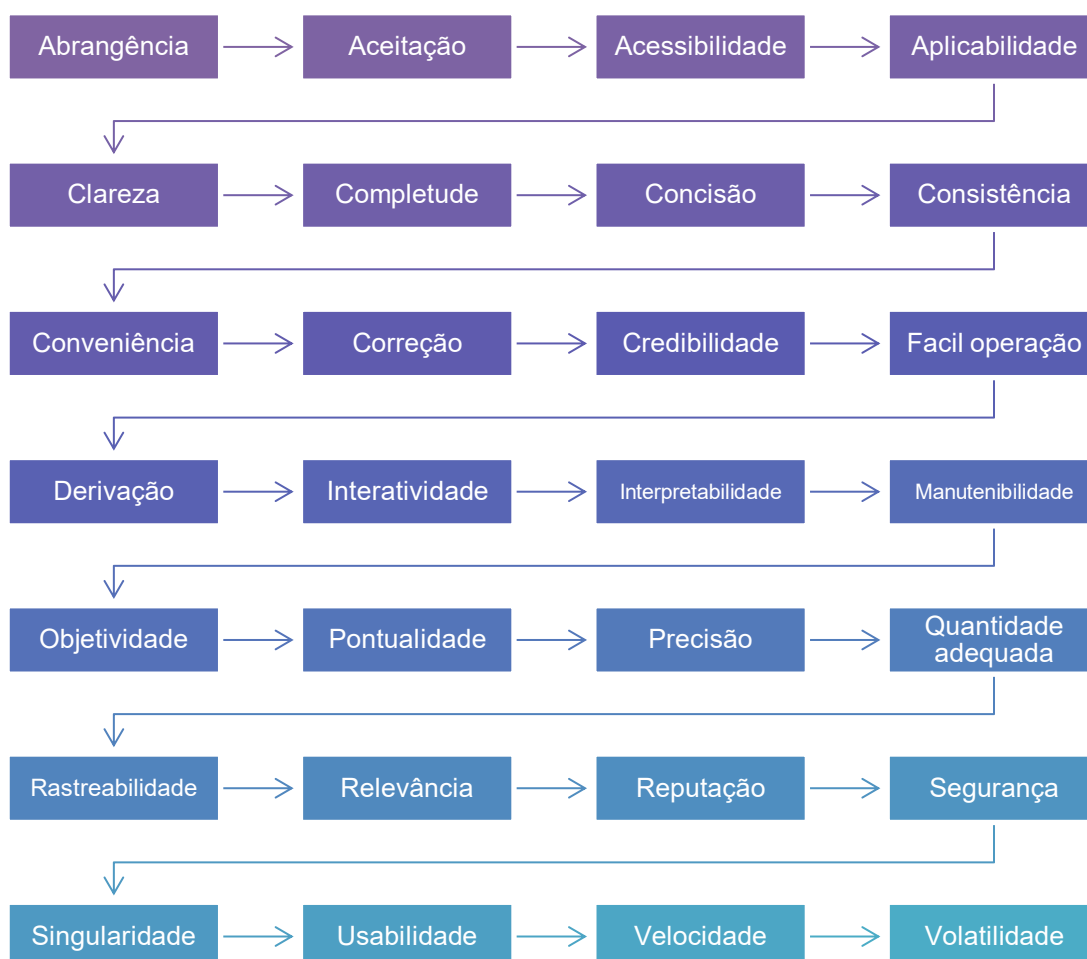


Figura 20 – Dimensões da qualidade dos dados
Fonte: Batini *et al.* (2009, tradução nossa).

Também discutiram as estratégias para aprimorar a qualidade dos dados aplicam uma variedade de técnicas e atividades baseadas em conhecimento, sempre orientadas por:

- *data-driven* (baseado em dados); melhoram a qualidade dos dados modificando diretamente o valor dos dados; e
- *process-driven* (baseado em processos): melhoram a qualidade redesenhando os processos que criam ou modificam dados.

2.5.2. Gerenciamento de dados

A parte 61 da série ISO 8000 especifica os processos necessários para avaliar e melhorar a capacidade dos processos ou aumentar a maturidade organizacional em relação à gestão da qualidade dos dados (ISO, 2016). Cada processo é definido pelos propósitos, resultados e atividades que devem ser aplicados para garantir a qualidade dos dados. É aplicável ao gerenciamento da qualidade de conjuntos de dados digitais que incluem:

- dados estruturados armazenados em bancos de dados; e
- dados menos estruturados, como imagens, áudio, vídeo e documentos eletrônicos.

A proposta deste padrão de gerenciamento é baseada na execução pelo ciclo PDCA (*Plan-Do-Check-Act*), adaptada para a qualidade dos dados, indicada na Figura 21. O Quadro 11 organiza algumas das orientações desta norma técnica.

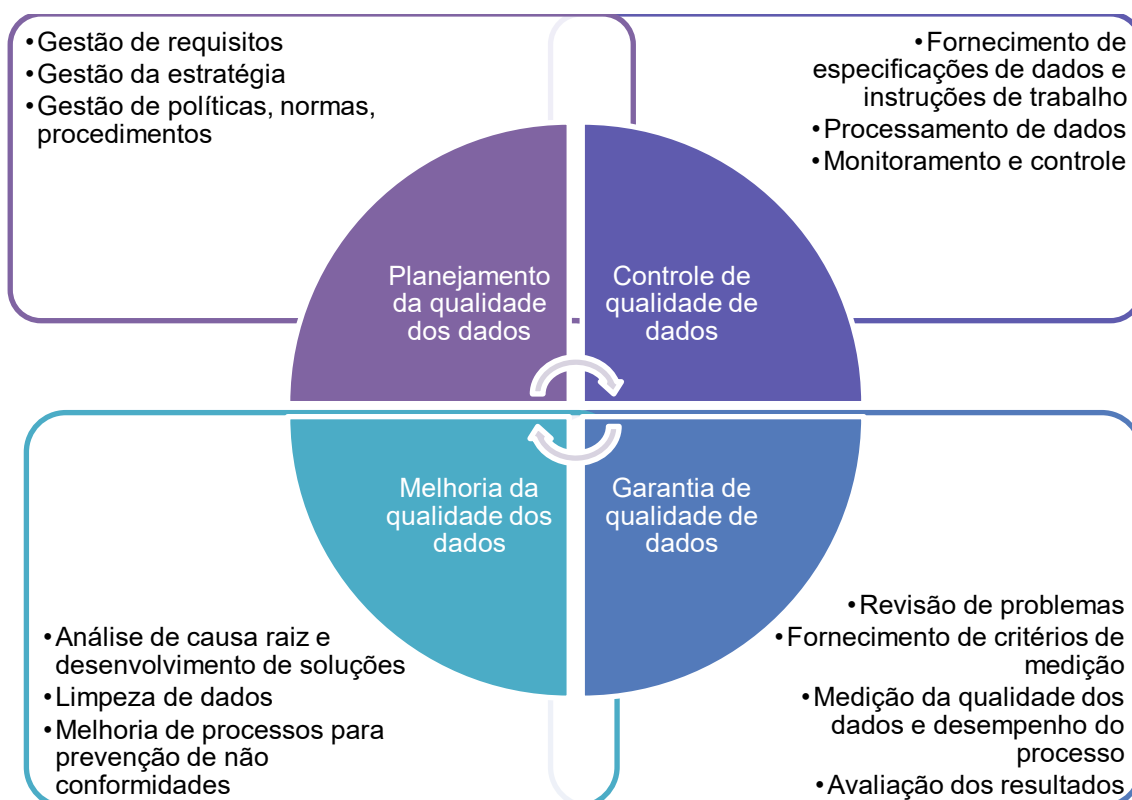


Figura 21 – Processo de Gerenciamento de Qualidade de Dados

Fonte: ISO (2016, tradução e organização nossa).

Termo	Definições
Escopo	<ul style="list-style-type: none"> Princípios fundamentais da gestão da qualidade dos dados Estrutura do processo de gestão da qualidade dos dados Definições dos processos de nível inferior para gestão da qualidade de dados Relação entre gestão de qualidade de dados e governança de dados Requisitos de implementação
Princípios fundamentais do gerenciamento da qualidade dos dados	<ul style="list-style-type: none"> Abordagem do processo Melhoria contínua Envolvimento das pessoas
Processos de suporte	<ul style="list-style-type: none"> Gerenciamento de Arquitetura de Dados Gerenciamento de Transferência de Dados Gerenciamento de Operações de Dados Gestão de Segurança de Dados
Provisionamento de recursos	<ul style="list-style-type: none"> Gestão da Organização da Qualidade dos Dados Gestão de Recursos Humanos
Planejamento da implementação	<ul style="list-style-type: none"> Desenvolvimento de um plano com: <ul style="list-style-type: none"> funções; responsabilidades; sequenciamento financiamento; e habilitadores de tecnologia.

Quadro 11 – Definições e orientações do padrão ISO 8000-61

Fonte: ISO (2016).

2.5.3. Governança de dados

Barbosa & Lyra (2019) definem a governança de dados como “o exercício de autoridade e de controle (planejamento, monitoramento e execução) sobre o gerenciamento de ativos de dados”, caracterizada pela forma em que as decisões são tomadas sobre os dados pelas organizações, independentemente de terem uma função formal de governança de dados. As empresas que estabelecem um programa formal de governança de dados exercem, de forma estratégica, intencional e consistente, maior autoridade e controle são mais propensas a alavancar o valor dos seus ativos de dados.

O **ANEXO G** organiza o escopo e objetivo de um programa de governança de dados, de acordo com as necessidades das empresas. Para a implementação da governança de dados, alguns conceitos adicionais, provenientes da Governança Corporativa, aplicadas ao contexto da indústria mineral, devem ser compreendidos, pois os(as) Profissionais Qualificados(as) têm um papel amplo no atendimento às principais práticas.

O termo *compliance* é utilizado sem tradução no Brasil e foi conceituado pela *Australian Standard* (entidade integrante da ISO) em 2006 como “adesão aos requisitos de leis, padrões da indústria e organizações e códigos, princípios de boa governança e normas comunitárias e éticas aceitas”.

Empresas globalizadas possuem maior desafio para o atendimento dos requisitos regulamentadores em diversas jurisdições e devem avaliar quais os riscos decorrentes da não-conformidade. Esayas & Mahler (2015) apresentaram uma abordagem sistemática para identificar e modelar riscos de *compliance*, para conciliar a complexidade dos diversos ambientes regulatórios que as empresas devem cumprir.

Sua metodologia consiste em um processo de cinco etapas (Figura 22) para identificar, estruturar e avaliar os riscos de conformidade, de forma consistente.



Figura 22 – Etapas para a identificação de riscos de *compliance*
Fonte: Esayas & Mahler (2015, tradução nossa).

Segundo os autores, o uso de modelos gráficos, utilizados para documentar os riscos e facilitar avaliações independentes e formais de questões complexas, podem ser automatizados, a partir da estruturação de exigências de *compliance*. Com isto, é possível identificar áreas potenciais de não conformidade e garantir que os recursos sejam alocados para as áreas onde são mais necessárias e que as medidas de conformidade são direcionadas aos riscos mais significativos.

A frase do Ex-Procurador-Geral nos EUA Paul McNulty aponta para a urgente necessidade de as empresas estarem aderentes às boas práticas: “O custo da não-*compliance* é imenso. Se você considera a *compliance* caro, tente a não-*compliance*”.

2.5.4. Qualidade da informação na mineração

A qualidade da informação depende de inúmeros fatores, contextos e demandas específicas dos consumidores de dados e está associada a diversos processos que não estão ligados, exclusivamente, aos sistemas de gestão da informação.

A Figura 23 – apresentada como guia para apresentação dos conteúdos das Monografias (*Mineral resource and ore reserve estimation – “The AusIMM guide to good practice”*) 23 (2001) e 30 (2014) da AusIMM – ilustra a iteração entre as várias etapas da mineração e as atividades envolvidas, onde se pode assumir a demanda de grande quantidade de dados e informações geradas para apoiar as decisões tomadas em todo o processo de avaliação de recursos e reservas minerais. A Figura indica a demanda por informações em todas as fases de estudos e decisões, de forma contínua e o relacionamento dos dados geológicos com todas as demais disciplinas, de forma a atender aos fatores modificadores e à conversão de recursos em reservas.

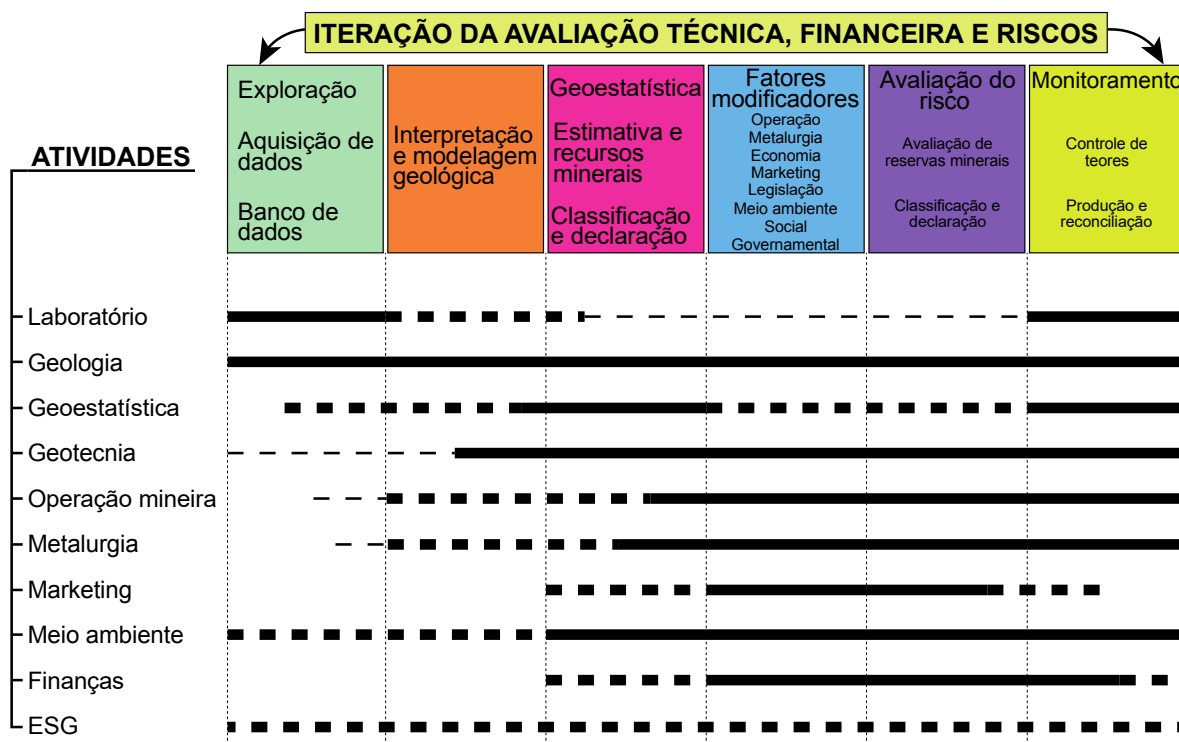


Figura 23 – Iteração da avaliação técnica, financeira e riscos da mineração

Fonte: Appleyard (2001, tradução nossa).

“A qualidade da avaliação de recursos minerais é diretamente dependente dos processos de aquisição e tratamento de dados”, de acordo com Rossi & Deutsch (2014), que discutem os seguintes conceitos de qualidade de dados:

- uma vez que apenas uma pequena porção do depósito mineral é amostrado, os dados provenientes de amostras precisam ser coletados em número suficiente para que as análises sejam de boa qualidade, para definir volumes e teores de corpos de minério, com base em conhecimento geológico e análises estatísticas aplicadas com outras informações técnicas; e
- as amostras devem representar estatisticamente todo o corpo amostrado, quanto à localização espacial e características do minério, e considera uma amostra representativa quando “foram tomadas em uma malha de amostragem aproximadamente regular ou quase-regular, de modo que cada amostra represente um volume ou área semelhante dentro do corpo

de interesse”. Afirmam, ainda, que “se as amostras não são representativas, erros serão introduzidos e enviesarão a estimativa final de recursos”.

Rossi & Deutsch (2014) destacam que devem ser identificados importantes informações durante a coleta das amostras em campo, tais como:

- localização de furos, trincheiras e amostras;
- tipo de furo utilizado: circulação reversa, sondagem diamantada;
- equipamento utilizado;
- condições de amostragem: fraturamento, nível d’água;
- procedimentos de coleta de amostras;
- recuperação do testemunho por intervalo amostral; e
- programa de QAQC.

Considerando os altos investimentos para o início de uma operação mineira, Sinclair & Blackwell (2002) destacam que a estimativa de teores e o posicionamento do minério (recurso *in situ*) deve ser conhecida com um grau aceitável de confiança, especialmente em grandes depósitos de baixos teores e de metais preciosos, para adequação dos níveis de lucratividade e produtividade. Compreender o equilíbrio entre a avaliação de recursos, planejamento de mina e controle de teor é o desafio para a eficiência das operações e, caso algum fator desestabilize o equilíbrio, todo o empreendimento pode estar em risco. Os autores definem como Inventário Mineral, a “quantificação formal dos materiais de ocorrência natural, estimados por uma variedade de procedimentos baseados empírica e teoricamente”. Portanto, o inventário é mais que simplesmente o agrupamento de dados coletados e informações obtidas, pois há definições de critérios para que as avaliações de recursos sejam consolidadas, além de determinação de erros e incertezas associadas. Destacam também a importância e necessidade de execução de procedimentos de alta qualidade na coleta de dados baseados nas teorias de amostragem e QAQC, bem como procedimentos eficientes para garantir a alta qualidade do processo.

Parish (1990) (apud SINCLAIR & BLACKWELL, 2002) comenta que auditorias realizadas em dados geológicos e analíticos dão a credibilidade quanto à qualidade dos dados e as metodologias utilizadas na aquisição e a consequente confiabilidade geral das estimativas reportadas. O auditor, durante a análise das evidências, garante

(ou não) que altos padrões profissionais foram mantidos na(s) tomada(s) de decisão e que a prática aceitável pela indústria mineral foi seguida para chegar a uma estimativa de recurso / reserva declarados.

CIM (2019) destaca que um banco de dados geológico é o registro de todos os dados coletados ao longo do histórico de trabalho de uma jazida mineral e compreende a coleta, verificação, registro, armazenamento e processamento dos dados geológicos e técnicos primários relevantes que formam a base crítica necessária para a estimativa dos recursos minerais. Deve conter todas as informações disponíveis para apoiar as interpretações geológicas atuais e modelagem, ser acessível e confiável, com sistematização da aquisição de observações geológicas de mapeamento de campo, perfuração e fotografia de testemunho, armazenado de maneira organizada. Consiste em dois tipos de dados:

- dados primários: obtidos por observação ou medição física direta (exemplos: atributos geológicos, resultados de ensaios, dados de levantamento de furos de sondagem, intemperismo, fotografias etc.); e
- dados interpretados: derivações ou interpretações baseadas nos dados primários (exemplos: seções e projeções geológicas, correlação de intervalos mineralizados, compósitas, domínios de estimativa).

CIM (2019) recomenda, ainda, que os bancos de dados devem incluir informações sobre:

- localização e orientação da boca do furo de sondagem, comprimento, diâmetro, medidas de desvio do furo;
- dados geológicos (litologia, mineralogia, estilo de mineralização, alteração, estrutura etc.), topográficos, geofísicos, geotécnicos, geoquímicos, geometalúrgicos;
- tipos de amostra, métodos de preparação e análise, resultados analíticos, QAQC; e
- dados de ensaios de determinação de densidade.

O Quadro 12 relaciona os dados mínimos de localização, geologia e amostragem utilizados para a estimativa de recursos minerais, segundo San Martin (2020), renomado consultor de grandes empresas de mineração norte-americanas.

Tipo de dado	Nome da tabela	Nome do campo	Descrição	
Chaves primárias		<i>Hole-ID</i>	<ul style="list-style-type: none"> Identificação de cada furo, deve ser consistente em toda a base de dados 	
		De (<i>From</i>)	<ul style="list-style-type: none"> Início do intervalo, da profundidade zero da boca do furo 	
		Até (<i>To</i>) Profundidade (<i>Depth</i>)	<ul style="list-style-type: none"> Término do intervalo, até o final do furo Máxima profundidade do furo ou final do furo 	
Localização	<i>Collar ou Header</i>	X	<ul style="list-style-type: none"> Medida leste da coordenada 	
		Y	<ul style="list-style-type: none"> Medida norte da coordenada 	
		Z	<ul style="list-style-type: none"> Medida da elevação da coordenada 	
	<i>Survey</i>	Tipo do Furo (<i>Hole type</i>)	<ul style="list-style-type: none"> Tipo da perfuração – DD, RC, air core, trado etc. 	
		Dados adicionais	<ul style="list-style-type: none"> <i>Datum</i>, data de início, data de final, diâmetro do testemunho, detalhes. Todas as informações coletadas no boletim de sondagem durante a operação 	
		Profundidade (<i>Depth</i>) Azimute (<i>Azimuth</i>) Mergulho (<i>Dip</i>) Método Dados adicionais	<ul style="list-style-type: none"> Profundidade onde a medição foi realizada Ângulo de rotação (0° a 359,99°) Ângulo de inclinação (-90° a 90°) Metodologia de medição – instrumento equipamento Declinação magnética, azimute corrigido, executor etc. 	
Geologia	Litologia Alteração Mineralização Estrutura Geotecnia Fotografias	Múltiplos campos	<ul style="list-style-type: none"> Todas as informações coletadas sobre medidas e observações geológicas, variável por depósito mineral. Manter a consistência e padronização pelo uso de códigos e listas de escolha. 	
Amostragem	<i>Análises (Assay)</i>	ID da amostra	<ul style="list-style-type: none"> Identificação da amostra, valor único para todo o banco de dados 	
		ID do lote Lab	<ul style="list-style-type: none"> Identificação do grupo de amostras, vinculado ao sistema do laboratório 	
		Múltiplos campos	<ul style="list-style-type: none"> Valores dos resultados analíticos da <i>commodity</i> de interesse, preferencialmente o pacote completo de geoquímica, para permitir a análise detalhada do dado e identificar características da mineralogia, incluindo elementos deletérios 	
	<i>Densidade</i>	QAQC	Múltiplos campos	<ul style="list-style-type: none"> Crítico para confiança nos teores, deve incluir padrões, duplicatas e brancos.
		Densidade	Múltiplos campos	<ul style="list-style-type: none"> Medida da densidade do intervalo, com unidade de medida convencional
		Múltiplos campos	<ul style="list-style-type: none"> Todos os campos de apoio para calcular o valor da densidade 	

Quadro 12 – Dados essenciais para suportar a estimativa de recursos minerais

Fonte: San Martin (2020, tradução e adaptação nossa).

2.5.5. Gestão de dados geológicos

A discussão sobre sistemas e bancos de dados geológicos destinados ao setor mineral é bastante restrita na comunidade acadêmica. É possível encontrar documentos técnicos dos fabricantes de *softwares* e sistemas de gerenciamento de dados e artigos de profissionais atuantes nesta área, em *websites* e redes sociais, que

disponibilizam alguma literatura técnica, com viés comercial, em geral destacando os serviços incluídos nos seus produtos. Alguns poucos autores comentam aspectos teóricos simplificados sobre as bases de dados, dentro do contexto aqui discutido.

Antes de avançar na composição dos conceitos relacionados aos dados e informações, destaca-se uma expressão extremamente importante para o avanço do raciocínio:

EXCEL NÃO É BANCO DE DADOS!

O Microsoft Excel é um editor de planilhas produzido pela Microsoft para computadores que utilizam o sistema operacional Microsoft Windows, parte do Microsoft Office, com ferramentas de cálculo e de construção de tabelas. Apesar de existir possibilidade de relacionar dados e planilhas, não pode ser incluído no grupo de bancos relacionais, como SQL Server, Oracle, MySQL, dentre outros. Planilhas Excel não possuem trilhas de auditoria e recursos de controles e segurança necessários, de forma a garantir a integridade e confiança dos dados, tampouco permitem a execução de análises avançadas ou o armazenamento apropriado de grandes volumes de dados, dentre outras desvantagens. Muitas empresas consideram o Excel como banco de dados de forma equivocada.

Rossi & Deutsch (2014) discutem a importância da construção de um banco de dados de amostragem, estabelecido com cuidados relacionados à sua alimentação e manutenção – controles de transcrição manual, regras de consistência (valores impossíveis para presença de minerais, intervalos de amostragem e localização), compatibilização de dados históricos. Destacam que o programa de QAQC deve incluir procedimentos que indiquem as taxas de erro potenciais da inserção de dados no banco. A auditoria da base de dados deve verificar e aprovar todas as informações originais disponíveis, incluindo certificados de ensaios laboratoriais, dados de densidade, desvio dos furos, registros de descrição geológica e posicionamento da sondagem, sendo comum a verificação de 10% dos dados, com a taxa de erro de 1% (ou menor que) considerada aceitável.

Abzalov (2011) estima que centenas de milhares de amostras são coletadas pelas operações de mineração (de furos de sondagens, trincheiras, dados de superfície, controle de teor e amostragem da frente de lavra) anualmente. Estas amostras geram grande quantidade de dados, que precisam ser armazenadas em um banco de dados relacional. Destaca a importância da realização do controle de qualidade dos dados analíticos, que devem ser suportadas por centenas de amostras de QAQC, resultantes de inúmeros testes, agrupados por diferentes critérios. Enfatiza que os bancos de dados devem também armazenar metadados ou “dados sobre os dados” e todas as informações auxiliares adquiridas em campo (boletins dos empreiteiros de sondagem, observações dos geólogos de campo e dos laboratórios).

McManus (2017) discute pormenorizadamente a questão da qualidade dos dados na mineração, sobre a verificação e validação de dados, definições das estruturas relacionais, locais de armazenamento, sistemas de bancos de dados, propriedade, permissões e limites de confiança e questiona:

Qual o risco, sob os diferentes aspectos da qualidade de dados, que a empresa está disposta a permitir em seu negócio e qual é o perfil de risco de todas as pessoas que tocam esses dados? (MCMANUS, 2017).

Enfatiza que a aquisição de dados pode custar centenas de milhares a milhões de dólares e que, muitas vezes, o armazenamento e a qualidade dos dados são gerenciados por equipes técnicas não especialistas, colocando os investimentos em risco. O Quadro 13 sintetiza algumas das principais discussões deste autor.

Tópico	Características
Qualidade dos dados	<ul style="list-style-type: none"> Atividade ininterrupta de melhoria contínua.
Documentação	<ul style="list-style-type: none"> Documento formalizado com a descrição dos itens: <ol style="list-style-type: none"> quais são os riscos que a empresa está disposta a aceitar como ela se propõe a armazenar, validar e verificar os dados quais códigos e bibliotecas serão usados, o esquema ou <i>layout</i> do banco de dados como os dados serão preservados quem é/foi responsável pelos dados em momentos diferentes.

(cont.)

(cont.)

Documentação	<ul style="list-style-type: none"> Manter o documento atualizado, com versões que descrevem as mudanças nas responsabilidades, bem como mudanças no esquema de dados, armazenamento ou metodologias de <i>backup</i>. Ilustrar o processo com diagrama de fluxo
Dado Verificado x Validado	<ul style="list-style-type: none"> Dados válidos (ou validados) = dados que atendem a uma série de restrições e, portanto, tornam-se válidos. Dados verificados = dados que não são só válidos, mas são também checados para serem considerados verdadeiramente corretos.
Data Schema e a Biblioteca de Dados	<ul style="list-style-type: none"> Organização da estrutura relacional, biblioteca de dados (códigos, regras e listas de referência), arquitetura do sistema, com indicação tabelas e campos em um relatório de estilo ERD (<i>Entity Relationship Diagram</i>), formato de armazenamento e como as diferentes entidades (tabelas) se relacionam entre si.
Como escolher o sistema ideal	<ul style="list-style-type: none"> Avaliar a melhor opção para armazenamento de dados, de acordo com o porte do empreendimento, perfil dos usuários, objetivos, funcionalidades demandadas, segurança, rastreabilidade, usabilidade.
Competência	<ul style="list-style-type: none"> O(a) Profissional Qualificado(a) deve se dedicar a conhecer os dados e a qualidade dos dados, pois isso define a classificação.
Configurações	<ul style="list-style-type: none"> Ativar mecanismos de bloqueios de dados e práticas para restrição de erros, com verificação na entrada dos dados Definir perfis de usuários (administradores, editores, somente leitores), “Os sistemas inteligentes de banco de dados que bloqueiam dados, uma vez que alcançam um certo nível de qualidade, adicionam ainda mais segurança, para que o usuário sênior, com privilégios de edição, não possa alterar acidentalmente os dados bons e bloqueados, ao lidar com novos dados que não foram verificados e validados”.

Quadro 13 – Características de dados de qualidade na mineração

Fonte: McManus (2017).

Grande parte do conhecimento relacionado a este tema é proveniente da experiência de consultores e profissionais qualificados do setor mineral. San Martin (2020) comenta que é frequente a associação do termo banco de dados a: “corrompido, perdido, não confiável, incompleto, insuficiente, inadequado” e que aborrecimentos e desperdícios de tempo e dinheiro relacionados podem ser evitados.

Destaca que seus clientes lutam para construir seus bancos de dados geológicos, com o *software* disponível, sendo ainda, muito comum o uso do Microsoft Excel (que não considera um gerenciador de banco de dados, uma vez que o banco de dados geológico deve ser exclusivo para dados geológicos, serem adequadamente organizados, representativos, confiáveis, acessíveis, auditáveis e seguros). Para terem bancos de dados geológicos livres de erros, o autor recomenda que devem ser realizadas diversas etapas de verificação, tais como:

- galpão: checar sequências de intervalo, lacunas / sobreposições de intervalo, dados ausentes, desvios inconsistentes, discrepâncias de levantamento de coordenadas;

- laboratório: revisão dos dados de QAQC, troca de amostras, dados duplicados, verificações de valores de ensaio, unidades de medida, valores negativos, símbolos de limites de detecção, resultados pendentes; e
- plotagem dos dados em um *software* visualizador em 3D.

A qualidade dos resultados e decisões tomadas pela indústria mineral depende também da qualidade e da confiabilidade dos dados de entrada, como e onde os dados são armazenados e quais parâmetros de controles, validações e verificações. Para atender a esta demanda, recomenda-se, sempre que possível e viável, a utilização de *softwares*, plataformas e sistemas de informação e gestão, para evitar erros, negligência e fraudes. Idealmente, os dados adquiridos devem estar dispostos em um banco de dados estruturado e relacional, organizados em tabelas identificadas por registros indexados por uma chave primária e chaves estrangeiras que definem as diversas relações entre tabelas e asseguram a integridade dos dados.

De forma geral, espera-se que um sistema de gerenciamento de dados contemple as demandas de segurança, confiabilidade e rastreabilidade das boas práticas recomendadas pelos instrumentos internacionais.

2.6. QAQC (QUALITY ASSURANCE | QUALITY CONTROL)

Avançando na contextualização dos problemas em foco, faz-se necessária a discussão dos primórdios do QAQC, até os principais conceitos e usos atuais. As práticas de garantia e controle de qualidade se originaram no ambiente fabril, desde a época da Revolução Industrial, quando havia necessidade de verificação de grande quantidade de produtos, compondo os primórdios dos sistemas de gestão de qualidade.

Abbott (2018) faz uma retrospectiva do início da aplicação do conceito na mineração, com breves notas técnicas relacionadas descritas por Peters (1987) e Pitard (1993) pré-Bre-X, sem menção ao termo QAQC, o que também foi feito por Scott & Whateley (1995), Bloom (2000) e outros autores. Destaca:

(...) procedimentos empregados para garantir que as amostras coletadas e os resultados analíticos obtidos fornecem dados

fidedignos e repetíveis que podem ser usados para modelar o depósito e estimar recursos e reservas minerais com graus aceitáveis de confiança. (ABBOTT, 2018).

Sinclair & Blackwell (2002) detalharam procedimentos para controle de qualidade analítica, com recomendações de abordagens para detecção de salgamento de amostras (*salting*), dentre elas o uso de duplicatas, furos gêmeos, visitas a campanhas de sondagem, dentre outras.

Long (2000) foi pioneiro em documentar e organizar material de cunho técnico sobre QAQC, um grande tratado denominado *Assay Quality Assurance - Quality Control Program for Drilling Projects at the Pre-Feasibility to Feasibility Report Level*, que discutiu em 60 páginas os itens listados no **ANEXO H**. As recomendações de Long (2000) permanecem atuais e válidas, devendo ser consultadas como fonte técnica estruturante pelos interessados no tema. Considera:

Garantia da Qualidade (QA) é a informação coletada para demonstrar e quantificar a confiança no dado analítico e o Controle de Qualidade (QC) os procedimentos usados para manter o nível de qualidade desejado na base de dados analítica. O QA pode, até certo ponto, ser adicionado tardiamente em um programa. O QC deve, por segurança, ser realizado em tempo real. (LONG, 2000).

Outro autor recomendado para consulta complementar destes e outros aspectos é Beaudry (2007) que publicou a obra "*Drill Core Sampling and Analysis Protocols*" (QAQC Manual).

Simon Mendez (2011) entende que, enquanto a garantia de qualidade (QA) visa prevenção de problemas, a finalidade do controle de qualidade (QC) é detectá-los e quando os erros ocorrem, com a necessidade de avaliação da extensão dos problemas detectados e execução de medidas apropriadas para minimizar seus efeitos. Um programa abrangente de QAQC deve monitorar vários elementos essenciais, em um esforço para controlar ou minimizar o(s) possível(is) erro(s) de medição nas etapas ilustradas na Figura 24.

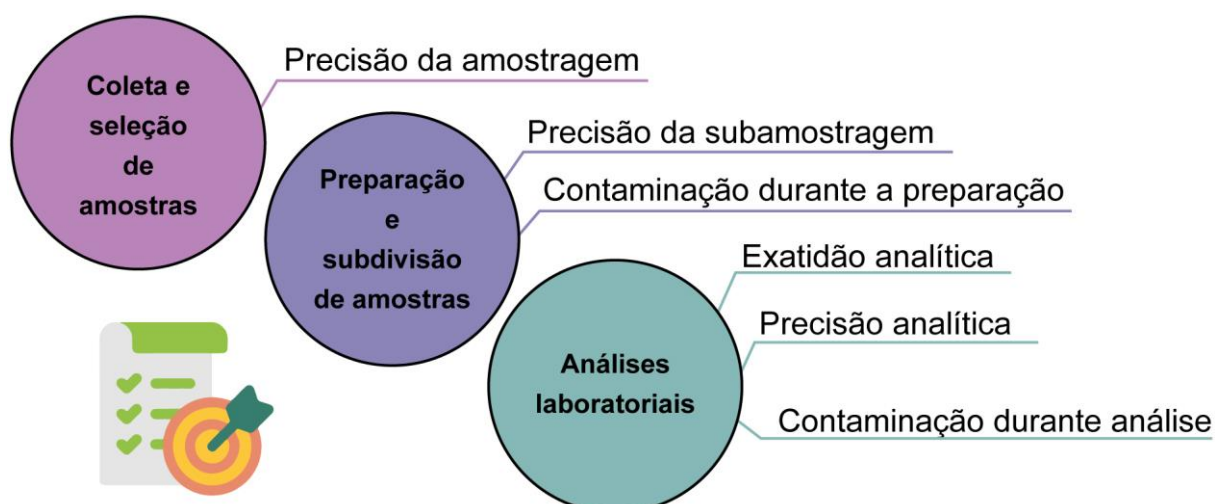


Figura 24 – Elementos essenciais do Programa de QAQC
 Fonte: Simon Mendez (2011, tradução e modificação nossa).

O “Guia de Boas Práticas” do CIM (2019) destaca a importância de agregar medidas de controle de qualidade em todo programa de coleta de dados, integrada ao protocolo analítico, e envolve a quantificação da exatidão e precisão das amostras, através de monitoramento sistemático, com identificação de fontes de erros em tempo hábil de tomada de ações corretivas, e constante revisão e avaliação do programa de QAQC. O Quadro 24 apresenta alguns dos conceitos relacionados mais adotados pela indústria, com base em Abzalov (2011) e Simon Mendez (2019).

Termo	Definição
Precisão	<ul style="list-style-type: none"> • Habilidade de repetir consistentemente os resultados de uma medição em condições de repetibilidade. Para determinar a precisão, há a necessidade da repetição de condições. Se as condições são alteradas, não é medida a precisão. Devem ser coletadas pela mesma equipe, submetidas ao mesmo laboratório de preparação, e enviadas no mesmo lote de análise. <ol style="list-style-type: none"> (1) Condição de repetibilidade – a repetição acontece simultaneamente, nas mesmas condições originais: igual procedimento de amostragem, feita pelas mesmas pessoas; igual procedimento de preparação, no mesmo local; igual procedimento de análise, no mesmo laboratório. (2) Condição de reprodutibilidade – a repetição não acontece simultaneamente, e as condições variam: outro procedimento de amostragem, ou feita por outras pessoas; outro procedimento de preparação, ou em outro local; outro procedimento de análise, ou em outro laboratório. • A precisão é uma medida de magnitude qualitativa, devendo ser indicada como: <ol style="list-style-type: none"> (1) baixa média alta precisão ou (2) precisão aceitável não aceitável. • Pior precisão se traduz em maior variabilidade. • A medida de precisão avalia o processo de subamostragem, preparação e análise, pela inserção de duplicatas.

(cont.)

(cont.)

Duplicatas	<ul style="list-style-type: none"> • Amostras tomadas após a redução de massa e granulometria, conforme etapas do processo (britagem primária e secundária, pulverização). • Avaliam a subamostragem, preparação e análise. • Devem ser coletadas pela mesma equipe, submetidas ao mesmo laboratório de preparação, e enviadas no mesmo lote de análise – e, portanto: para serem consideradas duplicatas, devem ser coletadas, preparadas e analisadas no mesmo lote das amostras originais.
Exatidão Acurácia	<ul style="list-style-type: none"> • Proximidade de uma medição a um valor “real” ou aceito como “apropriado” pela inclusão de amostras de controle com teores previamente conhecidos, preparados em condições especiais muito controladas e analisadas em laboratórios de reconhecida reputação. • A exatidão é uma medida de magnitude qualitativa, e deve ser indicada como de baixa média alta exatidão ou exatidão aceitável não aceitável. • Para determinação da exatidão em outro laboratório (externo), preparar lotes com amostras de checagem.
Material de referência padronizado (“padrão”)	<ul style="list-style-type: none"> • Materiais com características conhecidas e propriedades bem determinadas, utilizados na calibração de equipamentos e controle de exatidão das análises químicas dos laboratórios envolvidos, através da comparação do valor medido e o valor considerado real, indicado no certificado. • Deve-se inserir os padrões anonimamente no fluxo analítico. • Utilizar materiais de natureza similar ao que será avaliado, de concentrações variadas (baixo, médio, alto teores). • A melhor prática é preparar padrões de material mineralogicamente semelhantes ao estudado, chamados de padrões de correspondência de matriz.
Contaminação	<ul style="list-style-type: none"> • Transferência involuntária de material de uma amostra ou do meio circundante a outra amostra. • A identificação de contaminação é feita pela introdução de materiais isentos de elementos com interesse de avaliação, ou com valores desprezivelmente baixos, geralmente abaixo dos limites de detecção, inseridos de forma anônima no fluxo analítico, posicionado preferencialmente depois de amostras mineralizadas, principalmente em zonas de altos teores. • Para melhor avaliar a contaminação da etapa de preparação de amostras, o material deve ter o mesmo aspecto das amostras de rotina e que não contenha o elemento de interesse, introduzido durante a amostragem, antes do envio ao laboratório de preparação, principalmente se for laboratório externo. • A medida de contaminação avalia o processo de preparação.
Branco	<ul style="list-style-type: none"> • Material com aspecto similar ao das amostras de rotina, que não contenha o elemento de interesse (estéril), introduzido durante a amostragem, posicionado preferencialmente depois de amostras mineralizadas, utilizados para avaliar a contaminação durante a preparação. • Em laboratórios terceirizados, este material deve ser introduzido no lote antes do envio das amostras. • Também é possível fazer o controle da britagem e pulverização, com a inserção de material britado/pulverizado constituído essencialmente por quartzo. • Se os brancos forem inseridos na primeira posição do lote/turno, não é considerado parte do programa de QAQC, utilizado apenas com a função de limpeza.
Amostra gêmea	<ul style="list-style-type: none"> • A outra metade do testemunho amostrado, indicada principalmente para avaliar a qualidade da amostragem e, indiretamente, a homogeneidade de mineralização. • A fim de assegurar condições de repetibilidade, a amostra original e a amostra gêmea devem ser coletadas pela mesma equipe, submetidas ao mesmo laboratório de preparação, e enviadas no mesmo lote de análise.
Amostras de check	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizadas para avaliação de precisão de laboratórios interno e externos, de rotina e secundário.
Furos gêmeos	<ul style="list-style-type: none"> • técnica tradicional usada para verificação da continuidade dos teores de mineralização e heterogeneidade, controles de descrição geológica / litologia, desvios de trajetória, validação de intervalos amostrais e campanhas anteriores.
Controle de granulometria	<ul style="list-style-type: none"> • Determinação do percentual de massa de fragmentos de dimensão inferior ao tamanho de cominuição especificado, realizada em amostras de controle, logo após as etapas de britagem e pulverização.

(cont.)

(cont.)

Controle de massa	<ul style="list-style-type: none"> Determinação de percentual de massa não recuperada, realizada em amostras de controle, logo após as etapas de britagem e pulverização.
Lote analítico	<ul style="list-style-type: none"> Conjunto de amostras originais e amostras de controle, submetidas à preparação física e reduzidas a alíquotas de material pulverizado, enviado para análises químicas no mesmo fluxo analítico, no mesmo laboratório e no mesmo momento.
Rejeitos de amostras	<ul style="list-style-type: none"> Material submetido à preparação física, devolvida para arquivamento. O material britado ou pulverizado é considerado íntegro se estiver perfeitamente identificado e embalado, sem indícios de contaminação ou perda de material. Outras nomenclaturas: arquivo de amostras reserva, contra-provas.

Quadro 14 – Definições sobre QAQC e ferramentas de controle

Fonte: Long (2000), Abzalov (2011) e Simon Mendez (2019), organizados e complementados pela autora.

O monitoramento do controle de qualidade é conseguido através da inserção (aleatória ou não) de várias amostras de controle, cada uma delas com um propósito particular no protocolo, indicadas no Quadro 15.

Parâmetro	Objeto da avaliação	TIPO	Ferramenta de controle
Precisão	<ul style="list-style-type: none"> Amostragem 	DUPC	Duplicata de campo
	<ul style="list-style-type: none"> Preparação (Cominuição e Divisão) 	DUPPR	Duplicata de material britado
	<ul style="list-style-type: none"> Análise química 	DUPAN	Duplicata de material pulverizado, mesmo lote
	<ul style="list-style-type: none"> Análise química 	REPL	Replicata Reanálise do mesmo sachê
	<ul style="list-style-type: none"> Avaliação do Laboratório 	CHECKINT CHECKEXT CHECKARB	Duplicata de outro lote – de todas as granulometrias Duplicatas enviadas para <i>check</i> externo Duplicatas enviadas para <i>check</i> externo, em laboratório árbitro
Exatidão Acurácia	<ul style="list-style-type: none"> Análise química 	MR-0X	SRM (<i>Standard Reference Material</i>): adquiridos no mercado CRM (<i>Certified Reference Material</i>): preparados para o projeto
Contaminação	<ul style="list-style-type: none"> Amostragem 	BLPC	Branco de projeto campo
	<ul style="list-style-type: none"> Preparação 	BLPR	Branco de preparação
	<ul style="list-style-type: none"> Análise química 	BLAN	Branco analítico

Quadro 15 – Objetivos da inserção e tipos de ferramentas de controle | QAQC

Fonte: Long (2000), Abzalov (2011) e Simon Mendez (2019), organizados e complementados pela autora.

Além da inserção de amostras de controle em lotes de preparação de amostras e análises laboratoriais, há uma outra técnica bastante utilizada pela indústria, que são os furos gêmeos. Seu uso é indicado no item de verificação das amostras e análises da *Table 1* do Código JORC (2012) e no “Guia de Boas Práticas de Exploração” do CIM (2018). O “Guia CBRR” (2016) indica, no critério de avaliação de validação, que a coleta de amostras independentes pode incluir furos gêmeos.

Abzalov (2009) destaca algumas práticas observadas sobre os furos gêmeos:

Os furos gêmeos são normalmente perfurados a menos de cinco metros de distância e são melhor comparados de acordo com as unidades geológicas, amostras individuais ou compósitos de comprimento igual. A repetibilidade dos resultados analíticos e o enviesamento devem ser quantificados estatisticamente. (...) O número de furos gêmeos deve ser suficiente para uma análise estatística e geoestatística conclusiva. (...) isso muitas vezes pode ser alcançado por meio da perfuração de um número relativamente pequeno. No entanto, estudos especiais que requerem 20-30 orifícios gêmeos não são incomuns (ABZALOV, 2009, tradução nossa).

Abzalov (2011) discute que o número e a localização dos furos gêmeos, métodos de perfuração variam de acordo com os objetivos estudados, e destaca que:

É particularmente importante onde o projeto revisado é baseado em dados históricos que foram coletados sem procedimentos de controle de qualidade de amostragem rigorosamente aplicados, ou onde a documentação de QAQC relevante está faltando. (...) Devem ser localizados o mais próximo possível dos furos originais para minimizar os efeitos da variabilidade de curto alcance nas variáveis estudadas. (...) Onde o viés de dados históricos foi comprovado, os dados de furos gêmeos podem ser usados para quantificação desse viés. (ABZALOV, 2011, tradução nossa).

Os furos gêmeos são planejados, principalmente, de acordo com os objetivos de validação de campanhas de sondagem e amostragem anteriores, do legado histórico, tais como:

- continuidade dos teores de mineralização e heterogeneidade;
- confirmação de controles de descrição geológica / litológica e validação de Intervalos amostrais; e
- desvios de trajetória do furo.

Também é muito comum a realização de furos gêmeos em auditorias de recursos, *Due Diligences* e estudos de 3ª parte por potenciais interessados no prospecto antes de aquisições de empresas e projetos.

Simon Mendez (2011) revisou e compilou trabalhos de diversos consultores internacionais sobre as recomendações das quantidades, proporções e frequências de inserção das amostras de controle e sintetizou estes estudos, sumarizados no Quadro 16.

Fonte	Detalhes	Proporção sugerida de amostras de controle
Rogers (1998)	<ul style="list-style-type: none"> Duplicatas, SRMs, brancos: 1:20; cheques externos: 5% 	Aproximadamente 20 %
Vallée (1998)	<ul style="list-style-type: none"> 10% duplicatas + SRMs, “um pouco menos” para amostra de rocha (?). 	Aproximadamente 15 % (?)
Neuss (1998)	<ul style="list-style-type: none"> 2-5% duplicata de campo, 2-5% duplicata grossa, 2-10% duplicata de pulverizado interna, 5-10% duplicata de pulverizado externa, 1 SRM e 1 branco por lote 	Aproximadamente 19 a 25 %
Long (1998, 2000)	<ul style="list-style-type: none"> 5% duplicata grossa, 5% duplicata de pulverizado, 5% SRMs, 1 branco por lote (aprox. 3%); cheque analítico: 3% duplicata de pulverizado 	Aproximadamente 21 %
Sketchley (1999)	<ul style="list-style-type: none"> Em um lote de 20 amostras: 1 branco, 1 SRM, 1 duplicata; Todas as duplicatas de pulverizado devem ser reanalisadas para cheque de laboratório 	Aproximadamente 20 %
Bloom (1999)	<ul style="list-style-type: none"> Em um lote de 20 amostras: 1 branco, 1 SRM, 1 duplicata; Enviar 1:10 amostras de pulverizado para um laboratório arbitro. 	Aproximadamente 20 %
Lomas (2004)	<ul style="list-style-type: none"> Em um lote de 20 amostras: 1 branco, 1 SRM, 1 duplicata grossa e 1 duplicata de pulverizado; 5% das amostras de pulverizado devem ser reanalisadas para cheque de laboratório (incluindo SRMs). 	Aproximadamente 25 %

Quadro 16 – Sugestões de consultores sobre a inserção de amostras de controle
Fonte: Simon Mendez (2011, tradução nossa).

Beaudry (2007) foi o único autor encontrado que segmentou a porcentagem de amostras de controle de acordo com a fase em que o projeto se encontra (Quadro 17). Quando em estágios iniciais, áreas *greenfield*, são aceitáveis menores quantidades, sendo acrescentadas à medida que o projeto avança.

Tipo	Estágio I	Estágio II	Estágio III
Padrões	2%	2%	5% ou 1:20
Branco	2%	2%	5% ou 1:20
Cheque analítico de pulverizado	5%	5% das amostras mineralizadas	5 a 10% das amostras mineralizadas
Britado grosso	Opcional	>= 5%	> = 5% inicialmente até 55 amostras coletadas, depois 1%
Replicatas de pulverizado	Opcional	>= 5%	> = 5% inicialmente até 55 amostras coletadas, depois 1%
Duplicata de testemunho	Opcional	Opcional	Opcional, 2-5% inicialmente até 55 amostras coletadas, depois 1%
Rejeito ou Pulverizado PSA	Opcional	>= 5%	> = 5% inicialmente até 30 amostras mostrarem PSA é aceitável, depois 1%.

Quadro 17 – Inserção recomendada de amostras de controle para os estágios dos projetos
PSA = *Particle Size Analyses*, análise do tamanho da partícula
Fonte: Beaudry (2007, tradução nossa).

A síntese sobre a quantidade de amostras de controle a serem inseridas, tipos e limites de aceitação, disponibilizada e adotada por Simon Mendez (2019) é indicada no Quadro 18.

Amostras de controle	Tipo de Amostra	Laboratório	Frequência de Inserção	Controle	Limite de Aceitação
Branco (4%)	Branco Grosso*	Primário	2% (1:20)	Contaminação (*)	2 a 3x dos limites de detecção do elemento, a variar com a concentração do elemento e o método analítico. A falha ocorre se os valores ultrapassarem a tolerância 80% do tempo.
	Branco Fino**	Primário e secundário	2% (1:20)		3 a 5x
Duplicatas (6%)	Amostras Gêmeas*	Primário	2% (1:20)	Precisão (**)	Erro relativo de 30% para 10 % dos pares de amostras
	Duplicatas de Britagem*	Primário	2% (1:20)		Erro relativo de 20% para 10 % dos pares de amostras
	Duplicatas de Pulverização**	Primário e secundário	2% (1:20)		Erro relativo de 10% para 10 % dos pares de amostras
MRs Materiais de referência (6%)	MR alto teor	Primário e secundário	2% (1:20)	Exatidão do laboratório primário	Bom: Viés < 5% Questionável: Viés entre 5% e 10% Inaceitável: Viés > 10%
	MR médio teor		2% (1:20)		
	MR baixo teor		2% (1:20)		
Controles Externos (4%)	Controles Externos	Secundário	4% (1:40)	Exatidão pelo laboratório externo	
TOTAL DE AMOSTRAS DE CONTROLE			20%		

Quadro 18 – Inserção recomendada de amostras de controle de qualidade laboratorial

(*) Alguns laboratórios usam cinco vezes a média das duas ou três amostras anteriores como um guia.

(**) Quando o teor diminui e se aproxima do limite de detecção, a precisão fica exponencialmente pior e não é correto assumir iguais níveis de erro aceitável para as duplicatas com teores altos para aqueles elementos que têm teores muito baixos. Utilizar tolerância delimitada pela linha $y=x$ para teores mais altos e pela hipérbole $y^2=m^2x^2+b^2$ para estes casos de baixos teores.

Fonte: Simon Mendez (2019).

2.6.1. Programa de QAQC

Segundo Abbott (2018), os Programas de QAQC

devem ser iniciados com a primeira amostra tomada no início da campanha de exploração e continuar ao longo de toda a vida do projeto, incluindo a fase de produção, para garantir que os dados

continuem sendo confiáveis e repetíveis. (ABBOTT, 2018, tradução nossa).

De acordo com Shaw et al. (2006), um Programa de Garantia de Qualidade (QA) compreende a elaboração de protocolos, que descrevem detalhadamente os métodos e procedimentos de amostragem, preparação de amostras, ensaios e análises, além de apresentar o protocolo de controle de qualidade (QC). Desta consideração, entende-se que, para a adequada avaliação de um Programa de QAQC é necessário o estabelecimento de procedimentos em todas as etapas de coleta de dados, com a forma e frequência de inserção de controles de qualidade, para garantia de repetibilidade da metodologia adotada em todo processo.

Long (2000) destaca que bom programa de QAQC deve monitorar a rotina da amostragem e preparação e desempenho do laboratório analítico para minimizar os erros nestas atividades bem como:

Prevenir a entrada de grandes erros na base de dados utilizada para a modelagem de recursos, demonstrar que variações amostrais e analíticas são pequenas e relativas à variabilidade geológica; e fornecer garantia de que a exatidão dos dados utilizados no modelo de recursos pode ser confirmada dentro de limites razoáveis, por outros laboratórios, testes metalúrgicos e, finalmente, pela produção da mina e usina. (LONG, 2000, tradução nossa).

François-Bongarçon (2003) segmenta o Programa de QAQC em três importantes ações:

- monitoramento: processos monitorados e controlados de forma proativa e detecção de qualquer desvio dos padrões de qualidade preestabelecidos;
- remediação: detecção de problemas em tempo hábil, para execução de ações preventivas, para que outros erros não sejam repetidos e haja correção das consequências; e
- informação: demonstração da credibilidade do projeto para partes interessadas, auditorias.

Abzalov (2011) destaca que o Programa de QAQC compreende o monitoramento da precisão e exatidão das amostras, com análise em tempo real e identificação das fontes de erros. Sintetiza naquele artigo diversos trabalhos

realizados sobre QAQC e amplia com suas considerações relacionadas. Enfatiza a importância de desenhar os procedimentos de preparação das amostras otimizados para cada mineralização estudada, de forma a equacionar o custo efetivo da coleta de amostras representativas, em qualidade suficiente para a avaliação do depósito, em um fluxograma. Recomenda compreender o erro fundamental da amostragem, plotado em nomográficos, para definir corretamente massa e tamanho das partículas em cada etapa de cominuição, bem como número de amostras para reduzir o erro. Reforça que o programa deve incluir o monitoramento da qualidade do laboratório interno através de checagem em laboratório externo, independente.

Dentre as muitas recomendações do “Guia de Boas Práticas em Exploração Mineral” do CIM (2018) sobre o Programa de QAQC, destacam-se:

O geocientista que supervisiona a preparação de amostras deve garantir que qualquer trabalho por funcionários, contratados ou consultores seja feito por pessoal treinado e competente e que os programas de QAQC e procedimentos de segurança apropriados sejam seguidos. Ao longo do processo de exploração mineral, o geocientista deve garantir que um Programa de garantia de qualidade (QA) esteja em vigor e que as medidas de controle de qualidade (QC) necessárias sejam implementadas para confirmar e documentar a exatidão e precisão dos resultados recebidos. Os programas de QAQC devem ser sistemáticos, aplicados a cada campanha de sondagem e a todos os tipos de dados, em toda a gama de valores medidos e não apenas em resultados altos ou incomuns. As auditorias dos métodos e procedimentos usados pelo laboratório primário devem ser realizadas periodicamente. Os programas de QAQC apropriados para o tipo de amostra e mineralização devem ser planejados e implementados como componentes integrais de um programa de exploração.

A divulgação completa dos resultados de QAQC dos programas de exploração em estágio inicial, estágio de descoberta e estágio de delimitação é recomendada. Os resultados do programa QAQC devem ser revisados e avaliados no recebimento para que quaisquer erros e discrepâncias possam ser resolvidos em tempo hábil. Em geral, um programa de coleta de dados deve ter medidas de controle de qualidade integradas ao protocolo analítico de amostragem-subamostragem normal.

Os programas de QAQC devem ser estruturados para incluir todos os atributos de classificação relatados na declaração de Recursos Minerais e devem incluir a avaliação de quaisquer elementos deletérios. (CIM, 2018, tradução nossa).

Importante formalizar e documentar os critérios de aprovação ou rejeição de um lote, em uma tabela lógica de falhas, como recomendado por Beaudry (2007), com uma descrição dos critérios de aprovação ou reprovação e as ações tomadas para lidar com os resultados que estão fora dos limites de aceitação. Deve ser construída para cada projeto, com base nos elementos essenciais e elementos críticos que possam ser esperados, uma lista de possibilidades de falhas, natureza, problemas diagnosticados, ações corretivas padronizadas, ações futuras que deverão ser realizadas para evitar ou resolver em definitivo, plano de acompanhamento e discussão sobre os riscos de projeto em não corrigir a falha, mecanismos de notificação à gerência e diretoria. Deve ser registrada, de forma sintética, a identidade do lote, o material de controle que falhou e a ação corretiva. Deve ser mantida e atualizada regularmente para registrar a evolução do programa.

Simon Mendez (2011) destaca as fases que a implementação de um Programa de QAQC na indústria mineral pode evoluir nas seguintes classes:

- inexistente: ausência de programa regular de QAQC;
- inadequado: quando precisão, exatidão ou contaminação foram parcialmente monitoradas, com seleção de amostras de controle muito limitada, procedimentos inadequados, e não tomadas ações de correção, quando necessárias;
- aceitável: quando precisão, exatidão e contaminação foram parcialmente monitoradas em tempo real, com seleção de amostras de controle incompleta, mas ainda razoável, usando procedimentos apropriados e tomadas algumas ações corretivas, quando necessárias; e
- excelente: quando precisão, exatidão e contaminação foram totalmente monitoradas, ao longo do tempo, com seleção abrangente de amostras de controle e procedimentos adequados, e tomadas ações de correção apropriadas, quando necessárias.

2.7. CLASSES DE RECURSOS E RESERVAS MINERAIS

Cada empresa de mineração utiliza sua própria técnica de classificação de recursos e reservas, que pode ter sido desenvolvida de forma híbrida e mesclada de vários métodos. Muitos autores estudam, discutem e publicam as diversas metodologias de classificação de recursos minerais, sob diversas perspectivas e linhas de estudo. Dentre os diversos pesquisadores mundo afora e dentre os métodos disponíveis e mais utilizados, são destacados no Quadro 19 e detalhados no **ANEXO I**, alguns dos mais relevantes identificados nesta pesquisa, por apresentarem *rankings*, sistemas de classificação, índices, *scores*, qualidade do dado e outros fatores, relevantes para a construção da metodologia proposta nesta pesquisa.

Método	Autor
Classificação de recursos por quantificação de incerteza <i>Resource classification by quantification of uncertainty</i>	Harry Parker, 1998 Stephenson & Vann (2001)
Sistema de classificação de confiabilidade de recursos <i>Resource Reliability Rating System (RRR)</i>	Dominy et al. (2002)
Índice de Qualidade da Amostragem <i>Sampling Quality Index (SQI)</i>	Shaw et al. (2006)
Classificação de Recursos Minerais <i>Mineral Resources Classification (MineReC)</i>	Souza et al. (2009)
<i>Balanced Scorecard Approach for Resource Classification</i> 15% + Scorecard	Dohm (2010) Parker & Dohm (2014)
Práticas adotadas em Relatórios NI 43-101	Silva & Boisvert (2014)
Sistema de Classificação de Recursos Minerais <i>Mineral Resource Classification System (MRCS)</i>	Duggan et al. (2017)
<i>Control-to-Quality (CTQ)</i>	Sans & Trotet (2010)

Quadro 19 – Métodos de classificação que utilizam parâmetros de qualidade da informação

Os códigos internacionais – como orientadores de boas práticas de mercado – não fazem recomendações específicas quanto à densidade de dados e informações, do espaçamento e malha de sondagens ou quaisquer outras métricas, nem definem formas de cálculo, estimativa ou de incerteza geológica associado às estimativas, tampouco.

A categoria em que o depósito é classificado (se como resultado de exploração, recurso ou reserva) é sempre variável conforme:

- 1) o grau de confiança das informações geológicas para o depósito mineral;
- 2) a quantidade e qualidade dos dados disponíveis, bem como sua interpretação; e

3) o nível de detalhamento técnico e econômico do projeto.

As principais classificações de recursos minerais adotadas no mundo, que usam o grau de (in)certeza de recursos como fator de diferenciação entre as classes, estão baseadas, principalmente, na confiança associada às estimativas e no espaçamento das amostras disponíveis (SOUZA, 2007).

Yamamoto (2001) recomenda a geoestatística como a ferramenta adequada que permite uma rápida e não tendenciosa identificação de categorias de recursos e reservas, destacando que a classificação deve sempre apresentar a medida de confiabilidade associada.

Saldanha (2020) discute características relacionadas à classificação por critérios geométricos (como espaçamento de sondagem, densidade de sondagem, raio a partir de sondagem) e métodos geoestatísticos (como alcance do variograma, variância da krigagem, simulação condicional, modelos de incerteza).

A Figura 25 apresenta a relação formal entre as classes de recursos e reservas, que deve ser utilizada em conjunto com as definições padronizadas (**ANEXO J**), definidas em todos os padrões. Esta figura já foi apresentada no capítulo sobre a evolução dos códigos, levemente diferente, e foi consolidada e posteriormente adotada globalmente com este visual pelos países membro do CRIRSCO em 2013 (caso do Brasil pelo Guia CBRR de 2016), sendo parte integrante de todos os códigos.



Figura 25 – Relação entre resultados de exploração, recursos e reservas minerais
Fonte: CBRR (2015).

3. CONSOLIDAÇÃO DA PESQUISA BIBLIOGRÁFICA REALIZADA

Adicionalmente às indicações de referências de maior relevância ao que concerne o tema da pesquisa, fez-se necessário destacar algumas das principais recomendações sobre os códigos internacionais, de forma a embasar as propostas vindouras com organização e interpretação.

3.1. GOVERNANÇA DA PADRONIZAÇÃO DE DECLARAÇÕES PÚBLICAS

A governança estabelecida para o processo de padronização dos instrumentos de declaração pública apresenta diversos *players*, a seguir descritos, com base em Ribeiro (2020) e JORC (2022).

Os **Comitês**, que podem ser **Nacionais** ou **Regionais** (como é o caso da Europa Ocidental e Australásia), são constituídos por diversas organizações-membro (organizações profissionais, da indústria, estatutárias, semigovernamentais, autoridades regulatórias, bolsas de valores), a depender do país, arranjo interno e forma de organização, conforme visualizado no item 2.3 e **ANEXO E**. Em alguns casos, os comitês são conhecidos por **NRO (*National Reporting Organization*)**. As NROs são responsáveis por:

- produzir e manter as diretrizes dos códigos de declaração para os países ou grupos de países, compatíveis com o ITR CRIRSCO;
- estabelecer o relacionamento com as entidades reguladoras do mercado financeiro (bolsas de valores, comissões de valores mobiliários) e entidades de profissionais (geólogos, engenheiros, outros); e
- definir regras para disciplina dos profissionais, com participação de entidades representativas e códigos de ética regimentares.

O Quadro 20 apresenta a listagem de Comitês, a versão mais recente do código vigente e as organizações-membro que os constituem.

Região / País	Comitê	Código	Ano	Organizações Membro	
África do Sul	South African Mineral Resource Committee	SAMREC	2016	CoM	Banking Association of South Africa
				CGS	Chamber of Mines of South Africa
				DMR	Council for Geoscience
				GASA	Department of Mineral Resources (+ the Minerals Bureau)
				GSSA	Geostatistical Association of South Africa
				IMSSA	Geological Society of South Africa
				IASSA	Institute of Mine Surveyors of Southern Africa
				JSE	Investment Analysts Society of South Africa
				LSSA	Johannesburg Stock Exchange Limited
				SAOGA	Law Societies of South Africa
				SAGC	Minerals Council of South Africa
				SAICA	South African Geomatics Council
				SAOGA	South African Institute of Chartered Accountants
				SAIMM	South African Oil & Gas Agency
				ECSA	Southern African Institute of Mining and Metallurgy
				FCSA	Engineering Council of South Africa (*)
SABAR	Financial Sector Conduct Authority (*)				
SACNASP	General Council of the Bar of South Africa (*)				
Australásia ⁹	Joint Ore Reserve Committee	JORC	2012	AIG	Australian Institute of Geoscientists
				AusIMM	Australasian Institute of Mining and Metallurgy
				MCA	Minerals Council of Australia
Brasil	Comissão Brasileira de Recursos e Reservas	CBRR	2015	ABPM	Associação Brasileira de Empresas de Pesquisa Mineral
				ADIMB	Agência para Desenvolvimento e Inovação do Setor Mineral Brasileiro
				IBRAM	Instituto Brasileiro de Mineração
Canadá	CIM MRMR Mineral Resource and Mineral Reserve Committee	CIM	2014	CIM	Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum
Cazaquistão	Kazakhstan Association for Public Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Mineral Reserves Union of Legal Entities	KAZRCA	2016	PONEN	The Professional Association of Independent Experts in Subsoil Use Public Association
Chile	Comisión Calificadora de Competencias en Recursos y Reservas Mineras (Comision Minera)	CM	2015	CM	Consejo Minero
				IIMCh	Instituto de Ingenieros de Minas de Chile
				SONAMI	Colegio de Geólogos de Chile A.G. Colegio de Ingenieros de Chile A.G. Sociedad Nacional de Minería

Quadro 20 – Comitês Regionais | Nacionais e Organizações Membros do CRIRSCO, com referente código, em sua versão mais recente

(cont.)

⁹ Austrália, Nova Zelândia, Papua Nova Guiné, Nova Caledônia e outras ilhas.

(cont.)

Região / País	Comitê	Código	Ano	Organizações Membro	
Colômbia	Comisión Colombiana de Recursos Y Reservas Minerales	CCRR	2018	ACM AIMC ASIMIN CPG FEDESMERALDAS FENALCARBON. SCG ASOGRAVAS EFG GSL IOM3 IGI FAMMP IMEB	<i>Asociación Colombiana de Minería</i> <i>Asociación de Profesionales del Sector Minero de Colombia</i> <i>Asociación de Ingenieros de Minas de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia</i> <i>Consejo Profesional de Geología</i> <i>Federación Nacional de Esmeraldas de Colombia</i> <i>Federación Nacional de Productores de Carbón</i> <i>Sociedad Colombiana de Geología</i> <i>Asociación Colombiana de Productores Agregados Pétreos de Colombia.</i> <i>European Federation of Geologists</i> <i>Geological Society of London</i> <i>Iberian Mining Engineers Board</i> <i>Institute of Materials, Minerals and Mining</i> <i>Institute of Geologists of Ireland</i> <i>Fennoscandian Association for Minerals and Metals Professionals</i> <i>Iberian Mining Engineers Board</i>
Europa ¹⁰	Pan European Resources and Reserves Reporting Committee	PERC	2021	SME GSI MEAI MGMI IAGI PERHAPI MPIGM	<i>Society of Mining, Metallurgy and Exploration</i> <i>Geological Society of India</i> <i>Mining Engineers' Association of India</i> <i>Mining Geological and Metallurgical Institute of India</i> <i>Indonesian Association of Geologist</i> <i>Indonesian Association of Mining Professionals</i> <i>Mongolian Professional Institute of Geosciences and Mining</i>
Estados Unidos	The Resources and Reserves Committee of The Society of Mining, Metallurgy and Exploration	SME	2017	SME	<i>Society of Mining, Metallurgy and Exploration</i>
Índia	National Committee for Reporting Mineral Resources and Reserves in India	NACRI	2019	GSI MEAI MGMI	<i>Geological Society of India</i> <i>Mining Engineers' Association of India</i> <i>Mining Geological and Metallurgical Institute of India</i>
Indonésia	Komite Cadangan Mineral Indonesia	KCMI	2017	IAGI PERHAPI	<i>Indonesian Association of Geologist</i> <i>Indonesian Association of Mining Professionals</i>
Mongólia	Mongolian Mineral Resources and Reserves Committee	MRC	2014	MPIGM	<i>Mongolian Professional Institute of Geosciences and Mining</i>
Rússia	National Association for Subsoil Examination	NAEN	2011	OERN	<i>Russian Society of Subsoil Use Experts</i>
Turquia	National Resources and Reserves Reporting Committee of Turkey	UMREK	2018	MIGEM MTA BDDK TBB SPK BIST TOBB	<i>General Directorate of Mining Affairs</i> <i>General Directorate of Mineral Research and Exploration</i> <i>Banking Regulation and Supervision Agency of Turkey</i> <i>The Banks Association of Turkey</i> <i>Capital Markets Board of Turkey</i> <i>Istanbul Stock Exchange</i> <i>The Union of Chambers and Commodity Exchanges of Turkey</i>

Quadro 20 – Comitês Nacionais e Organizações Membros do CRIRSCO, com referente código, em sua versão mais recente.

¹⁰ Inclui (mas não restringe) países da União Europeia e Espaço Econômico Europeu (*European Economic Area*), exclui Rússia e Turquia, que tem seus próprios padrões reconhecidos pelo CRIRSCO.

Em algumas jurisdições, Comitês e NROs atuam como **por (Recognized Professional Organization**, traduzido por **Organização Profissional Reconhecida**, ou **OPR**). Esta entidade de governança foi instituída em 2003, quando a ASX ampliou as disposições do código JORC e regras de listagem para entidades similares no mundo, que, para serem aceitas deveriam ter a mesma disciplina com seus membros. Esta iniciativa foi também responsável pela discussão da padronização, de forma a atender aos critérios do mercado financeiro. Também são citadas como **ROPO (Recognized Overseas Professional Organization)**, **PO (Professional Organization)** e **RFA (Recognised Foreign Association)**. O Quadro 21 apresenta as OPRs e nomenclatura dos títulos de suas classes de profissionais.

REGIÃO PAÍS COMITÊ	ORGANIZAÇÃO PROFISSIONAL	CATEGORIA PROFISSIONAL
ÁFRICA DO SUL SAMREC	ECSA	<ul style="list-style-type: none"> • Professional Engineer (Pr. Eng.) • Professional Certificated Engineer (Pr. Cert. Eng.) • Professional Surveyor • Professional Natural Scientist (Pr. Sci. Nat.) • Professional Surveyor • Fellow • Mine Surveyors Profess. Mine Surveyors • Fellow (FSAIMM)
	IMMSA SACNASP SAGC GSSA South Afr. Council for Profess. Technical Surveyors SAIMM	
AUSTRALÁSIA JORC	AIG	<ul style="list-style-type: none"> • Fellow (FAIG) • Registered Professional Geoscientist Fellow (FAIG RPGeo) • Member (MAIG) • Registered Professional Geoscientist Member (MAIG RPGeo) • Fellow FAusIMM • Fellow with Chartered Professional Design-tion - FAusIMM (CP) • Member with Chartered Professional Design-tion - MAusIMM (CP) • Chartered Professional Engineer (CPEng) • Chartered Professional Engineer (CPEng)
	AusIMM	
	IEA IPENZ	
CANADÁ CIM	Canadian Council of Professional Geoscientists Ordre des Géologues du Québec Ordre des Ingénieurs du Québec Assoc. of Professional: • Engineers of Nova Scotia Prince Edward Island Yukon Ontario • Engineers and Geoscientists of New Brunswick Alberta British Columbia Newfoundland Labrador Saskatchewan N.W.T and Nunavut Province of Manitoba • Engineers, Geologists and Geophysicists of the Northwest Territories • Geoscientists of Nova Scotia Ontario	<ul style="list-style-type: none"> • Professional Geoscientist (P. Geo.) • Professional Geologist (P. Geol) • Professional Geophysicist (P. Geoph) • Professional Engineer (P. Eng) <p>Members in training</p> <ul style="list-style-type: none"> • P. Geo. (limited), • P. Geo. (Temporary)
	CBRR	<ul style="list-style-type: none"> • Professional Qualificado (PQ)
CAZAQUISTÃO PONEN	Professional Society of Independent Experts in Subsoil Use of the Republic of Kazakhstan	<ul style="list-style-type: none"> • Fellow or Professional Members
CHILE CM	Comision Minera	<ul style="list-style-type: none"> • Membro Registrado
COLÔMBIA CCRR	CCRR	<ul style="list-style-type: none"> • Membro Registrado

(cont.)

(cont.)

EUROPA REINO UNIDO	EFG	<ul style="list-style-type: none"> • European Geologist (EurGeol) • Chartered Geologist (CGeol) • Chartered Scientist (CSci) • Professional Geologist (PGeo)
	GSL	<ul style="list-style-type: none"> • Member (MIMMM) • Fellow (FIMMM)
	IGI	<ul style="list-style-type: none"> • Chartered Scientist (CSi MIMMM) • Chartered Engineer (CEng MIMMM)
PERC	IOM3	<ul style="list-style-type: none"> • Member
ESTADOS UNIDOS	FAMMP IMEB	<ul style="list-style-type: none"> • Certified Professional Geologist (CPG)
	AIPG	<ul style="list-style-type: none"> • Qualified Professional (QP)
	MMSA	<ul style="list-style-type: none"> • Registered Member (RM SME)
SME	SME	
ÍNDIA	GSI MEAI	<ul style="list-style-type: none"> • Registered Competent Person
NACRI		
INDONÉSIA	PERHAPI	<ul style="list-style-type: none"> • Registered Competent Person
	IAGI MGEI	<ul style="list-style-type: none"> • Member
KCMI		
MONGÓLIA	MPIGM	<ul style="list-style-type: none"> • Fellow and Registered Professional Members
MRC		
RÚSSIA	OERN	<ul style="list-style-type: none"> • Expert
NAEN		
TURQUIA	YERMAN	<ul style="list-style-type: none"> • Professional Member (PM-YERMAM)
UMREK		

Quadro 21 – Organizações Profissionais Reconhecidas (OPRs) e categorias profissionais
 Fonte: Organizado e atualizado pela autora, com pesquisa nos *websites* das NROs e OPRs.

3.2. ELEMENTOS DE PADRONIZAÇÃO DOS CÓDIGOS

A Figura 26 ilustra a interação entre os principais elementos relacionados no processo de declaração, que, utilizados de forma padronizada e integrada, garantem o sucesso de sua aplicação – que é a orientação para preparar as declarações e relatórios - e que serão descritos nos itens deste capítulo.



Figura 26 – Interação dos elementos da declaração

3.2.1. Componentes dos códigos

Em geral, os códigos adotam organização similar de itens, conceitos e formatos¹¹ aos que são elencados no Guia CBRR (CBRR, 2016) e no ITR (CRIRSCO, 2019), quais sejam:

- **Termos padronizados e definições** (item 3.2.2 e **ANEXO J**): frases e palavras importantes destacadas, que garantem consistência no uso:
 - **Cláusulas**: requerimentos, critérios e diretrizes para declaração pública e como devem ser atingidos; e
 - **Interpretações**: auxílio e diretrizes aos leitores na aplicação das cláusulas e definições;
- **Princípios**: materialidade, transparência, competência (item 3.2.3);
- **Figura do sistema de classificação adotado** (Figura 25);
- **Tabelas**:
 - *Table 1* - Lista de critérios de avaliação e declaração (item 3.5.4); e
 - Níveis de precisão do estudo para estimativas de custos operacionais e de capital.
- **Anexos**:
 - Código de ética / Regras de conduta / Diretrizes;
 - Listas das Organizações Profissionais Reconhecidas - OPRs;
 - Termos gerais e equivalentes / Glossários / Siglas;
 - Formulários e certificados de competência / Exemplos;
 - Declaração de conformidade / Exemplos;
 - Formatos das declarações públicas / Sumário (item 3.5); e
 - Planilha Excel, para demonstração de atendimento da lista de critérios (*Table 1*).

As intenções e esforços dos países membros do CRIRSCO estão direcionadas para manterem a linha-mestra, que divergem em algumas poucas particularidades. Existem cláusulas e anexos dedicados exclusivamente a recomendações de questões específicas e regionais que devem ser consideradas, pormenorizadas em alguns códigos, tais como orientações para:

¹¹ Em geral, as definições são identificadas nos textos originais em **negrito** e podem ser também destacadas em textos **sublinhados**, se estiverem contidas em outras definições. As cláusulas são indicadas em fonte de texto regular. As interpretações são apresentadas em *itálico*.

- carvão;
- diamantes e outras gemas;
- esmeralda;
- minerais Industriais;
- matérias-primas para cimento e construção;
- rochas ornamentais;
- outras matérias-primas minerais;
- enchimentos mineralizados, remanescentes, pilares, mineralização de baixo teor, pilhas de estoque, depósitos e rejeitos (materiais remanescentes);
- minerais extraídos por métodos de lavra em solução aquosa; e
- minerais extraídos de salmouras líquidas.

3.2.2. Termos e definições

As definições e categorias para as quais uma estimativa de recursos minerais ou reserva mineral é atribuída foram consolidadas no IRT CRIRSCO (versão 2019) e são indicadas na íntegra **ANEXO J**, descritas na Figura 27.

Os códigos dos países membro do CRIRSCO usam definições idênticas ou não materialmente diferentes das definições indicadas.



Figura 27 – Termos padronizados do ITR CRIRSCO
Fonte: CRIRSCO (2019, tradução nossa).

O Quadro 22 sintetiza a avaliação de todos os instrumentos de padronização, com o intuito de contribuir com os leitores para a indicação de quais dos elementos e componentes relacionados estão contemplados em quais cláusulas.

A primeira coluna relaciona todos os 33 tópicos encontrados em todos os instrumentos. A segunda coluna é destacada para efeito de comparação com o IRT Template (2019). As demais colunas apresentam os 17 instrumentos e padrões internacionais avaliados, em ordem temporal decrescente.

A célula de cruzamento entre as linhas e colunas indica como cada um dos itens padronizados é atendido por cada código, com o destaque do número e intervalos das cláusulas.

Destaca-se que os instrumentos com publicação mais recente contemplam, cada vez mais, a maior parte dos tópicos possíveis, com adaptações pontuais para particularização regional, tal como o Guia PERC (2021).

A integração dos componentes relacionados no Quadro 22 indica a robustez adquirida pela evolução da padronização dos instrumentos internacionais.

Tópico	IRT Template (2019)	EUROPA	ÍNDIA	COLÔMBIA	ESTADOS UNIDOS			TURQUIA	INDONÉSIA	ÁFRICA DO SUL	BRASIL	CAZAQUISTÃO	CHILE	MONGÓLIA	AUSTRALÁSIA	CANADÁ	RÚSSIA	
		PERC CODE (2021)	IMIC Code (2019)	ECRR (2018)	SME Guide (2017)	IG 7 (2016)	S-K 1300 (2018)	UMREK Code (2017)	KCMI Code (2017)	SAMREC Code (2016)	CBRR Guide (2016)	KAZRC (2016)	CH 20235 (2015)	MRC Code (2014)	JORC Code (2012)	CIM Definitions Standards (2014)	NI 43-101 (2011)	NAEN Code (2011)
Prefácio	(*)	(*)		1	I-v		1	1	1	1	1	1	(*)	1	1	(*)	1	
Introdução	1.1-1.10	1.1-1.9		2-3	1-3		(*)	2-3	2-3	2	2	2	1-5;7	2	2-3		2-3	
Escopo	2.1-2.23	2.1-2.36	1-5	4-8	4-7		(*)	4-8	4-7	3-6	3-6	3-7	8-9	3-7	4-8	(*)	4-6	
Competência e Responsabilidade	3.1-3.12	3.1-3.17	6-9	9-11	8-16		(*)	9-11	8-10	7-11	7-10	8-11	10-11	12-16	9-11	(*)	(*)	7-9
Terminologia para Declaração Pública	4.1-4.9	4.1-4.11	10-14	12-18	17-30		(*)		11-15	12-19	11-16	12-16	12-15	8-11	12-17	(*)	(*)	10-11
Declaração de Potencial Exploratório	5.1-5.6	5.12-5.19	15		31-32				21-23					17				
Declaração de Resultados de Exploração	6.1-6.9	5.1-5.11	16-18	19-21	33-34		(*)		16-18	20	17-20	17-20	16	18-20	18-19			12
Declaração de Recursos Minerais	7.1-7.23	6.1-6.22	19-27	22-29	35-40		(*)	20-28	19-27	24-34	21-29	21-29	20-25	21-29	20-28	(*)		13-20
Declaração de Reservas Minerais	8.1-8.23	7.1-7.27	28-34	30-37	41-48		(*)	29-38	28-35	35-43	30-36	30-36	26-29	30-36	29-36	(*)		21-28
Estudos Técnicos	9.1-9.9	8.1-8.8	35-38	38-40	49-52		(*)	39-42	36-39	44-47	37-39	37-40	17-19	37-40	37-40	(*)	(*)	
Declaração de Metal Equivalente	10.1-10.5	9.1-9.5		50				61		74		52		52	50			
Preço de Commodity e Mercado	11.1-11.5	10.1-10.5			53-57						40-43						(*)	
Licenças e autorizações legais	12.1-12.8	11.1-11.8			58-60		(*)				44-45							
ESG	13.1	12.1-12.3			61						46							
Lista de verificação de critérios de avaliação e declaração	Tabela 1	Tabela 1	Tabela 1	Tabela 1	Tabela 1			Tabela 1	Tabela 1	Tabela 1	Tabela 1	Tabela 1	Apêndice 1	Tabela 1	Tabela 1			Tabela 1
Orientação para estudos técnicos	Tabela 2	Tabela 2	Tabela 2	(*)							Tabela 2	Apêndice 1	Apêndice 2					
Termos genéricos e equivalentes lista de acrônimos glossário	Apêndice 1	Apêndice 10	A1	A1	Apêndice B		(*)	Apêndice 1	Apêndice 1	(*)	A1		Apêndice 3		Apêndice 4		(*)	
Certificado de profissional qualificado formulários de consentimento	Apêndice 2	Apêndice 11	Apêndice 2 4		Apêndice C E			Apêndice 2		Apêndice 2					Apêndice 2		(*)	A1
Declaração de preenchimento mineralizado, pilares, mineralização de baixo teor, estoques, depósitos e rejeitos	Apêndice 3	A1.1-A1.7	39	41	62			43	40		47	41		41	41			
Declaração de carvão	Apêndice 4	A2.1-A2.7	40-42	42-44	63-67			44-47	41-43	48-59	55-57	42-44		42-44	42-44	(*)		
Declaração de diamante e outras gemas	Apêndice 5	A3.1-A3.12	43-46	45-48	72-76			48-51	44-47	60-72	50-54	45-48		45-48	45-48	(*)		30
Declaração para minerais industriais, matérias-primas para cimento e matérias-primas de construção	Apêndice 6	A4.1-A4.12	47-48	49	68-71			52-59	48	73	48-49	49-50		49-50	49	(*)		31
Declaração para rocha ornamental	Apêndice 7	A5.1-A5.16						60										32
Declaração para folhelhos betuminosos e outros minerais de energia extraídos por métodos de lavra		A6.1-A6.9																
Declaração para minerais metálicos ou não metálicos extraídos por métodos de lavra por solução aquosa		A7.1-A7.9																
Divulgação de estimativas de rejeitos de mineração e outros rejeitos de valor potencialmente econômico		A8.1-A8.11																
Divulgação de estimativas declaradas anteriormente		A9.1-A9.2																
Critérios de Sumário Tabela de Conteúdo					Apêndice D		(*)	38		Apêndice 1							(*)	
Regras de conduta											Apêndice 2		Apêndice 4					
Declaração de Compliance			Apêndice 3	Apêndice 2				Apêndice 3		Apêndice 3					Apêndice 3			
Notas históricas			(*)	(*)	Apêndice H		(*)						2-4					
Lista de Organizações Profissionais Reconhecidas (OPR)					Apêndice A			Apêndice 4			A3	A2				(*)		
Outros temas				51	77-80		(*)	(*)	62-66		58	51		51	51	(*)	(*)	29

Notas: (*): o item é descrito no texto, mas não há cláusula indicada | 1-n (Cláusula 1 até n) | A1.1-A-z.z (Apêndice 1-z)

Quadro 22 – Comparação entre os componentes dos códigos internacionais

3.2.3.Princípios

Todos os códigos baseiam-se em três princípios de fundamental importância, ilustrados na Figura 28.



Transparência

Exige que o leitor de uma Declaração Pública seja provido com informações suficientes, cuja apresentação deve ser clara e sem ambiguidades, para que este compreenda o relatório e não seja mal orientado por esta informação ou pela omissão de informações materiais que sejam de conhecimento do Profissional Qualificado



Materialidade

Exige que uma Declaração Pública contenha todas as informações relevantes que investidores e seus consultores possam vir a solicitar e que possam de forma razoável esperar encontrar em uma Declaração Pública, para fazer um julgamento equilibrado e fundamentado a respeito dos Resultados de Exploração, Recursos Minerais e Reservas Minerais declaradas. Onde a informação relevante não for apresentada, deve ser fornecida uma explicação para justificar a sua exclusão



Competência

Exige que a Declaração Pública se baseie no trabalho realizado por profissionais devidamente qualificados, experientes e sujeitos a um código de ética e regras de conduta profissionais vinculativas

Figura 28 – Princípios dos códigos internacionais de declaração
Fonte: CBRR (2016).

O Código PERC, na versão de 2017, incorporou adicionalmente um quarto princípio, a **Imparcialidade**, definido por:

A imparcialidade exige que o autor da Declaração Pública esteja confortável e seja capaz de declarar sem qualquer hesitação que seu trabalho não foi indevidamente influenciado pela organização, empresa ou pessoa que encomendou a Declaração Pública ou um relatório que pode se tornar uma Declaração Pública; que todas as suposições são documentadas; e que a divulgação adequada seja feita de todos os aspectos materiais, incluindo qualquer relação direta ou indireta relevante (como emprego ou posse de ações) entre o/a Profissional Qualificado e os proprietários do projeto sobre o qual ele/ela está relatando, que o leitor informado pode exigir para fazer um julgamento razoável e equilibrado (PERC, 2017, tradução nossa).

Apesar de sua relevância, pois entende-se que é de extrema importância que o profissional responsável pelas informações seja imparcial com as declarações apresentadas, o que poderia ser dificultado caso seja vinculado à empresa, é um ponto de muita discussão, e foi retirado da versão do Código PERC de 2021. Na prática, isto impediria que qualquer empregado, colaborador, diretor ou parceiro da

companhia ou empresa relacionada, acionistas, interessados nos *royalties* ou recebedor da empresa fossem designados para esta responsabilidade.

Para o NI 43-101 (CSA, 2011), um(a) Profissional Qualificado(a) é considerado(a) aquele(a) profissional que atua de forma independente do emissor e que não há interferência no julgamento deste(a) profissional quando da preparação do relatório técnico. Não há menção sobre o termo “imparcialidade”.

Alguns autores australianos discutiram, desde os anos 2000, para as antigas versões do Código JORC, tais como Philips (2000) sobre *liability* ou responsabilidade legal de Diretores(as) e Profissionais Qualificados(as) pelas declarações, e Livesley (2008) sobre sanções e processos administrativos, estatutários, legais e criminais. Em 2014, Livesley atualizou e complementou seu trabalho anterior, apresentando uma lista de áreas potenciais de responsabilidade. Parte do grupo de trabalho de revisão do Código JORC, que está em andamento na data de fechamento da presente pesquisa, irá se dedicar a esta questão.

O novo regulamento S-K 1300 destacou diversos requisitos relacionados à *liability*, que expandem as responsabilidades do(a) Profissional Qualificado(a) para a esfera legal, e estão sujeitas à Seção 11 da Lei de Valores Mobiliários estadunidense (*US Securities Act*). Dentre algumas inovações, destacam-se:

- a não exigência de que os(as) Profissionais Qualificados(as) sejam independentes do registrante;
- a possibilidade do(a) Profissional Qualificado(a) poder dividir a responsabilidade em declarações públicas, com os proprietários do projeto | operação;
- a não obrigatoriedade de que os(as) Profissionais Qualificados(as) forneçam certificados e consentimentos individuais;
- a possibilidade de empresas terceirizadas contratadas se agruparem e assumirem a responsabilidade pelos trabalhos, como pessoa jurídica; e
- a possibilidade do(a) Profissional Qualificado(a) não exceder responsabilidade além dos limites de sua especialidade quando da aplicação de fatores modificadores.

Parsons et al. (2019) destacam que o(a) profissional, como indivíduo, não precisa ser independente, mas deve aceitar a responsabilidade legal e pode ser

responsabilizado por ato ou contrato ilícito, mesmo que as declarações sejam preparadas por uma entidade.

A versão de 2021 do Código PERC incorporou o princípio Responsabilidade¹², definida por:

A responsabilidade exige que o(s) Profissional(is) Qualificado(s) indicado(s) em uma Declaração Pública seja(m) o(s) indivíduo(s) identificado(s) na Declaração Pública pela aceitação da responsabilidade pelas informações nas quais a Declaração Pública se baseia. O(s) Profissional(is) Qualificado(s) deve(m) estar intitulado(s) para agir na competência declarada na Declaração Pública e deve(m) reconhecer que são responsáveis por garantir que suas atividades cumpram os requisitos legais e regulamentares relevantes para tal Declaração Pública. (PERC, 2021, tradução nossa).

A interpretação destacada é:

A responsabilidade exige que a pessoa que executa uma atividade específica deve:

- ter capacidade para realizar a atividade;
- aceitar a responsabilidade de fazer a atividade; e
- ter autoridade para realizar a atividade de acordo com os procedimentos da empresa e quaisquer requisitos legais ou regulamentares externos.

Os princípios de Transparência e Responsabilidade exigem que qualquer conflito de interesse, real ou potencial, seja declarado (p. ex., se o Profissional Qualificado for um funcionário da empresa ou entidade relatora, ou for membro de uma empresa de consultoria cuja renda principal seja da entidade que relata). (PERC, 2021, tradução nossa).

A chamada para contribuições feita pela CSA (2022), em andamento quando do fechamento desta pesquisa, quanto ao requisito de independência estabelecido na seção 1.5 do NI 43-101 (CSA, 2011), destaca que há evidências de que emissores e pessoas qualificadas não aplicam adequadamente, como, por exemplo objetividade, relacionamento da pessoa qualificada com o emissor, vendedor do imóvel e o próprio projeto mineral. Enfatizam que é papel do(a) Profissional Qualificado(a) ser guardião, essencial para a proteção do público investidor e pedem à sociedade que se manifeste se há necessidade de revisar e especificar melhor este requisito. Também há menção

¹² O termo em inglês, *Accountability*, deve ser traduzido para além de responsabilidade, com os conceitos associados a controle, contabilidade, responsabilização, prestação de contas.

à preocupação de conflito de interesses quando da nomeação de diretores(as) executivos(as) como Profissionais Qualificados(as), uma vez que “promover um resultado atraente para o projeto mineral supera sua obrigação profissional de interesse público como guardião”. A consulta pública questiona se “os conselheiros e diretores devem ser impedidos de redigir quaisquer relatórios técnicos, mesmo em circunstâncias em que não seja exigida independência?”.

3.2.3.1. *Transparência*

O ITR CRIRSCO (2019) esclarece sobre este princípio:

As informações divulgadas publicamente devem ser suficientes para permitir que um leitor informado faça uma avaliação razoável e equilibrada da importância dessas informações. É, no entanto, importante relatar quaisquer assuntos que possam afetar materialmente a compreensão ou interpretação do leitor dos resultados ou estimativas sendo relatados. Isso é particularmente importante quando dados inadequados ou incertos afetam a confiabilidade ou a confiança em uma declaração de Resultados de Exploração ou uma estimativa de Recursos Minerais ou Reservas Minerais. (CRIRSCO, 2019, tradução nossa).

Um dos objetivos é informar, de forma padronizada, ao interessado e possível investidor sobre o quão claros estão os dados que consubstanciam aquela declaração pública e relatórios técnicos, com abrangência suficiente sobre todos os assuntos que possam afetar a compreensão ou interpretação ou estimativas relatadas. Deve-se indicar para o mercado e investidores, de forma explícita, porque o que está sendo declarado é importante e relevante, o que realmente significa o resultado, quais são as interpretações mais razoáveis a partir das informações qualitativas e quantitativas disponíveis na atual fase.

Enquadra-se neste princípio a aplicação do termo cunhado internacionalmente, após publicação no JORC (2012), sobre o apontamento das informações que tenham sido excluídas, denominada "se não, porque não" (*If not, why not*). Quaisquer informações que possam afetar materialmente a compreensão ou interpretação do leitor sobre os resultados ou estimativas declaradas deverão ser evidenciadas e esclarecidas, principalmente se houver dados inadequados ou incertos que afetam a confiabilidade ou a confiança da declaração. Se alguma informação comercialmente

sensível for excluída, por decisão da empresa, devem ser fornecidas informações resumidas sobre a metodologia utilizada para cálculos, estimativas e decisões tomadas, além do contexto de seu uso, para informar os investidores ou potenciais investidores e seus conselheiros.

As informações devem ser disponibilizadas em portais ou repositórios, definidos pelas regras vigentes e definições das autoridades regulatórias de cada país.

3.2.3.2. *Materialidade*

A relevância das informações deve ser estabelecida pelo(a) Profissional Qualificado(a), que tem como uma das suas principais atribuições a decisão sobre o que deve ser apresentado.

A palavra “material” é usada com vários significados, dependendo do contexto. Mudanças “materiais” são aquelas que configuram estímulos para a declaração, pois, ao alterarem teor ou tonelagem, podem ocasionar mudanças na classificação dos recursos e ter efeito no preço ou valor das ações da empresa. São considerados projetos significativos e, portanto, materiais, conforme AusIMM (2020), aqueles que:

- tenham ou possam ter uma influência significativa no valor de mercado ou nas operações da empresa listada;
- sejam destacados de forma específica em Declarações Públicas e Anúncios; e
- apresentam informações relevantes, aderentes e equilibradas com a fase em que se encontram.

Para melhor entendimento do que é considerado relevante, é preciso destacar as definições relacionadas no NI 43-101 (CSA, 2011) e no S-K 1300 (SEC, 2018), conforme organizado no Quadro 23.

Segundo as definições padronizadas do NI 43-101 (CSA, 2011), uma propriedade é considerada material se:

- a) o registro de divulgação do emissor é focado na propriedade;
- b) a divulgação do emissor indica ou sugere que os resultados são significativos ou importantes;

- c) os custos de aquisição cumulativos e projetados ou despesas de exploração propostas são significativos em comparação com as outras propriedades materiais do emissor; ou
- d) o emissor está levantando dinheiro significativo ou dedicando recursos significativos para a exploração e desenvolvimento da propriedade. (CSA, 2011, tradução nossa).

Termos	NI 43-101	S-K 1300
Materialidade	<ul style="list-style-type: none"> • Um emissor deve determinar a materialidade no contexto de seus negócios e condição financeira geral, levando em consideração fatores qualitativos e quantitativos, avaliados em relação ao emissor como um todo. A avaliação da materialidade depende do contexto. • Informações imateriais hoje podem ser materiais amanhã; um item de informação imaterial por si só pode ser material se for agregado a outros itens. • Ao determinar se uma propriedade é material, o emissor deve considerar o quão importante ou significativa a propriedade é ao negócio e em comparação com suas outras propriedades. 	<ul style="list-style-type: none"> • Uma questão é material se houver uma probabilidade substancial de que um investidor razoável atribua importância a ela para determinar se deve comprar ou vender os títulos registrados. • Um emissor deve fornecer a divulgação especificada nesta subparte se suas operações de mineração forem relevantes para seus negócios ou condição financeira.
Propriedade	<ul style="list-style-type: none"> • "Propriedade avançada" significa uma propriedade que tem: <ul style="list-style-type: none"> (a) reservas minerais, ou (b) recursos minerais cuja viabilidade econômica potencial é apoiada por uma avaliação econômica preliminar, um estudo de pré-viabilidade ou um estudo de viabilidade; • "Propriedade de exploração em estágio inicial" significa uma propriedade para a qual o relatório técnico apresentado tem: <ul style="list-style-type: none"> (a) nenhum recurso mineral atual ou reserva mineral definida; e (b) nenhuma perfuração ou abertura de trincheiras proposta. • Um emissor de mineração de negociação ativa, na maioria das circunstâncias, terá pelo menos uma propriedade material. 	<ul style="list-style-type: none"> • Propriedade em fase de exploração: não possui reservas minerais divulgadas. • Propriedade em estágio de desenvolvimento: tem reservas minerais divulgadas, mas nenhuma extração de material. • Propriedade do estágio de produção: propriedade com extração de material de reservas minerais.

Quadro 23 – Definições relevantes sobre materialidade

Fonte: NI 43-101 (CSA, 2011) e S-K 1300 (SEC, 2018), tradução nossa.

O S-K 1300 (AWUAH-OFFEI, 2020) apresenta um fluxo para decisão do que integra a materialidade, para saber se há necessidade de declaração, ilustrado na Figura 29.

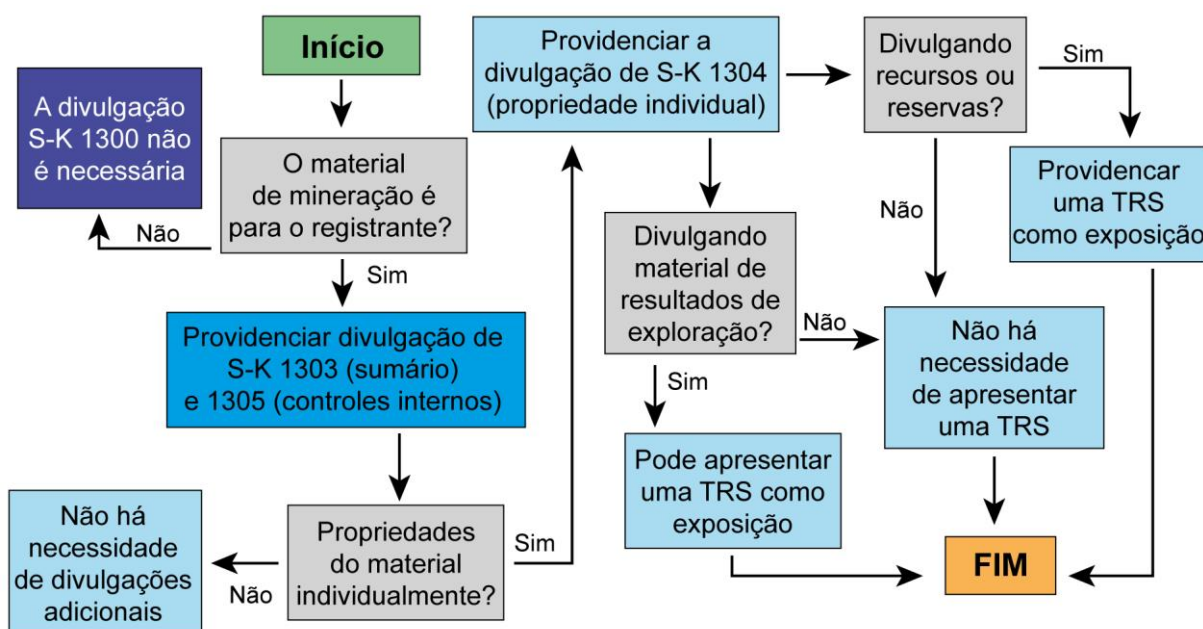


Figura 29 – Fluxograma de estímulo do processo de declaração pela materialidade.
 Fonte: Awuah-Offei (2020, tradução nossa).

Dolbear (2020) dá uma interessante explicação sobre o que significa a materialidade para uma propriedade ou companhia, a respeito da S-K 1300:

Geralmente, uma propriedade é considerada material se constituir 10% da receita de uma empresa ou de seus ativos. No entanto, se uma operação de areia e cascalho, por exemplo, tiver 20 minas, e nenhuma gere mais do que 5% de sua receita, todas são consideradas materiais. (DOLBEAR, 2020, tradução nossa).

Além da relevância discutida acima, destaca-se a importância de evidenciar os aspectos materiais do depósito mineral, para que atenda aos interesses e julgamento dos interessados nas declarações e potenciais investidores. Neste contexto, o termo também é aplicável ao adequado armazenamento dos dados e informações (testemunhos, amostras e controles de qualidade, dentre outros inúmeros tipos de materiais) de forma segura, controlada e qualificada por metodologias e critérios definidos.

3.2.3.3. Competência

Especificamente quanto à competência, os códigos destacam um item especial, com orientações para que as declarações sejam conduzidas, planejadas, executadas

e assinadas por um(a) profissional responsável, habilitado(a), qualificado(a), experiente e especializado(a) no tipo de mineralização, que aja conforme código de ética profissional e pertença a uma organização profissional reconhecida, vinculante e com atribuições de disciplina e regramento.

Toda a documentação nas quais as declarações públicas se baseiam deve ser preparada por profissionais qualificados ou sob a supervisão destes e ser assinada por eles(as). Este(a) profissional deve ter experiência e liberdade de definição das melhores técnicas e metodologias de exploração e avaliação, com consciência de que terá que justificar suas escolhas, quanto às suas teorias sobre a gênese e tipo de depósito mineral e contexto geológico. Ele(a) é responsável pelos métodos, suposições e julgamentos usados para verificar, interpretar e relatar as informações técnicas.

Em uma apresentação do CRIRSCO sobre o papel do(a) PQ, Wells (2017) esclareceu por que há necessidade deste tipo de profissional para conduzir o processo de Declaração Pública, destacando os pontos indicados na Figura 30.



Figura 30 – Importância da atuação do PQ no processo de Declaração Pública

Fonte: Wells (2017, tradução nossa).

Os nomes conhecidos destes(as) profissionais nos códigos internacionais são indicados na Figura 31.

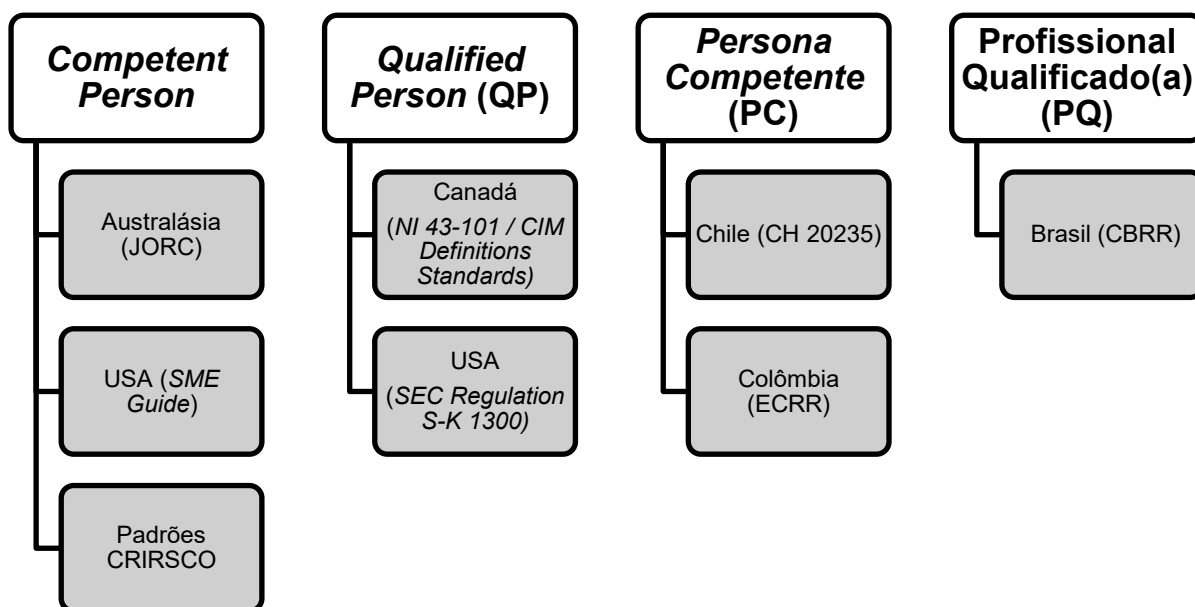


Figura 31 – Termo adotado para Competência Profissional, no mundo

Alguns países acrescentam adjetivos quando os(as) profissionais são vinculados(as) às RPOs, como *Accredited Competent Person* (ACP) nas Filipinas, *Registered Competent Person* (RCP) na Índia (NACRI) ou Profissional Qualificado Registrado (PQR), pela CBRR.

A sigla CP, usada muitas vezes incorretamente para *Competent Person*, é atribuída à categoria de *Chartered Professional* pela AusIMM¹³, atribuição conquistada a partir de critérios bastante específicos e restritivos. Para ser um *Chartered Professional*, a AusIMM estabeleceu um programa específico, que, dentre outras recomendações, indica o desenvolvimento rotineiro de atividades, tais como:

- a) Educação formal;
- b) Minicursos externos e internos;
- c) Aprendizado em conferências técnicas;
- d) Publicações;
- e) Aprimoramento de habilidades no trabalho (*on-the-job*);
- f) Aprendizado em leituras privadas;

¹³ “O termo de acreditação profissional da AusIMM '*Chartered Professional*' e sua abreviação comumente utilizada 'CP' não deve ser confundido com '*Competent Person*'. O *Competent Person* deve especificar o termo na íntegra e não pode usar a sigla 'CP'. O AusIMM *Chartered Professional* passa por um processo de acreditação através do Programa AusIMM *Chartered Professional* enquanto um *Competent Person* deve atender a um conjunto separado de critérios específicos relacionados ao código JORC. O Programa AusIMM *Chartered Professional* não avalia estes critérios.” (Texto traduzido pela autora, de <http://www.jorc.org/competent.asp>).

- g) Mentoria estruturada;
- h) Serviço à indústria;
- i) Revisão por pares; e
- j) Outras atividades.

Nota: A partir desta parte do texto, este profissional será indicado como “o(a)PQ”.

Em geral, o(a) PQ é o(a) profissional da indústria mineral com experiência de cinco anos, registrado(a) junto a uma OPR e deve ter, no mínimo, cinco anos de experiência relevante no estilo de mineralização, tipo de depósito considerado e na atividade sobre a qual assume responsabilidade. Também há requisitos sobre um número mínimo de anos em posição de responsabilidade.

A CBRR (2016) define “Posição de Responsabilidade” como:

aquela em que se depende do indivíduo para participação significativa, gestão e tomada de decisões relevantes na sua respectiva área de competência técnica. Posição de Responsabilidade não implica necessariamente em posição gerencial, hierárquica ou societária. Posições gerenciais, hierárquicas ou societárias não podem ser automaticamente reconhecidas como Posição de Responsabilidade. (CBRR, 2016).

Especificamente no Brasil, para ser PQ o profissional da indústria mineral deve se registrar junto à CBRR ou em uma RPO reconhecida pelo CRIRSCO, ter no mínimo 10 anos de experiência profissional, sendo destes no mínimo cinco anos de experiência relevante e pelo menos três anos em posição de responsabilidade, atender aos requisitos de experiência profissional por área de competência e adotar seu código de ética.

Alguns países – como Austrália, Canadá, Estados Unidos e outros – recomendam que este profissional esteja sempre em um Programa de Desenvolvimento Profissional Contínuo (*Continuing Professional Development - CPD*), com um número mínimo de horas dedicadas por ano. Este desenvolvimento da carreira pode ser utilizado como critério para renovação imediata do registro em algumas OPRs, que reavaliam seus membros a cada cinco anos e é fundamental para que o profissional permaneça constantemente atualizado na área de sua especialidade.

O Brasil criou recentemente seu comitê de educação continuada, que deverá apresentar, em 2023, um plano de trabalho para contribuir para a capacitação dos profissionais brasileiros.

3.3. ASPECTOS COMPLEMENTARES SOBRE COMPETÊNCIA

Em 2013, a geóloga sul-africana residente na Austrália, Jacqueline Coombes defendeu seu projeto de doutoramento junto à *Edith Cowan University* sobre um amplo trabalho dos fundamentos da competência, que serviram de estrutura para a definição do Código JORC de 2012, de cujo Comitê ela era integrante ativa, com contribuições relevantes até os dias atuais. Ela descreve o(a) PQ como:

Um profissional da indústria de mineração que tem uma capacidade madura de raciocinar em todo o Código JORC, que pode fornecer uma análise fundamentada dos riscos em um projeto e é capaz de comunicar os riscos materiais (sem exclusão) para seus pares, gestão, conselho de administração e investidores. (COOMBES, 2013, tradução nossa).

Na sua pesquisa, entrevistou especialistas no Código JORC e em avaliação de recursos e aplicou um questionário sobre experiência e expertise, e sobre quais *commodities* e fase do projeto trabalharam. Com as informações coletadas, construiu uma metodologia baseada em raciocínio estatístico para avaliação dos profissionais, com verificação direta da realidade da indústria. Como resultado da tese, construiu o Modelo de Desenvolvimento de Competências (*Competency Development Model* – Figura 32), que é composto de cinco elementos integrados.

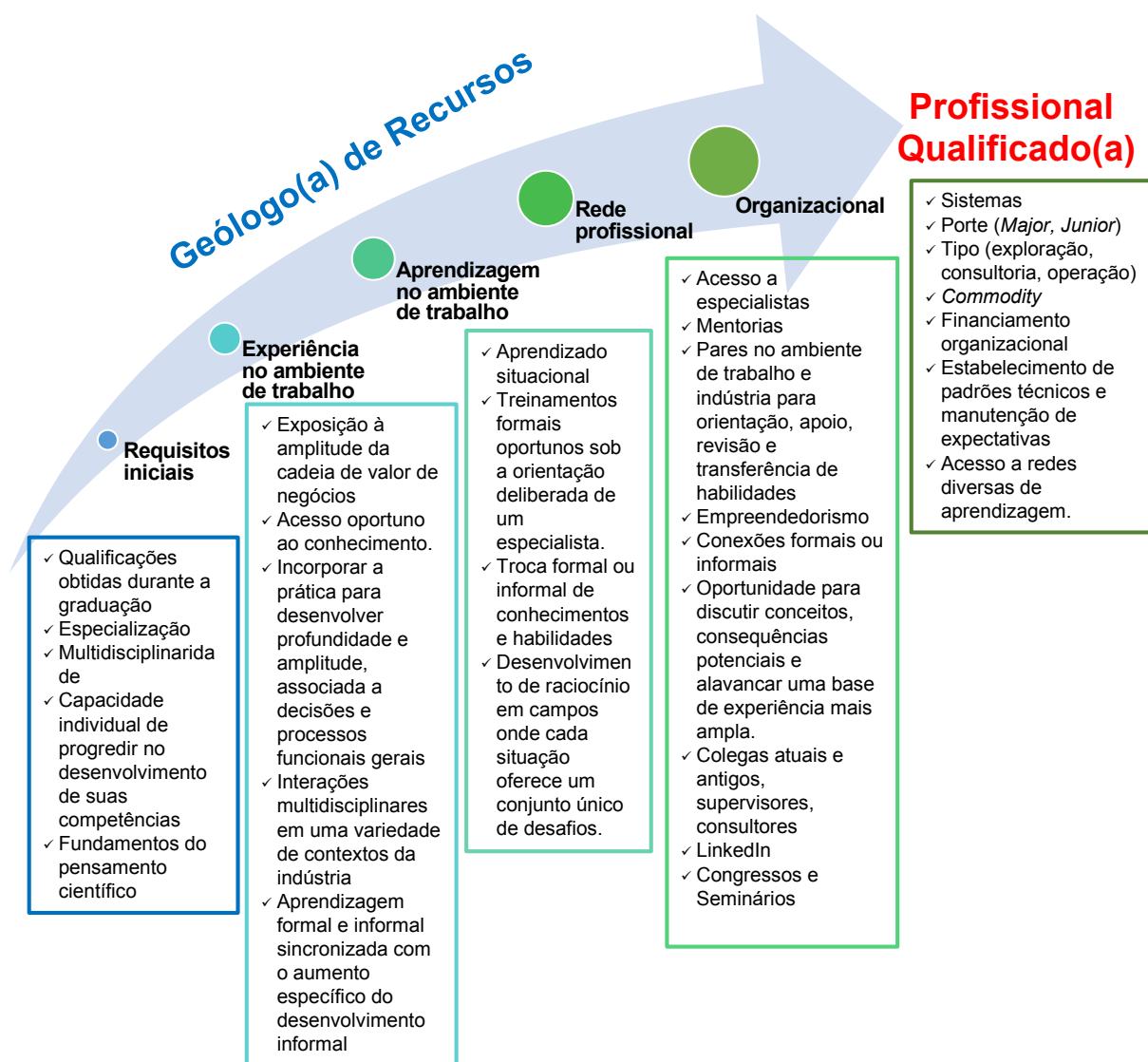


Figura 32 – Modelo de Desenvolvimento de Competências
 Fonte: Coombes (2013, tradução e adaptações nossas).

Após tabular e analisar resultados da sua pesquisa e formular o modelo de desenvolvimento de competência, a autora definiria a regra 15-2-5 que, para ser um(a) PQ, o(a) mesmo(a) teria que ter experiência em pelo menos 15 processos de declaração de estimativas de recursos minerais, participado de, pelo menos, dois processos de diferentes *commodities* e feito reconciliação de produção em pelo menos cinco das suas próprias declarações para ter desenvolvido o Raciocínio de Nível Superior e ser considerado “competente”.

Em suas conclusões, Coombes (2013) destacou que, para desenvolver PQs para alinhamento ao Código JORC:

Acima de tudo, o PQ deve compreender o ambiente e os processos que regem o sistema JORC. Em seguida, deve ter experiência e exposição suficientes para integrar completamente em suas práticas de trabalho os requisitos do Código JORC, incluindo a *Table 1*. É necessária a exposição a uma combinação de experiências profissionais e de local de trabalho que ofereçam amplitude e profundidade em compreensão e competência. (COOMBES, 2013, tradução nossa).

Noppé (2014) formulou as seguintes perguntas-chave para autorreflexão do(a) PQ, quando da finalização das declarações:

- A grande maioria dos meus pares PQs concordaria com minha lógica na definição, classificação e declaração dos Recursos Minerais e Reservas Minerais?
- O estágio de desenvolvimento do projeto e o nível de confiança nos dados associados e estudos técnico-econômicos suportam o relatório, e isso é apresentado de forma clara e correta?
- Meus pares e partes interessadas informadas seriam capazes de avaliar as suposições, fatores e processos seguidos no relatório a partir da maneira como os resultados são relatados e embasados?
- Minhas suposições para uma eventual extração econômica são razoáveis, realistas e transparentes, e apliquei adequadamente os parâmetros de mineração aproximados para declarar os Recursos Minerais?
- Considerei e usei todos os dados representativos e, se excluí dados, considerei adequadamente as vantagens e os riscos de fazê-lo?
- Apliquei fatores de mineração realistas e justificáveis na determinação do plano e sequenciamento de lavra para declarar Reservas Minerais, em particular as considerações geotécnicas, perda de minério, diluição, taxas de extração, tamanho/fragmentação de minério, requisitos de blendagem e recuperação metalúrgica prática?
- Independentemente de ter aplicado ou não qualquer avaliação quantitativa de exatidão e precisão na minha classificação de Recursos Minerais e Reservas Minerais, considerei a confiança que espero empiricamente ao longo de diferentes períodos de produção de várias categorias e é consistente com o que meus pares e as partes interessadas esperariam? (NOPPÉ, 2014, tradução nossa).

Nos USA, as regras do IG7 não faziam menção ou orientação para os profissionais quanto à competência e responsabilidade. Pelas novas regras do S-K 1300, Parsons et al. (2019) destacam que os(as) PQs devem estar diretamente envolvidos(as) na preparação das declarações públicas.

Em discussão sobre as novas práticas decorrentes da atualização da normativa da SEC, os autores destacam que “os dias de um único PQ responsável pelos trabalhos e relatórios técnicos acabaram”, pois o novo regulamento requer informação – e, conseqüentemente, especialidades diversas. Destacam que a função do(a) PQ no processo de declaração não necessita ser desempenhado por pessoa física, e pode ter assinatura como uma empresa de consultoria, que também assina como terceira parte como responsável perante a lei. A Figura 33 ilustra diversas especialidades requeridas para a elaboração dos relatórios técnicos.

Geologia	• QAQC, banco de dados, modelo de blocos, recursos, etc.
Geotecnia	• Premissas sobre a qualidade da rocha, implicações ao projeto, etc.
Produção	• Projeto de lavra (configuração, taxas de produção, sequenciamento), custo, reservas, etc.
Metalurgia e Processo	• Dimensionamento do processo, previsão, taxas de recuperação, custos, etc.
Infraestrutura	• Layout, necessidades futuras, custos, etc.
Barragens	• Capacidade, localização, etc.
Hidrogeologia	• Gestão da água, riscos, etc.
Meio ambiente e licenciamento	• Licenças, status do meio ambiente, riscos, etc.
Economia	• Fluxo de caixa, produtos do mercado, etc.

Figura 33 – Disciplinas e focos de atuação dos PQs no processo de declaração, conforme S-K 1300
Fonte: Parsons et al. (2019, tradução nossa).

Caso sejam consideradas falsas suas declarações públicas ou omissas quanto à materialidade, na jurisdição estadunidense o(a) PQ tem direito a defesa por *due dilligence* e deve demonstrar, após investigação, que ele / ela não tinha nenhuma razão para acreditar que o relatório técnico tivesse contido algo erroneamente apresentado (AWUAH-OFFEI, 2020).

Com o andamento das revisões do NI 43-101 e do Código JORC, acredita-se que serão exaustivamente discutidas competência e responsabilidade. No Canadá, a consulta pública (que não estava finalizada no momento do fechamento desta tese) sobre itens do NI 43-101 (CSA, 2022) menciona que a atual definição do PQ pode não estar bem compreendida, que critérios de habilitação à competência podem não estar

sendo cumpridos, e que há ocorrência de não atendimento de requisitos do instrumento. Percebem a necessidade de discussão sobre revisão sobre estes pontos e, também, sobre a inclusão de outras disciplinas profissionais.

Na Austrália, a força-tarefa de atualização do código apresentou, em março de 2022, um estudo de base (WALTHO, 2022) com as principais discussões relacionadas à competência que deverão ser atendidas na próxima versão, como, por exemplo:

- necessidade de definir adequadamente os critérios de competência, deixando o processo de habilitação mais robusto e não automeado ou auto identificado;
- ampliação do processo disciplinar, com exigibilidade e transparência para verificação e de competência, por um sistema adequado para validar PQs em relação a critérios predefinidos;
- desenvolvimento de um processo de governança eficaz; e
- ampliação de treinamento e educação continuada também para executivos e membros do conselho de administração das empresas.

3.4. RECIPROCIDADE E RECONHECIMENTO

A atuação de um PQ em outra jurisdição acontece após o reconhecimento de equivalência de adesão profissional para os membros mútuo e prévio entre OPRs e NROs (RIBEIRO, 2020), que avaliam:

- estatutos, princípios e condutas;
- critérios e requisitos de adesão; e
- categorias e hierarquia das classes de membros.

Caso sejam equivalentes ou aceitáveis, pela verificação de similaridade das regras, as partes estabelecem relações formais ou informais e divulgam as listas públicas das entidades reconhecidas. Algumas NRO também publicam em seus instrumentos ou *websites*, com atualização periódica, as listas das RPO com as quais mantenham acordos de reciprocidade, como exemplo da PERC¹⁴.

Segundo o autor acima citado, o processo de reconhecimento difere para cada NRO/OPR, uma vez que, conforme visto no item sobre as diferenças dos ambientes

¹⁴ <http://www.vmine.net/PERC/documents/PERC%20RPO%20LIST%20MAY2017.pdf>

regulatórios (item 2.3 e **ANEXO E**), pode haver necessidade de aprovação de todos os *players* (mercado, comissões e bolsas de valores ou outros órgãos reguladores). Destaca que não há reconhecimento automático dos(as) PQs, e que sua aceitabilidade considera os requisitos particulares de cada NRO, não sendo viáveis apenas acordos gerais entre NROs e OPRs, ou acordos de reciprocidade incondicional direta entre OPRs.

Dito isso, e supostamente entendido que os acordos são feitos entre as partes e organizações, a Figura 34 apresenta – de forma meramente ilustrativa – as relações vigentes entre os países e regiões (que compreendem uma ou mais OPRs e as NROs).

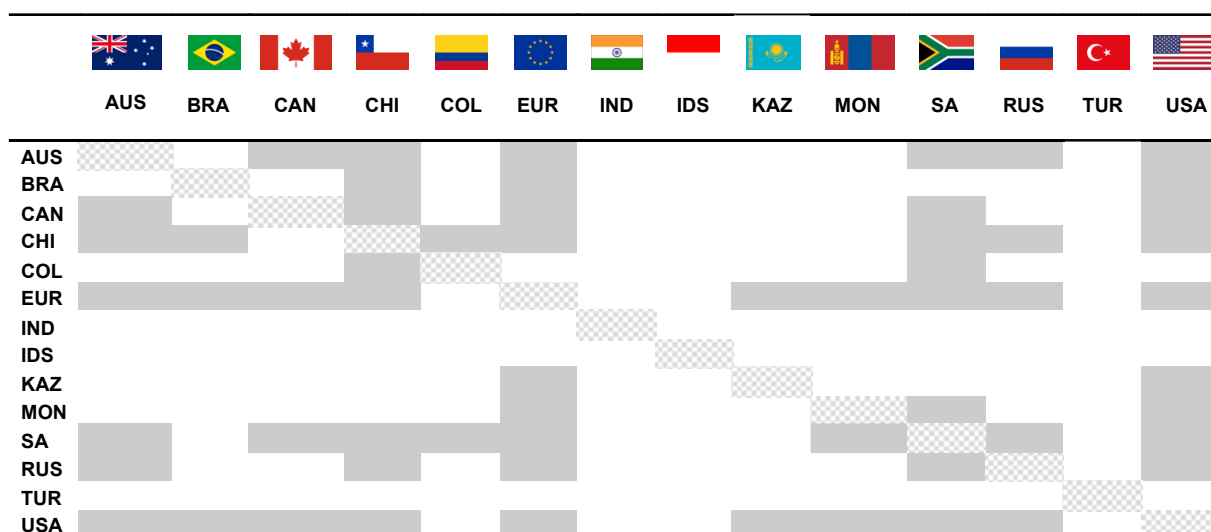


Figura 34 – Ilustração representativa das relações entre os países/regiões, membros do CRIRSCO, em agosto de 2022

Fonte: Elaborado pela autora, baseado em JORC (2014), SME (2017) PERC (2021), JORC (2022), CM (2022), CBRR (2022), CCRR (2022).

3.5. DECLARAÇÕES PÚBLICAS

A divulgação de informações científicas e técnicas relativas às atividades de exploração, desenvolvimento e produção mineral por empresas de mineração, exigida pelas regras de listagem das bolsas de valores, deve ser baseada em informações apresentadas sob formato e terminologia específica.

Conforme definições do “Guia CBRR” (2016):

Declarações Públicas são preparadas para informar investidores ou potenciais investidores e seus conselheiros sobre os Resultados de Exploração, Recursos Minerais ou Reservas Minerais. Elas incluem,

mas não se limitam a relatórios anuais ou trimestrais das entidades, notas à imprensa, memorandos informativos, documentos técnicos, publicações em *websites* e apresentações públicas.

(...) documentos que incluem, mas não se limitam a relatórios anuais ou trimestrais das entidades, informações corporativas divulgadas ao público na forma de publicações em *websites* corporativos, notas à imprensa e instruções para acionistas, corretores e analistas de investimentos e outros relatórios destinados a autoridades regulatórias ou obrigatórios por lei.

(...) qualquer relatório que tenha sido preparado para os fins aqui descritos, tais como relatórios ambientais, memorandos, relatórios especializados e outros documentos técnicos relativos a Resultados de Exploração, Recursos Minerais ou Reservas Minerais. Estes documentos também podem destinar-se a satisfazer exigências regulatórias. (CBRR, 2016).

PUBLIC COMPANY (e variações: *publicly traded company*, *publicly listed company*, *publicly held company*) é o termo utilizado para empresa de capital aberto, com ações listadas na bolsa, que são obrigadas a publicar balanços e informações financeiras abertamente ao público, bem como as demais informações das regras de listagem, inclusive técnicas, no caso do setor mineral.

A tradução para o português não pode ser feita de forma literal, pois empresa pública no Brasil é definida por "pessoa jurídica de direito privado administrada exclusivamente pelo poder público, instituída por um ente estatal, com a finalidade prevista em lei e sendo de propriedade única do Estado".

Transparência, Materialidade e Competência são princípios que determinam quais dados devem ser divulgados publicamente, e deve ser fornecidas informações suficientes sobre todos os assuntos que possam afetar a compreensão ou interpretação de um leitor e permitir que um leitor informado faça uma avaliação razoável e equilibrada. O público-alvo das declarações é o público investidor e seus assessores que, na maioria dos casos, não serão especialistas em mineração e, portanto, devem ser informados sobre a natureza, importância e limitações dos dados, interpretações e conclusões.

A Figura 35 ilustra o fluxo da declaração de informações técnicas, que resulta nos relatórios, conforme indicado pelo NI 43-101 (WALDIE et al., 2018).

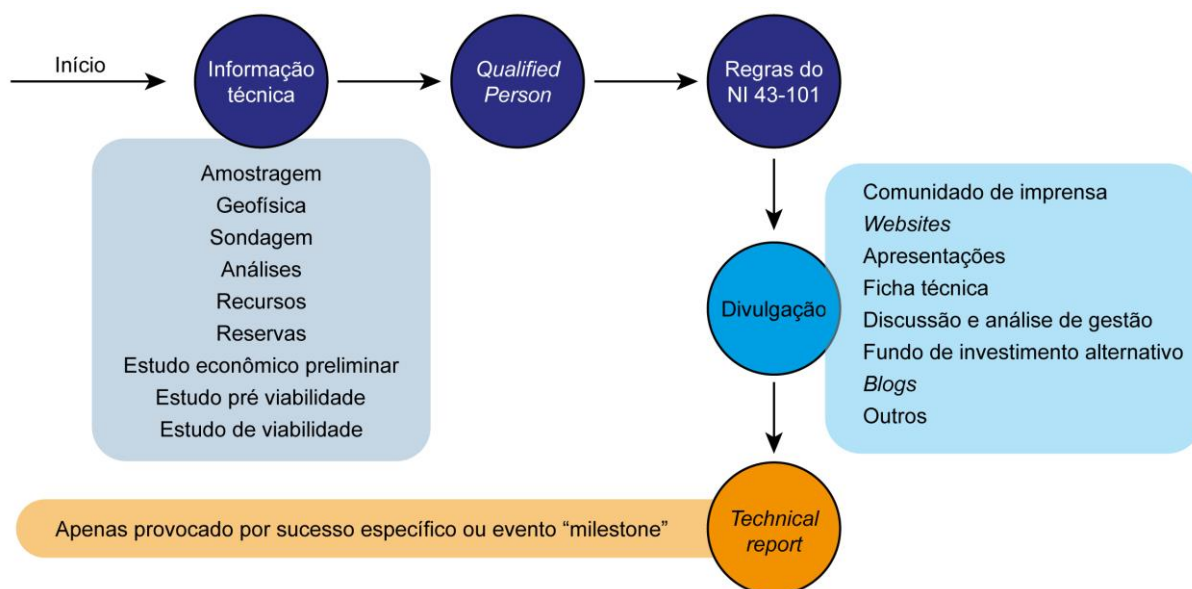


Figura 35 – Fluxo da informação técnica pelo NI 43-101
 Fonte: Waldie et al. (2018, tradução nossa).

As declarações públicas, segundo Lewis (2016), devem resumir o atual estágio de desenvolvimento e estarem relacionadas às suas propriedades minerais, com o objetivo expresso de transmitir essas informações de forma sucinta aos investidores e conselheiros. Em análise sobre o processo do NI 43-101, o autor considera como estímulos (*triggers*) importantes para divulgação dos seguintes trabalhos:

- primeiro relatório (*first-time*) sobre uma propriedade mineral (exploração ou operação);
- resumo das atividades de exploração com o QAQC de um projeto;
- resumo da estimativa de recursos minerais para uma propriedade;
- relatório descrevendo a detenção de uma participação não operacional em uma propriedade (*royalty* ou outra forma);
- relatório contendo os resultados de uma Avaliação Econômica Preliminar;
- relatório ou resumo dos resultados de um Estudo de Pré-viabilidade, dependendo da complexidade do projeto;
- resumo dos resultados de um Estudo de Viabilidade;
- resumo do trabalho realizado em um projeto operacional, possivelmente contendo estimativas atualizadas de recursos e reservas; e
- qualquer variação de algum dos trabalhos acima indicados.

3.5.1. Declarações públicas para ANM

Os conceitos contidos no Capítulo III (Artigos 4º, 5º e 6º) da Resolução nº 94/2022 referem-se às Declarações Públicas, novo instrumento da gestão do SBRRM. A Resolução considerou “Declaração Pública” o documento contendo o resumo das informações dos resultados de exploração, recursos e reservas minerais com o objetivo de divulgar e de dar transparência às atividades de pesquisa e exploração mineral desenvolvidas no país, cujos critérios mínimos e princípios de elaboração e emissão devem seguir as orientações e recomendações dos modelos e guias de elaboração de relatórios públicos para declaração de resultados de exploração, recursos e reservas minerais, publicados pelo CRIRSCO e CBRR. A entrega da declaração, quando a resolução entrar em vigência e o sistema estiver implementado, será opcional, e o seu conteúdo não será considerado objeto de sigilo, implicando na aceitação tácita de sua divulgação.

As declarações públicas serão elaboradas e assinadas por profissional habilitado, qualificado e registrado, de acordo com os critérios de competência especificados no Inciso III do Art. 7º (que define a Competência).

No âmbito internacional, o objetivo das “Declarações Públicas” é informar ao acionista, investidor ou possível interessado sobre o quão claro estão as informações que consubstanciam aquele relatório. O termo “Declaração Pública”, conforme detalhado no item anterior, já é amplamente utilizado pela indústria mineral internacional quando da publicação de informações dos ativos listados em bolsa de valores. O termo aplica-se a documentos que incluem informações corporativas divulgadas ao público na forma de publicações em *websites* corporativos, instruções para acionistas, corretores e analistas de investimentos e outros relatórios destinados a autoridades regulatórias ou obrigatórios por lei, além de qualquer relatório que tenha sido preparado para os fins aqui descritos, tais como relatórios ambientais, memorandos, relatórios especializados e outros documentos técnicos. Estes documentos também podem destinar-se a satisfazer exigências regulatórias.

No âmbito da Resolução ANM, a autora entende que o cliente das informações do SBRRM é a própria ANM - que vai consumir as informações para definição de estratégias e políticas públicas referentes ao inventário mineral brasileiro - e não o público em geral, uma vez que serão divulgadas poucas informações, a critério e

interesse do empreendedor, muito menos os investidores e mercado. Desta forma, este instrumento, muito provavelmente, não terá efeito prático e se tornará inócua.

3.5.2. Disponibilização das declarações públicas

Como parte do cumprimento dos regramentos das empresas listadas, deve se dar publicidade aos documentos de interesse dos investidores, principalmente os relatórios técnicos.

Destacam-se algumas fontes de informação que podem auxiliar nas buscas das declarações públicas e demais informações de interesse:

- a) *websites* das empresas listadas, aba “*Investors*”;
- b) no Canadá: SEDAR (*System for Electronic Document Analysis and Retrieval*) - <https://sedar.com>. Site oficial para acesso às informações de divulgação dos emissores das comissões de valores mobiliários das 13 províncias e territórios do Canadá (CSAs);
- c) Nos Estados Unidos: EDGAR (*Electronic Data Gathering, Analysis, and Retrieval System*) - <https://www.sec.gov/edgar.shtml>. Este repositório realiza coleta, validação, indexação, aceitação e encaminhamento automático de documentos de empresas que são obrigadas por lei a apresentar formulários junto à SEC; e
- d) Opaxe - <https://my.opaxe.com/map>. Plataforma de inteligência artificial de declarações públicas de todo o mundo, que armazena relatórios técnicos de todos os países, especialmente dos códigos JORC, NI 43-101 e SAMREC, baseada na Austrália. Seu banco de dados detém mais de 30.000 declarações públicas de empresas, que podem ser acessadas por assinatura, com habilitação de diversos filtros: tipo de *commodity*, data, *status* e fase do projeto, bolsa de valores na qual a empresa está listada, código de relatório, tipo de relatório e tamanho e tipo de transação. Originalmente desenvolvida pela consultoria australiana *RSC Mining and Mineral Exploration*.

3.5.3. Relatórios técnicos

Dentre as declarações públicas, aquelas que mais interessam a este trabalho de pesquisa são os **Relatórios Técnicos (*Technical Reports* - TR)**. Os TRs são preparados conforme as orientações dos padrões internacionais alinhados aos CRIRSCO e devem ser compatíveis às práticas preconizadas, para serem aceitos em qualquer jurisdição.

O NI 43-101 indica o conteúdo mínimo e exige que seja dada publicidade aos relatórios para apoiar certas declarações técnico-científicas sobre recursos minerais. Toda a decisão sobre como e quais os dados serão coletados (ou aceitos por validação de dados históricos) é do(a) PQ, que deve descrever como estes parâmetros chegaram aos resultados, bem como os métodos utilizados e classificação dos recursos minerais e todas as práticas usadas para verificar, interpretar e declarar as informações técnicas. Na descrição do próprio instrumento (CSA, 2011), é descrito como:

um relatório que fornece um resumo de todas as informações científicas e técnicas relevantes sobre uma propriedade. (...) O público-alvo dos relatórios técnicos são membros do público investidor, muitos dos quais possuem conhecimentos geológicos e de mineração limitados. Para evitar divulgação enganosa, os relatórios técnicos devem fornecer detalhes suficientes para que uma pessoa com conhecimento razoável compreenda a natureza e a importância dos resultados, interpretação, conclusões e recomendações apresentadas no relatório técnico. No entanto, não achamos que os relatórios técnicos precisam ser um repositório de todos os dados técnicos e informações sobre uma propriedade ou incluir análises geoestatísticas extensas, gráficos, tabelas de dados, certificado de ensaio, registros de perfuração, apêndices e outras informações técnicas de apoio. (CSA, 2011, tradução nossa).

Especificamente quanto ao NI 43-101, destacam-se alguns esclarecimentos, de Waldie et al. (2018), na Figura 36.

O que o <i>Technical Report</i> deve ser						
Assinado por um(a) PQ, que se responsabiliza pelas informações (obrigando o emissor a ter trabalho feito por um(a) PQ)	Claro, equilibrado e não enganoso - transparência é a chave!	Compreensível para um investidor razoavelmente informado	Consistente no uso de termos e definições padronizados	Apresentado com base em suposições razoáveis que são claramente explicadas	Imparcial e que identifique os riscos e incertezas potenciais	Projetado para que outros possam revisar e julgar o trabalho do(a) QP
Equívocos sobre relatórios técnicos e NI 43-101						
Não é porque utilizou as orientações que é garantia de bom trabalho ou de que o projeto é bom, e à prova de falhas e insucessos.	Não é um livro de receitas para estimativa mineral.	A regra define padrões de divulgação, não práticas de estimativa	Não é um processo de verificação na agência reguladora	Só porque um relatório técnico foi arquivado no Sedar, não significa que ele esteja em conformidade	O número de páginas não reflete qualidade do trabalho.	

Figura 36 – Orientações sobre *Technical Reports* (TR) do padrão NI 43-101
 Fonte: Waldie et al. (2018, tradução nossa).

Pelo Código JORC (2012), não há necessidade de dar publicidade a relatórios técnicos, mas se os Resultados de Exploração, Recursos Minerais e Reservas Minerais forem reportados pela primeira vez para um projeto significativo ou quando as avaliações tiverem mudado significativamente desde que foram reportadas, um breve comentário em cada critério da *Table 1* do Código JORC (2012) deve ser apresentado, como um apêndice da declaração pública.

As regras do S-K 1300 (SEC 2022) fazem recomendações que se situam de forma intermediária entre um instrumento (NI 43-101) e outro (JORC). O conteúdo mínimo do ***Technical Report Summary (TRS)*** é indicado como:

deve ser assinado por um ou mais PQs que, para cada propriedade material, identificam e resumem as informações técnico-científicas e conclusões alcançadas, a respeito das avaliações iniciais utilizadas para embasar a declaração dos recursos minerais ou relativas a estudos de pré-viabilidade ou viabilidade final usados para apoiar a declaração de reservas minerais. (...) O TRS não deve incluir grande quantidade de dados técnicos ou outros projetos, nem no relatório, nem nos apêndices. (SEC, 2022).

O(a) PQ deve declarar claramente que se trata de um resumo, com referência da fonte e acesso aos relatórios completos, também públicos e acessíveis, nos quais o TRS se baseia, garantindo que estejam incluídas todas as informações relevantes.

Awuah-Offei (2020) considera que, como para o TRS há necessidade de avaliações iniciais utilizadas para embasar a declaração dos recursos minerais, o S-K 1300 é mais restritivo que o NI 43-101 neste caso. Dentre outras diferenças, estão que o NI 43-101 exige TR para todas as propriedades materiais, mesmo se não houver recursos a declarar, e a periodicidade de arquivamento é imediata, não necessariamente na data anual. Também destaca que, para que seja emitido um TRS, a materialidade deve ser avaliada como relevante para o sucesso de um projeto em particular. “A lógica é: se é material para o sucesso de uma propriedade material – então é material para o negócio”, disse Awuah-Offei (2020).

Os instrumentos SME (2017), SAMREC (2016) e UMREK (2018), dentre outros, apresentam a Tabela de Conteúdo ou Itens de Sumário, para organizar e sistematizar o conteúdo apresentado, onde nem todas as seções são aplicáveis a todos os projetos. Esta itemização é idêntica àquela apresentada no *Form 43-101F1* (2011), formato prescrito pelo NI 43-101 (CSA, 2011) de apresentação de TR para todas as empresas de mineração listadas.

O item 229.601(b)(96) do S-K 1300 (SEC 2020) adota parcialmente a padronização do sumário recomendado para o TRS, com alguns nomes de seções pouco diferentes, e alguns temas agrupados em capítulos específicos, mas que, de forma geral, não inviabiliza a comparação.

Em IPOs, relatórios técnicos de Profissionais Qualificados(as) (em inglês *Competent Persons Report – CPR*) são requeridos, mesmo que a empresa de mineração seja antiga. No caso de listagem na LSE, deve ser emitido em menos de seis meses da oferta pública, para confirmar o cenário avaliado e declarado pelo PQ (BALL-DOOD, 2021).

3.5.4. Checklist

Todos os padrões da Família CRIRSCO se utilizam de uma lista de verificação dos critérios de avaliação (*Checklist of Assessment and Reporting Criteria*) que devem ser considerados na elaboração dos relatórios e na preparação de declarações sobre Resultados de Exploração, Recursos Minerais e Reservas Minerais. Esta lista ficou mundialmente famosa pela associação à *Table 1* do Código JORC.

Segundo CRIRSCO (2019), a tabela é parte das práticas recomendadas, ainda que os requisitos possam ser discretamente diferentes por jurisdição. A aplicação da lista de critérios garante a padronização da metodologia utilizada para classificação, reproduzível por profissionais pares, consolidada sobre os pilares Transparência, Materialidade e Competência. A ordem e o agrupamento dos critérios na *Table 1* refletem a abordagem sistemática para a exploração e estimativa de recursos e reservas, que amplia os requisitos, da esquerda para a direita em ordem de maturidade. Deve refletir a ordem dos eventos na avaliação de um projeto, de forma aditiva e progressiva, com o fornecimento de opiniões e conclusões, pelo(a) PQ.

A lista de verificação e referência para os critérios de avaliação foi revisada e consensuada por todos os Comitês em assembleia do CRIRSCO e publicada no ITR (CRIRSCO, 2019), apresentada no **ANEXO K**.

3.5.5.Recomendações dos padrões internacionais

Lock (2016) comenta, embora a lista de verificação da *Table 1* dos códigos alinhados ao CRIRSCO nunca tenha pretendido ser exaustiva, que “os critérios ilustram o processo de pensamento aplicado para determinar uma visão ampla dos fatores e níveis de confiança para classificação”, e é utilizada por muitas empresas de consultoria para condução dos trabalhos. O autor recomenda que as categorias abaixo relacionadas sejam avaliadas, ter seu desempenho discutido e atribuídos os níveis de confiança como baixo, moderado e alto:

- técnicas de sondagem, incluindo recuperação;
- localização dos furos;
- medida de desvio;
- descrição geológica;
- técnicas de amostragem e preparação de amostras, incluindo recuperação da amostra
- densidade;
- auditoria e revisões;
- qualidade dos dados analíticos;
- densidade dos dados e distribuição e integridade da base de dados; e
- verificação da amostragem e análise.

As recomendações dos códigos internacionais são apresentadas no **ANEXO L** (L.1 - Amostragem, Preparação e Análise | L.2 - QAQC e Governança | L.3 - Qualidade dos Dados | L.4 – Densidade | L.5 - Cadeia de Custódia e Retenção das Amostras | L.6 - Sondagem, Geologia e outros requisitos relevantes | L.7 - Classificação de recursos minerais

Além destes conceitos, todas as declarações públicas devem transparecer a incerteza associada às características dos depósitos quanto aos diversos tipos de riscos (mercado, financiamento, técnicos, geológicos), que ocorrem durante todo o ciclo de vida da mina. O **ANEXO M** apresenta as recomendações por compartimentação das classes para recursos minerais (M.1), conforme aumento de confiança na geologia e na estimativa e para reservas minerais (M.2), de acordo com a confiança nas estimativas e aplicação de fatores modificadores.

Dentre todas as informações a serem utilizadas para que os recursos e reservas sejam classificados, destacam-se três conceitos importantes que devem ser considerados:

1) Fatores modificadores:

considerações usadas para converter Recursos Minerais em Reservas Minerais. Esses incluem, mas não se limitam a considerações sobre: a lavra, o processamento, a metalurgia, a infraestrutura, a economicidade, o mercado, os aspectos legais, ambientais, sociais e governamentais. (CBRR, 2016).

2) Continuidade: Dominy et al. (2002) destacam, após discutir contribuições de diversos autores, que as avaliações das continuidades (geológica e de teor) são parte integrante da modelagem de recursos e a qualidade da estimativa depende de quão bem estas são conhecidas, e da qualidade dos dados utilizados. Definem:

- Continuidade geológica: a continuidade geométrica da(s) estrutura(s) geológica(s) ou zona(s) que hospeda(m) a mineralização. A continuidade geológica tem implicações importantes para a estimativa da tonelagem, e a amostragem deve ser suficiente para detectar as variações nas três dimensões;
- Continuidade de teores: a continuidade de teores que existe dentro de uma zona geológica específica.

- 3) RPEEE (*Reasonable Perspective of Eventual Economic Extraction*, traduzido por Perspectiva Razoável de Extração Econômica), fator que define o que é o Recurso Mineral:

O termo “perspectivas razoáveis de extração econômica” implica em julgamento (embora preliminar) pelo Profissional Qualificado em relação aos fatores técnicos e econômicos que possam influenciar a perspectiva de extração econômica, inclusive os parâmetros aproximados de lavra. Em outras palavras, um Recurso Mineral não é um inventário de toda a mineralização sondada ou amostrada, independente do teor de corte, prováveis dimensões da lavra, localização ou continuidade. É um inventário realístico de mineralizações, que, sob condições técnicas e econômicas consideradas e justificáveis, pode, no todo ou em parte, se tornar economicamente lavrável. Qualquer premissa material feita na determinação das “perspectivas razoáveis de extração econômica” deve ser claramente descrita na Declaração Pública. (CBRR, 2016).

Silva (2000) destaca que diversos fatores influenciam o que efetivamente determina a perspectiva razoável de extração econômica, a partir de trabalhos técnicos e julgamentos do PQ e da empresa, cujas bases devem estar reportadas de forma transparente e devem incluir os itens destacados na Figura 37.



Figura 37 – Componentes para definição da Perspectiva Razoável de Extração Econômica
Fonte: Silva (2020).

As definições padronizadas do CIM (2014) recomendam que o(a) PQ deve declarar claramente as bases utilizadas para a estimativa de recursos minerais, com inclusão das premissas para recuperação metalúrgica, preço, métodos de lavra e processamento, serviços gerais e custos administrativos. Na recente consulta pública do CSA (2022), foi incluída a necessidade de melhor esclarecimento nesta orientação, de forma a garantir que sejam melhor demonstrados os parâmetros assumidos e as restrições aplicadas para preparar a estimativa de recursos minerais do material mineralizado com perspectivas razoáveis para eventual extração econômica.

4. RESULTADOS

Parte dos resultados desta pesquisa de doutoramento é a própria organização do conteúdo técnico-científico em língua portuguesa, para a comunidade atuante nas áreas de geologia, engenharia de minas e demais disciplinas correlatas.

Dentre todas as questões formuladas para a pesquisa, destaca-se que, este capítulo irá detalhar a Questão 5 (“Como garantir que as informações de um depósito ou projeto possuam qualidade suficiente conforme recomendações dos códigos internacionais para declaração de recursos minerais?”), pela aplicação dos testes das hipóteses formuladas.

4.1. TESTE DA HIPÓTESE I

Hipótese I - Os dados apresentados nos relatórios técnicos das declarações públicas, obtidos dentro dos princípios e das boas práticas recomendadas pelos códigos internacionais, têm alta qualidade e garantem a credibilidade na tomada de decisão no processo de declarações públicas.

Os códigos de padronização são instrumentos que recomendam, mas não prescrevem, a forma e o conteúdo que as empresas atendem às diversas cláusulas, ainda que a condução dos trabalhos seja feita com responsabilidade e competência por seus(suas) PQs. Desta forma, buscou-se compreender como as orientações das melhores práticas promovem, de fato, a entrega de informações de alta qualidade.

Para testar a Hipótese I, foram selecionados, traduzidos e transformados em perguntas os requisitos da Seção 3 (Exploração e Sondagens, Técnicas de Amostragem e Dados) da Lista de Critérios de Verificação - *Table 1* do Código PERC (2021), por grupo temático:

- A. Exploração (3.1 – Quadro 24);
- B. Técnicas de sondagem (3.2 – Quadro 25);
- C. Amostragem, coleta, captura e armazenamento (3.3 – Quadro 26);
- D. Preparação e análise de amostras (3.4 – Quadro 27);
- E. Governança da amostragem (3.5 – Quadro 28);
- F. Controle e Garantia de Qualidade (QAQC) (3.6 – Quadro 29); e
- G. Densidade (3.7 – Quadro 30).

item	Requisito
(i)	As técnicas de exploração e aquisição de dados foram descritas? Foi indicado o nível de detalhe e de confiança nos dados geológicos utilizados? Os dados geológicos compreendem observações geológicas, resultados de sensoriamento remoto, estratigrafia, litologia, estrutura, alteração hidrotermal, mineralização, hidrologia, geofísica, geoquímica, petrografia, mineralogia, geocronologia, densidade, substâncias potencialmente deletérias ou contaminantes, características geotécnicas e de rochas, teor de umidade, amostras de grande volume etc.? Os conjuntos de dados incluem todos os metadados relevantes, como código de amostra exclusivo, massa de amostra, data de coleta, localização espacial etc.?
(ii)	Os dados primários (observação e medições) utilizados no projeto foram identificados e descritos? A forma de gestão e verificação dos dados e do banco de dados foi descrita? Os processos de aquisição (captura ou transferência), validação, integração, controle, armazenamento, recuperação e <i>backup</i> foram descritos? Os dados estão armazenados digitalmente? Caso contrário, há informações sobre a existência de tabelas preenchidas à mão, com dados e informações bem organizadas?
(iii)	Existe indicação sobre dados adquiridos por terceiros e referência a todos os dados e informações usados de outras fontes? Foi feita uma avaliação dos dados de terceiros e dos dados e informações usados de outras fontes?
(iv)	Os dados e informações da propriedade em discussão foram distinguidas daquelas derivadas de propriedades vizinhas?
(v)	Os métodos, técnicas e precisão para levantamento das coordenadas dos furos foram descritos? Os métodos, técnicas e precisão para perfilagens das sondagens foram descritos? O sistema de coordenadas utilizado foi descrito?
(vi)	Foi discutido se o espaçamento e distribuição espacial dos dados são suficientes para estabelecer o grau de continuidade geológica e de teor apropriado para o(s) procedimento(s) de estimativa e classificações aplicadas?
(vii)	Modelos representativos, mapas e seções transversais ou outras ilustrações bidimensionais ou tridimensionais de resultados, mostrando a localização de amostras, posições precisas das bocas de furo, perfilagens de furos, escavações subterrâneas, dados geológicos relevantes etc. foram apresentados?
(viii)	A geometria da mineralização em relação à orientação dos furos (devido à importância das relações entre espessura de mineralização e comprimento de interseção) foi descrita? Caso não seja conhecida, e apenas os comprimentos da mineralização ao longo do furo foram relatados, foi feita declaração clara (por exemplo, 'espessura verdadeira não conhecida')?

Quadro 24 – Critério 3.1 Exploração

item	Requisito
(i)	Foram apresentadas informações sobre o(s) tipo(s) de sondagem realizada(s) (por exemplo, rotativa diamantada, circulação reversa, percussão, rotativa a ar, trado, Banka, sônica etc.)? Foram detalhadas as informações (por exemplo, diâmetro dos testemunhos, barrilete triplo ou convencional, profundidade de furos desviados, coroa ou outro tipo de broca)? Existe informação sobre orientação dos testemunhos e, em caso afirmativo, por qual método?
(ii)	Existe indicação se a descrição geológica e geotécnica de amostras de testemunhos e <i>chips</i> foi feita no nível de detalhe necessário para suportar a estimativa apropriada do Recurso Mineral, estudos de lavra e ensaios metalúrgicos?
(iii)	Foi indicada a natureza (qualitativa quantitativa) da descrição de testemunhos (trincheiras, canais etc.). Foram utilizados métodos de imageamento de testemunhos (ou trincheiras, canais etc.)?
(iv)	Existe indicação para descrição do comprimento total e a porcentagem das interseções relevantes na descrição dos testemunhos?
(v)	São apresentados resultados de perfilagens dos furos de sondagem?

Quadro 25 – Critério 3.2 Técnicas de sondagem

item	Requisito
(i)	Existe descrição da natureza e qualidade da amostragem? (Exemplos que não limitam o significado amplo da amostragem: canais, <i>chips</i> ou ferramentas específicas de medição padrão de indústria apropriadas para os minerais sob investigação, como perfilagem gama em furos ou instrumentos fixos ou portáteis de difração de raios-X etc.)
(ii)	Os processos de amostragem (incluindo estágios de subamostragem divisão para maximizar a representatividade das amostras) foram descritos? O tamanho de amostra é apropriado ao tamanho do fragmento do material que está sendo amostrado? Existe indicação se feita alguma composição da amostra?
(iii)	Existe indicação para descrição de cada conjunto de dados (por exemplo, geologia, teor, densidade, qualidade, características geometalúrgicas etc.)? Foi apresentada descrição do tipo de amostra, seleção de massa da amostra e métodos de coleta?
(iv)	Existe indicação para descrição da natureza da geometria da mineralização em relação à orientação da sondagem (se conhecido)?

	<p>A orientação da amostragem foi planejada para obter uma amostragem não-enviesada de possíveis estruturas, considerando o tipo de depósito?</p> <p>Existe indicação de medição dos ângulos de interseção?</p> <p>Existe orientação para indicação dos comprimentos da mineralização ao longo do furo, caso o ângulo de interseção não for conhecido?</p>
(v)	<p>A descrição da política de armazenamento e prazos de retenção de amostras físicas (por exemplo, testemunhos, rejeitos de amostras etc.) está apresentada?</p> <p>Existe descrição do método de registro e avaliação das recuperações de amostras testemunhadas e <i>chips</i> e os resultados avaliados?</p>
(vi)	<p>Existe descrição das medidas tomadas para maximizar a recuperação das amostras e garantir sua representatividade?</p> <p>Existe discussão sobre a relação entre a recuperação das amostras e o teor e se, eventualmente, enviesamento da amostragem pode ocorrer devido à perda ou ganho preferencial de material fino ou grosso?</p>
(vii)	<p>Existe informação sobre o corte das amostras de testemunho, se foi feito com serra diamantada ou partido/quebrado?</p> <p>Foi descrito se o testemunho é submetido à análise inteiro, metade ou um quarto?</p> <p>Para amostragem não testemunhada, existe informação se a amostra foi subdividida, submetida a divisor rotativo ou a outro método indicado?</p> <p>Está descrito se a amostragem foi a seco ou a úmido?</p> <p>Existe discussão sobre o impacto do lençol freático ou vazões de água na recuperação e introdução de viés de amostragem ou contaminação vindas de cima?</p> <p>Existe discussão do impacto da variação do diâmetro do furo, por exemplo, pelo uso de um calibrador?</p>
(viii)	<p>Caso seja amostra de testemunho, a recuperação total do testemunho é mencionada?</p> <p>Grande perda de material do testemunho ao longo de uma interseção de corpo de minério pode comprometer seriamente a confiança em uma estimativa de recursos. Existem informações suficientes para avaliar os efeitos da perda do testemunho, especialmente em porções mineralizadas, de forma a cumprir os princípios fundamentais da Transparência e Materialidade?</p> <p>Existe discussão da relação entre teor e recuperação (positiva ou negativa) para avaliar o potencial de viés no teor?</p> <p>O método usado para determinar a recuperação do testemunho [<i>Total Core Recovery</i> (TCR), <i>Solid Core Recovery</i> (SCR) e <i>Rock Quality Designation</i> (RQD)] foi descrito?</p>

Quadro 26 – Critério 3.3 Método de amostragem, coleta, captura e armazenamento

item	Requisito
(i)	<p>A identidade, <i>status</i> de certificação e número de registro do(s) laboratório(s) estão indicados?</p> <p>Foi feita declaração dos laboratórios não acreditados?</p> <p>Existe registro das medidas tomadas pelo(a) Profissional Qualificado(a) para garantir que a qualidade esteja aceitável, no caso de os resultados serem provenientes de um laboratório não certificado?</p> <p>O método analítico foi identificado?</p> <p>Existe discussão sobre a natureza, qualidade e adequação dos processos e procedimentos de preparação, ensaio e laboratório utilizados?</p>
(ii)	<p>A técnica é considerada parcial ou total?</p> <p>Existe a descrição do processo e método usado para preparação de amostras, subamostragem, divisão e redução granulométrica?</p> <p>Existe discussão sobre a probabilidade de amostras inadequadas ou não representativas (ou seja, cominuição imprópria, contaminação, tamanhos de peneiras, granulometria, balanço de massa etc.).</p>

Quadro 27 – Critério 3.4 Preparação e análise de amostras

item	Requisito
(i)	<p>Existe discussão sobre a governança da campanha e do processo de amostragem, para garantir a qualidade e representatividade das amostras e dados (como recuperação das amostras, influência de altos teores, perdas seletivas ou contaminação, diâmetro dos testemunhos, QAQC (garantia e controle da qualidade) interno e externo e quaisquer outros fatores que possam ter resultado em enviesamento da amostragem, ou que este enviesamento tenha sido identificado)?</p>
(ii)	<p>As medidas tomadas para garantir a segurança da amostra e a rastreabilidade foram descritas?</p> <p>Existe formalização da Cadeia de Custódia?</p>
(iii)	<p>Existe descrição dos procedimentos de validação usados para garantir a integridade dos dados (por exemplo: transcrição, validação de entrada ou outros erros), entre sua coleta inicial e seu uso futuro para modelagem (por exemplo: geologia, teor, densidade etc.)</p>
(iv)	<p>O processo e a frequência da auditoria (incluindo as datas das auditorias) foi apresentado?</p> <p>Existe registro da divulgação de quaisquer riscos materiais identificados durante a auditoria?</p>

Quadro 28 – Critério 3.5 Governança da Amostragem

item	Requisito
(i)	Existe descrição das técnicas de verificação do processo de amostragem de campo (QA/QC), adequadas à fase e mineralização? Está descrita a quantidade de duplicatas, brancos, material de referência (padronizados e certificados)? Existem auditorias de processo e de análises?
(ii)	Se métodos indiretos de medição foram usados (por exemplo, métodos geofísicos), existe descrição da técnica, com atenção dada à confiança da interpretação?
(iii)	Estão indicadas as medidas tomadas para garantir a representatividade da amostra e a calibração adequada de quaisquer ferramentas ou sistemas de medição utilizados?
(iv)	Existem procedimentos de QA/QC usados para verificar bancos de dados atualizados com dados novos, de forma a não distorcerem as versões anteriores contendo dados 'antigos' armazenados?
(v)	Existe registro sobre o uso de qualquer laboratório de verificação independente (amostras de verificação em laboratório árbitro)? O laboratório independente foi identificado, com detalhes de sua acreditação?

Quadro 29 – Critério 3.6 Controle e Garantia de Qualidade (QAQC)

item	Requisito
(i)	Existe descrição do método de determinação da densidade <i>in-situ</i> com referência à frequência das medições, tamanho, natureza e representatividade das amostras?
(ii)	As estimativas preliminares ou premissas assumidas para a densidade <i>in-situ</i> foram descritas?
(iii)	A representatividade das amostras de densidade <i>in-situ</i> para o qual uma faixa de teor é relatada foi discutida?
(iv)	Foi apresentada discussão da medição da densidade <i>in-situ</i> para material granular usando métodos que consideram adequadamente os espaços vazios (cavidade, porosidade etc.), umidade e diferenças entre rochas e zonas de alteração dentro do depósito?

Quadro 30 – Critério 3.7 Densidade

Os 36 critérios (indicados nos quadros em números romanos, minúsculos, coluna à esquerda) foram transformados em 74 questões, conforme organização original. Para cada uma das questões, foi feita uma avaliação de atendimento, com as alternativas:

- atende integralmente;
- atende parcialmente;
- não atende;
- não informado; e
- não aplicável.

Desde o início das pesquisas, em 2016, foram consultadas cerca de 160 declarações públicas de projetos de todo o mundo, obtidas pela consulta aos portais indicados no item 3.5.2. Destes, foram selecionados 11 (Quadro 31) para aplicar o teste a seguir descrito, representativos dos diversos tipos de declaração, estágio de desenvolvimento, *commodity*, grupo empresarial e empresa de consultoria que desenvolveu o relatório, com operação no Brasil.

Por discricção, o nome da empresa de mineração e da empresa de consultoria foram omitidos desta publicação, mas podem ser disponibilizados para confirmação da aplicação da metodologia.

#	Commodity	Estado	Ano	Fase de declaração
1	Cobre	BA	2019	Atualização de Recursos e Reservas Minerais
2	Cobre	RS	2019	Divulgação de Recursos Minerais
3	Cobre Ouro	PA	2016	Atualização de Recursos Minerais Indicados
4	Cobre Ouro	PA	2020	Atualização de Recursos e Reservas Minerais
5	Grafita	BA	2019	Divulgação de Recursos Minerais
6	Lítio	MG	2019	Divulgação de Recursos Minerais
7	Níquel	PA	2018	Estudo de viabilidade
8	Ouro	PA	2019	Atualização de Recursos e da Avaliação Econômica Preliminar
9	Ouro	AP	2018	Atualização de Recursos e Reservas Minerais
10	Ouro	MG	2020	Divulgação de Recursos Minerais
11	Ouro	PA	2018	Divulgação de Recursos Minerais

Quadro 31 – Relatórios técnicos avaliados na Hipótese I

Sobre as definições do teste:

- os relatórios atendem às orientações do CIM (2014) e NI 43-101 (CSA, 2011), em conteúdo e forma;
- a avaliação foi feita com os critérios e agrupamento atualizado de temas do PERC (2021), que foi escolhido por apresentar discussões aprimoradas do ITR CRIRSCO (2019). Como estes estão sendo utilizados de base para os instrumentos que estão em revisão, incluindo o Guia CBRR, que deverá estar em vigência a partir de 2023, entende-se que este teste poderá ser replicado em larga escala e por muitos anos;
- quando a pergunta era considerada 'não aplicável', o requisito era retirado da ponderação e da pontuação final, com normalização pelos itens remanescentes;
- após a avaliação, foi feito o cálculo das médias aritmética e ponderada das notas para cada relatório, por grupo temático, para cada pergunta; e
- como, apesar de criada com metodologia científica, a avaliação de atendimento do critério passa pela subjetividade do avaliador, optou-se por, após sua realização, agrupar as alternativas apenas em dois resultados (sim | não), para não penalizar os relatórios.

A Figura 38 apresenta os resultados da aplicação do teste, para todos os relatórios das empresas selecionadas, quanto ao número de critérios atendidos. Verificou-se que, do total de 11 empresas, 6 atenderam a mais de 50% das questões, o que equivale a quase 55% do total de empresas.

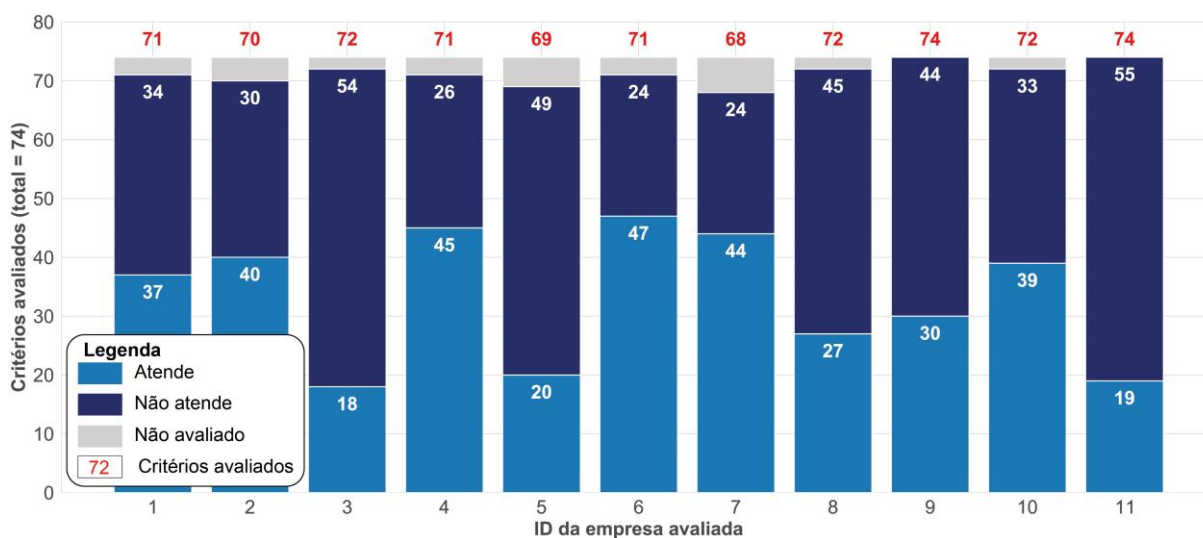


Figura 38 – Resultado da aplicação do teste do atendimento aos critérios, por empresa

O atendimento é indicado visualmente pelo tom das cores. Desta forma, é possível verificar que, se os tons são, em geral, mais claros, o relatório atende melhor aos critérios.

A ordenação das empresas foi mantida em todas as análises. Os diversos temas são apresentados nas Figuras 39 a 45.

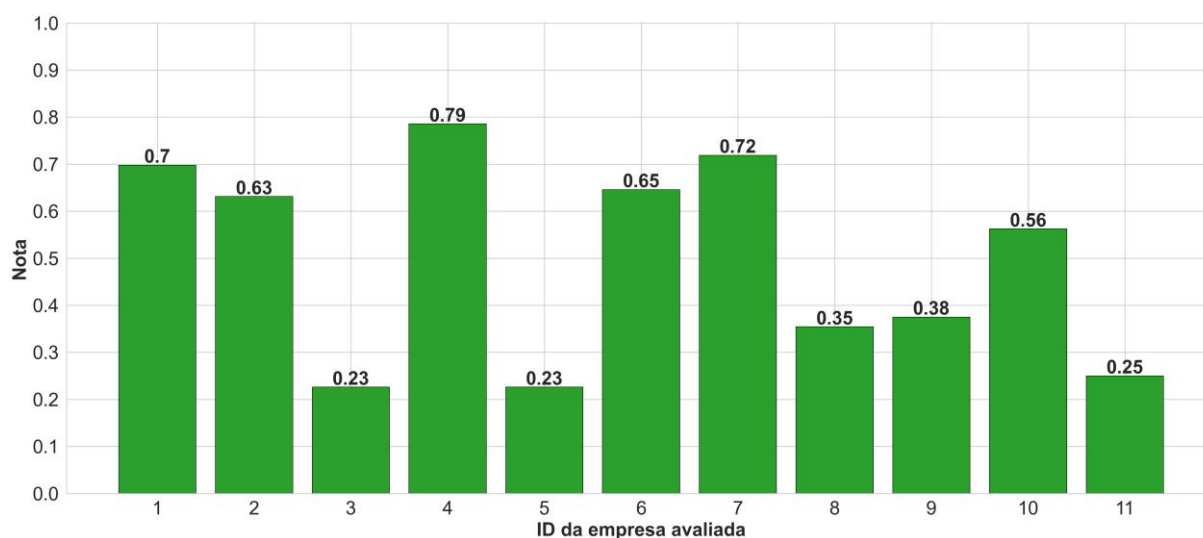


Figura 39 – Resultado do teste para o tema Exploração

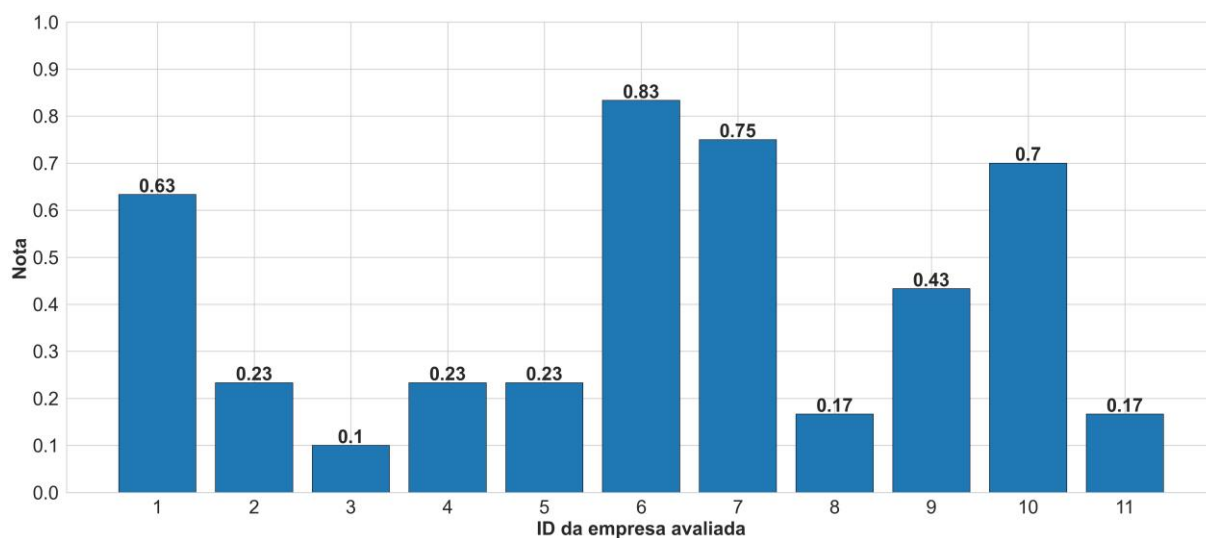


Figura 40 – Resultado do teste para o tema Técnicas de Sondagem

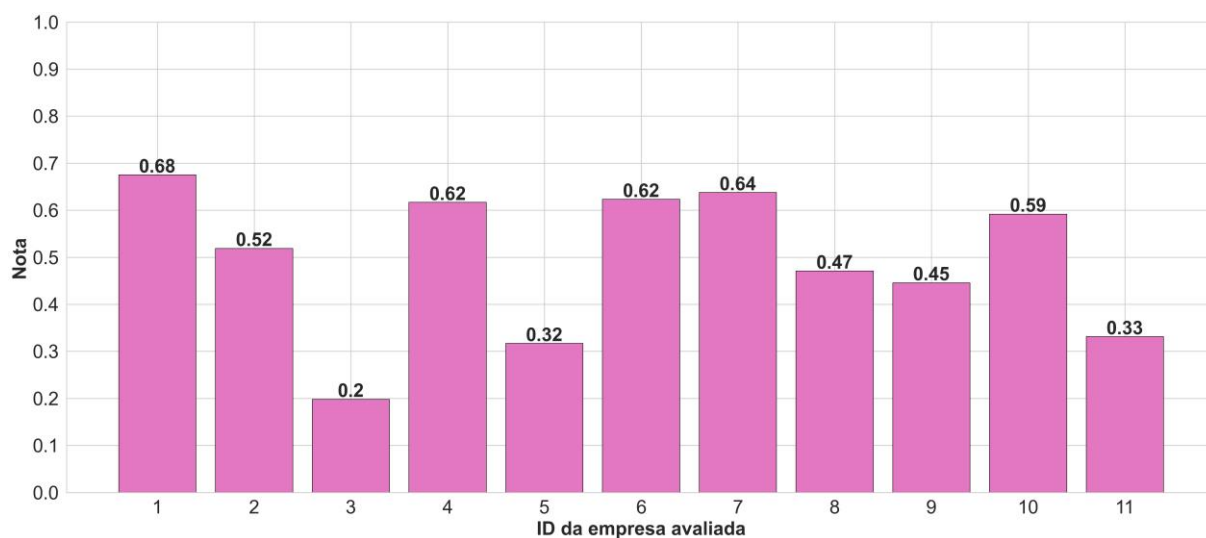


Figura 41 – Resultado do teste para o tema Amostragem, Coleta, Captura e Armazenamento

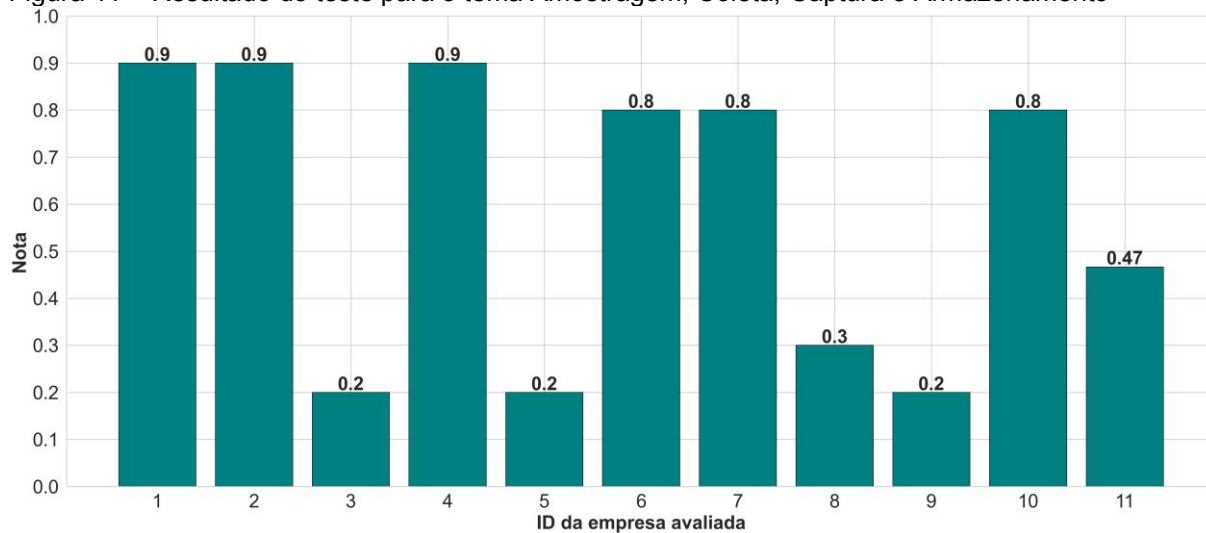


Figura 42 – Resultado do teste para o tema Preparação e Análise de Amostras

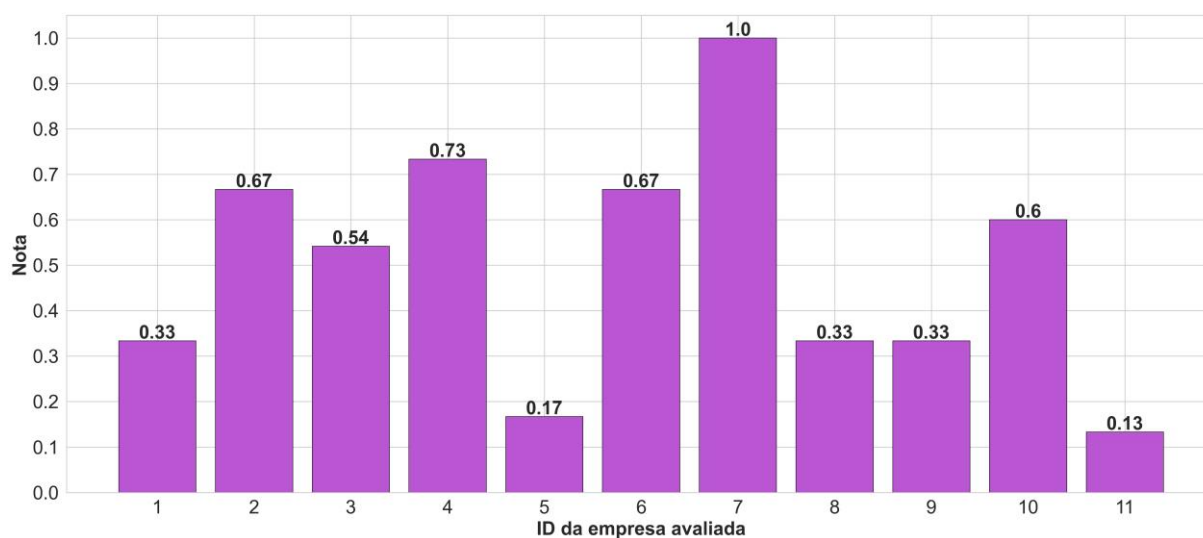


Figura 43 – Resultado do teste para o tema Controle e Garantia de Qualidade (QAQC)

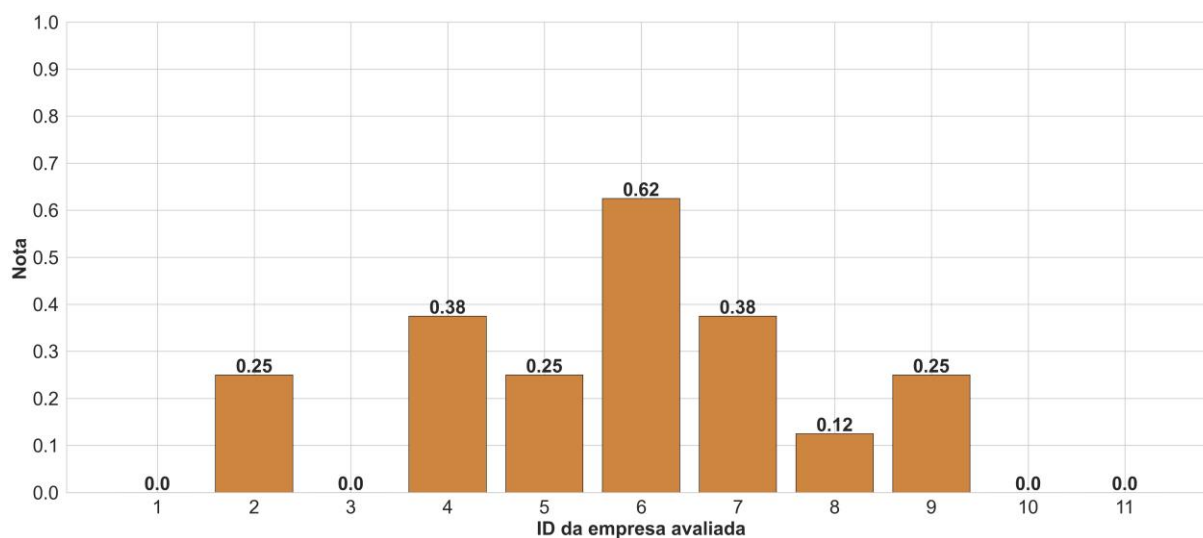


Figura 44 – Resultado do teste para o tema Governança de Amostras

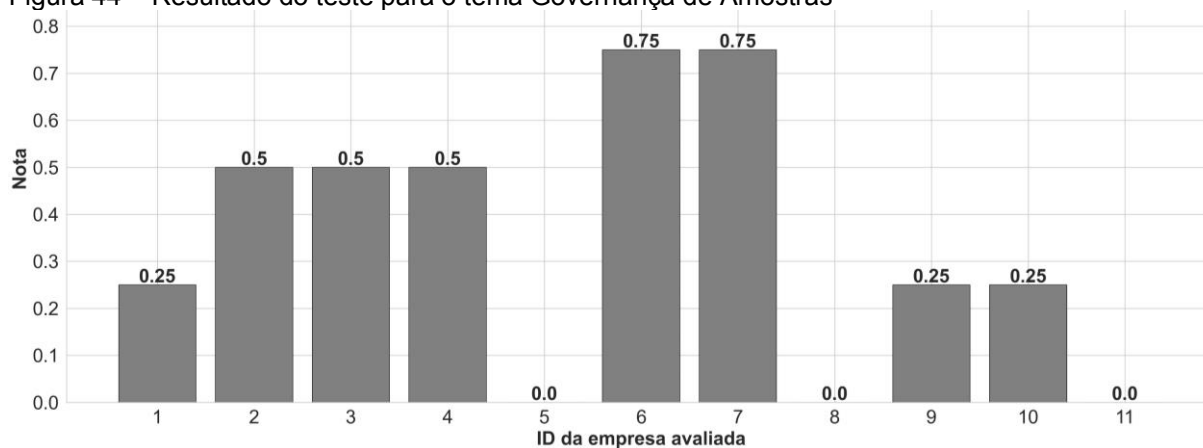


Figura 45 – Resultado do teste para o tema Densidade

As Figuras 46 e 47 organizam todas as empresas e todos os temas, respectivamente, com as médias aritméticas e ponderadas. Nota-se que não há diferença significativa entre as duas médias.

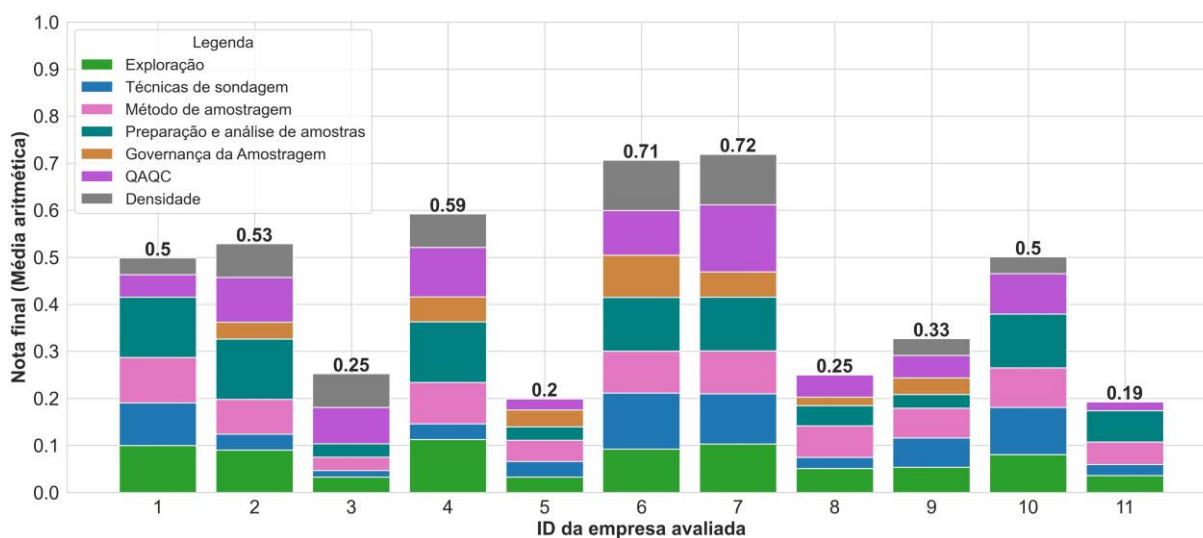


Figura 46 – Resultado do teste de todos os critérios, calculado por média aritmética

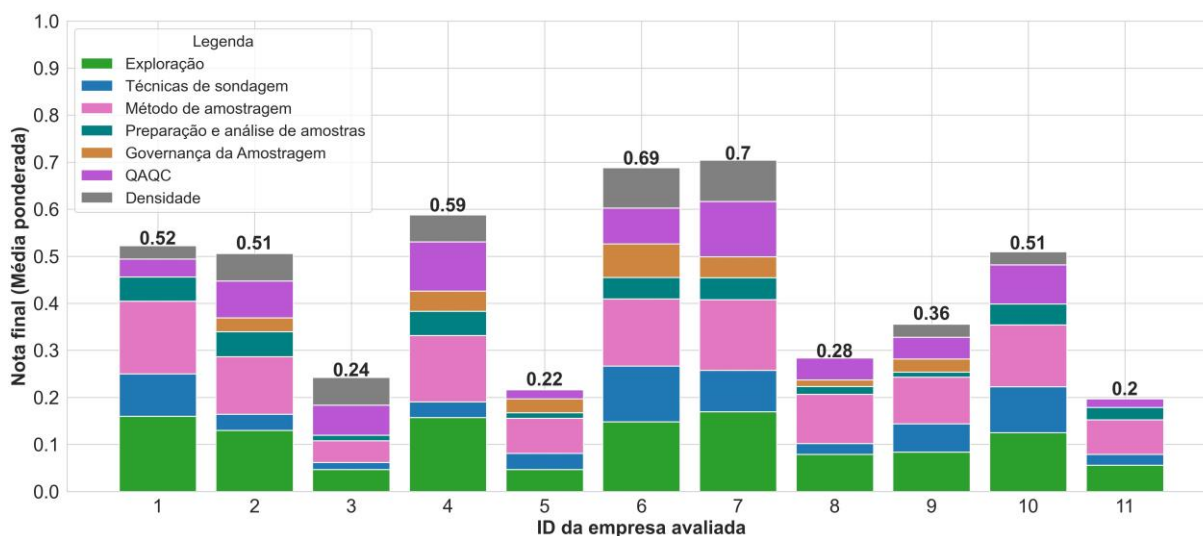


Figura 47 – Resultado do teste de todos os critérios, calculado por média ponderada

Há uma variação grande do atendimento aos critérios, em todos os temas e em todas as empresas, independentemente do estágio de desenvolvimento em que se situa ou qualquer outra premissa inicial. Com esta forma de ilustração, é possível verificar qual tema foi melhor atendido por empresa e no total. Algumas empresas atendem proporcionalmente todos os temas da mesma forma, outras atendem melhor alguns temas específicos, sem análises particularizadas dos temas.

Dentre todas as verificações feitas, notou-se que, a partir da pontuação criada:

- o relatório da empresa 7 (níquel) teve o melhor desempenho médio (score 0,72), melhor relatório, 44 critérios atendidos (de 68 aplicáveis), com liderança nos temas Exploração, Amostragem, QAQC;

- o segundo lugar foi da empresa 6 (Ítlio), que atendeu o maior número de critérios (47, de 71 aplicáveis) e liderou em Técnicas de Sondagem e Governança de Amostras. Houve empate nos temas Preparação de Amostras e Análises e Densidade;
- a empresa com pior desempenho foi a 11 (ouro), com média 0,2 e apenas 19 critérios atendidos de 74 possíveis, sem atendimento aos temas de Governança de Amostras e Densidade;
- os temas melhor atendidos são Preparação de Amostras e Análises e QAQC;
- o tema menos atendido é Governança de Amostras e o penúltimo é Densidade, que tem pouco atendimento mesmo com somente quatro critérios;
- Governança de Amostras é um tema novo, e é natural que o atendimento de forma organizada ainda não ocorra sistematicamente, até porque a publicação da declaração é anterior à definição do código; e
- Densidade foi a maior surpresa da análise, devido à importância do atendimento às orientações para a transparência do processo.

As análises anteriores foram feitas comparando os temas com as empresas. Na Figura 48 foi feito o raciocínio inverso, com a verificação do atendimento de cada tema por cada uma das empresas. Destacou-se o atendimento no tom das cores (mais claro = critério atendido e mais escuro = critério não atendido). Desta forma, é possível verificar que, se os tons são, em geral, mais claros, o relatório atende melhor aos critérios.

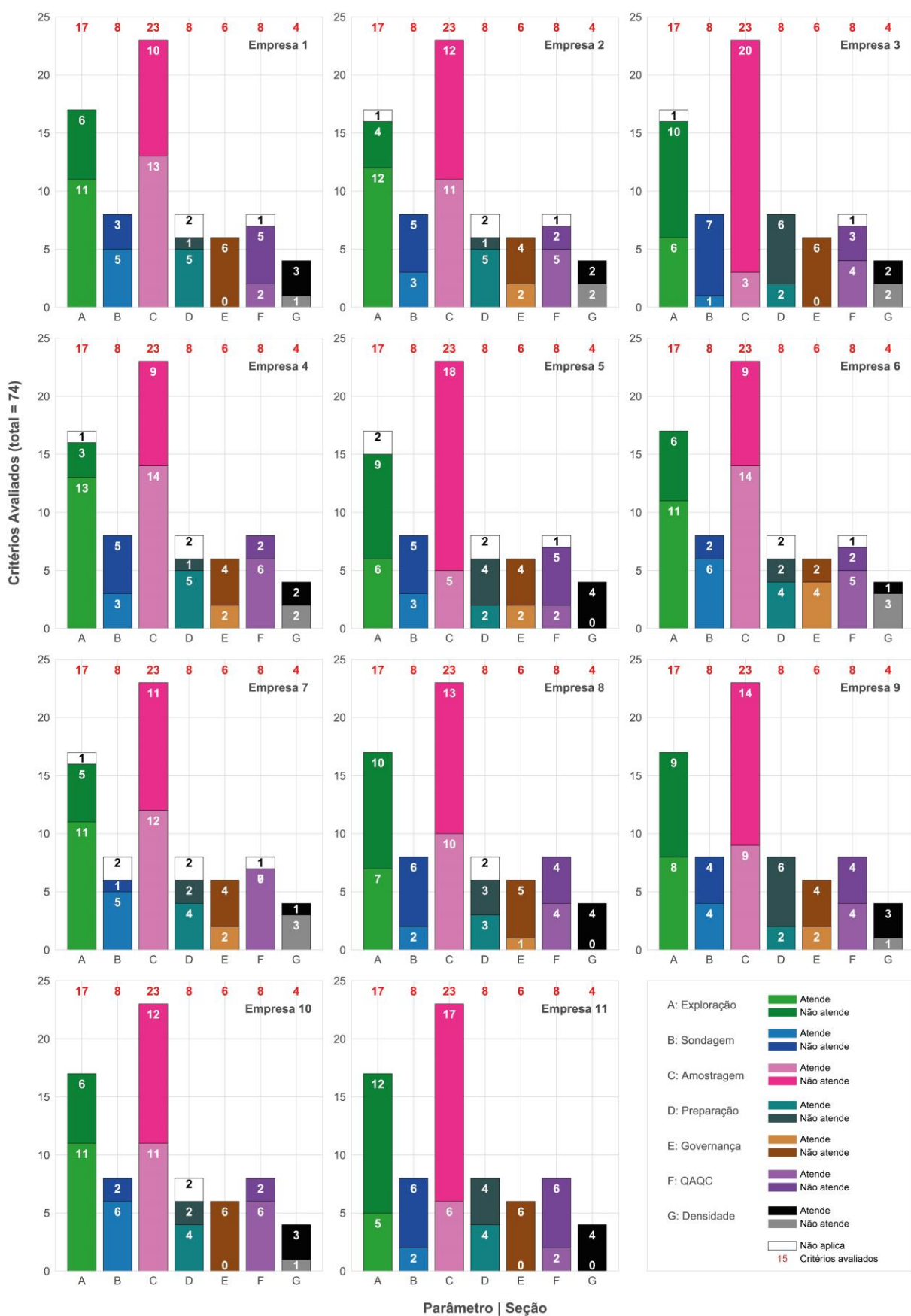


Figura 48 – Resultado da aplicação do teste, por empresa

Após verificar os resultados, foi feita a avaliação apresentada no Quadro 32, com as classes baixa, média, alta e muito alta, atribuídas para os dados apresentados nas declarações públicas e para o atendimento aos padrões internacionais, em qualidade técnica e quantidade de critérios atendidos.

#	Fase de declaração	Classe almejada	Avaliação		Observações
			Dados	Padrão	
1	Atualização de Recursos e Reservas Minerais	Recursos Reservas	Média	Alta	Bom para a fase
2	Divulgação de Recursos Minerais	Recursos inferidos	Baixa	Alta	Bom para a fase
3	Atualização de Recursos Minerais Indicados	Recursos Indicados	Baixa	Baixa	Insuficiente para Recurso Indicado
4	Atualização de Recursos e Reservas Minerais	Recursos Reservas	Alta	Muito alta	Excelente para a fase
5	Divulgação de Recursos Minerais	Recursos	Baixa	Baixa	Insuficiente para Recurso Medido
6	Divulgação de Recursos Minerais	Recursos Reservas	Alta	Alta	Bom para a fase
7	Estudo de viabilidade	Recursos Reservas	Alta	Muito alta	Bom para a fase
8	Atualização de Recursos e da Avaliação Econômica Preliminar	Recursos indicados e inferidos	Média	Média	Bom para Recurso Inferido e Indicado
9	Atualização de Recursos e Reservas Minerais	Recursos Reservas	Alta	Média	Bom para Recurso, mas pouca informação para Reserva
10	Divulgação de Recursos Minerais	Recursos indicados e inferidos	Muito alta	Muito alta	Excelente para a fase
11	Divulgação de Recursos Minerais	Recursos indicados e inferidos	Baixa	Baixa	Bom para Recurso Inferido, insuficiente para Recurso Indicado

Quadro 32 – Avaliação dos relatórios técnicos

A Figura 49 ilustra a comparação das avaliações do Quadro 32 com a média da nota final.

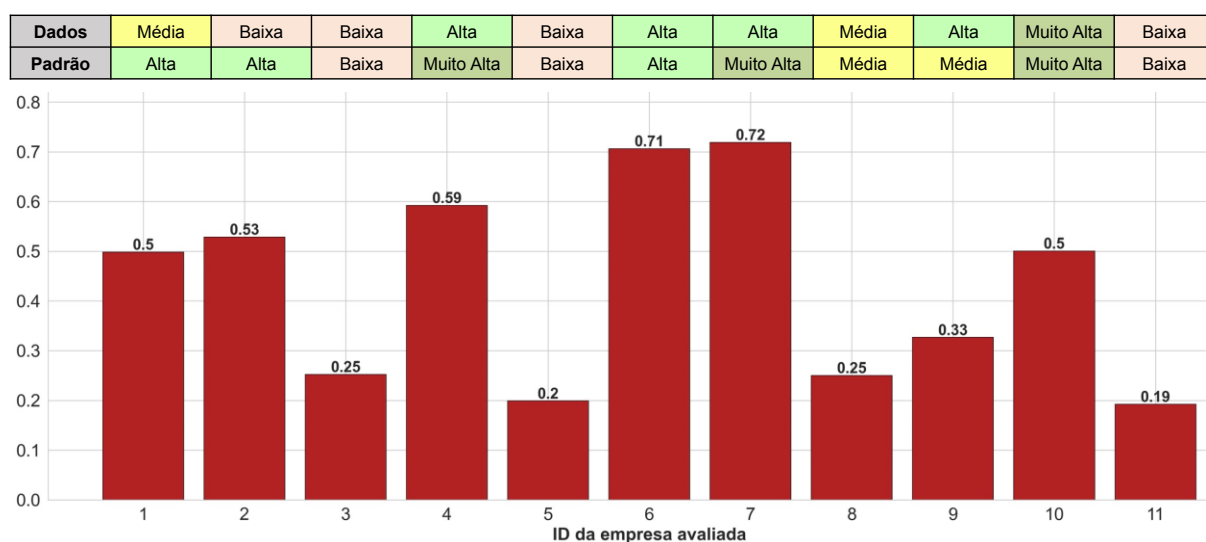


Figura 49 – Resultado da pontuação final por empresa x avaliação da declaração.

As observações destacam se o relatório atende ao estágio de desenvolvimento em que o projeto se encontra, quanto à classe almejada na declaração e quanto à aderência de atendimento aos padrões CRIRSCO.

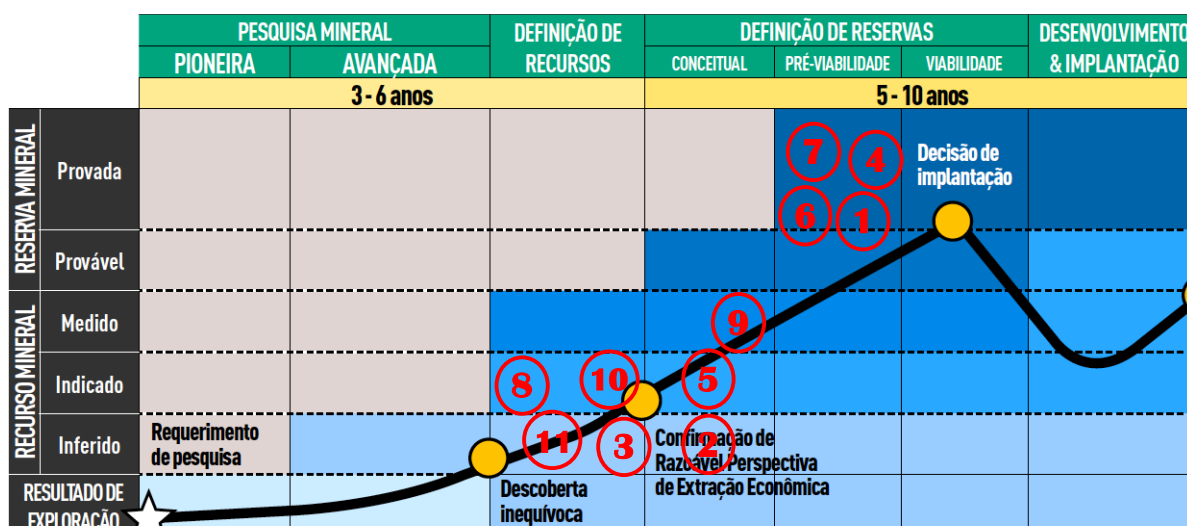
Notou-se que a pontuação não reflete, necessária ou diretamente, a avaliação quanto à qualidade dos dados ou à aderência aos padrões.

Verificou-se que, em alguns casos, apesar das recomendações estarem plenamente atendidas – em geral os relatórios são elaborados por empresas e consultores renomados, de competência indiscutível - havia poucos dados para suportar a decisão do estágio de desenvolvimento. Como exemplo deste caso, destacam-se as empresas 3 (Cobre | Ouro) e 5 (Grafita), que refletiu a baixa avaliação. A empresa 11 (Ouro) teve pontuação tão baixa como as 3 e 5 e a avaliação indicou que não cumpriu o objetivo de classificação para recursos minerais indicados, mas atenderia para inferidos. A empresa 2 (Cobre) teve média pontuação, mas baixa avaliação para os dados.

Por vezes, estava adequado para um dos objetivos, mas não para todos – exemplos: empresas 9 (Ouro) e 10 (Ouro). Também houve o caso de apresentar avaliação média e ainda assim estar adequado para a fase – empresas 1 (Cobre) e 8 (Ouro). As empresas 6 (Lítio) e 7 (Níquel) tiveram boa pontuação, e obtiveram avaliação alta e muito alta, mas a empresa 10 (Ouro), com pontuação menor obteve avaliação muito alta para dados e muito alta para atendimento aos padrões, atendendo, com excelência aos objetivos.

Adicionalmente, foi feita a aferição desta avaliação com a estrutura “*Resource Project Framework*” de Noppé (2016), discutido no item 2.2, quando da apresentação do ciclo de vida do projeto mineral, criado por Cuchierato et al. (2021), vide Figura 50.

Cada um dos relatórios foi plotado no gráfico, quanto à classe almejada e indicação do atingimento (indicado no campo da observação do Quadro 32). A estrutura proposta por Noppé (2016) sugere a identificação da veracidade das declarações, e aponta se os dados corroboram a classe almejada e o estágio de desenvolvimento, ou não. Nesta sobreposição de metodologias, através do uso de pontuação de classificação relativa para os diversos critérios propostos nesta pesquisa, reforça-se que, apesar de se poder verificar o não atingimento das metas propostas pelas empresas, não há como garantir que os dados apresentados atribuam ou não qualidade ao projeto.



Fonte: Elaborado pela autora, baseado em Cuchierato et al. (2021), integrando metodologia de Noppé (2016).

Conclui-se, que, qualificar a aderência aos códigos quanto aos dados apresentados não garante, necessariamente, a qualidade do projeto, e, portanto, não pode ser usado da forma que vem sendo usado pelo mercado – ou seja, usar a credibilidade de um relatório apresentado no formato “NI 43-101” ou “JORC”, para cancelar que o projeto é bom.

Assim sendo, conclui-se que a **Hipótese I é falha**, pois, apesar dos dados terem sido supostamente adquiridos e devidamente apresentados conforme as recomendações dos instrumentos internacionais, disponibilizados em relatórios técnicos padronizados, não necessariamente refletiram o nível de risco da fase em que se encontravam, com a clareza necessária para a tomada de decisão.

4.2. TESTE DA HIPÓTESE II

Hipótese II – É possível criar um mecanismo de avaliação da qualidade para projetos e operações mineiras, baseado nas recomendações das práticas internacionais, que aponte forças e fraquezas dos métodos e processos, aumente a confiança nas informações e indique os riscos potenciais relacionados aos dados.

Uma vez que, conforme provado pela falha da Hipótese I, não é a aplicação das orientações dos instrumentos que garante a qualidade da informação das declarações públicas dos recursos minerais, é de elevada importância que haja uma

forma de atribuir e mensurar a confiança dos dados geológicos. A Figura 51 organiza as três dimensões temporais de problemas a serem resolvidos.

PASSADO	PRESENTE	FUTURO
Diversas campanhas de sondagens Diferentes empresas de sondagem contratadas Procedimentos modificados ao longo do tempo Evolução dos equipamentos de medição de desvio da trajetória e de posicionamento topográfico Métodos analíticos com diferentes limites de detecção, precisão e exatidão	Transparência Validação e integração de dados, sistemas e processos Padronização de entregas ANM e Declarações Demanda por redução do tempo para disponibilidade do uso do dado Ampliação de Profissionais Qualificados	<i>Big Data</i> Previsibilidade <i>On-line Real time</i> Transformação Digital ESG e ODS Inteligência artificial, <i>machine learning</i> , IoT Futuro do trabalho

Figura 51 – Demandas nas esferas temporais

Este trabalho foi direcionado para a construção de um método de validação e compatibilização dos dados do Cenário 1 (Passado) + Cenário 2 (Presente), de forma a preparar o ambiente para o Cenário 3 (Futuro).

Destacadas, detalhadas e discutidas todas as considerações dos capítulos anteriores, modulou-se uma estrutura integrada para avaliação, compatibilização e validação da qualidade dos dados adquiridos pelas corporações com o objetivo de declarar e classificar resultados de exploração, recursos e reservas minerais.

4.2.1. Metodologia de Avaliação da Qualidade

Durante a vigência do projeto de doutoramento, a pesquisadora atuou como consultora técnica em projetos desenvolvidos para empresas de mineração brasileiras, desde as fases iniciais de projetos de exploração até operação, onde pôde verificar, em profundidade, os problemas anteriormente indicados. Por questões contratuais de confidencialidade, nenhum dado real será identificado.

Foram testadas diversas metodologias de avaliação da qualidade de dados geocientíficos, e aqui será apresentada a síntese das ferramentas funcionais desenvolvidas e recomendadas, intitulada **Metodologia de Qualidade de Geodados** (*GeoData Quality Management*). Dividiu-se o foco dos trabalhos conforme ilustrado na Figura 52.

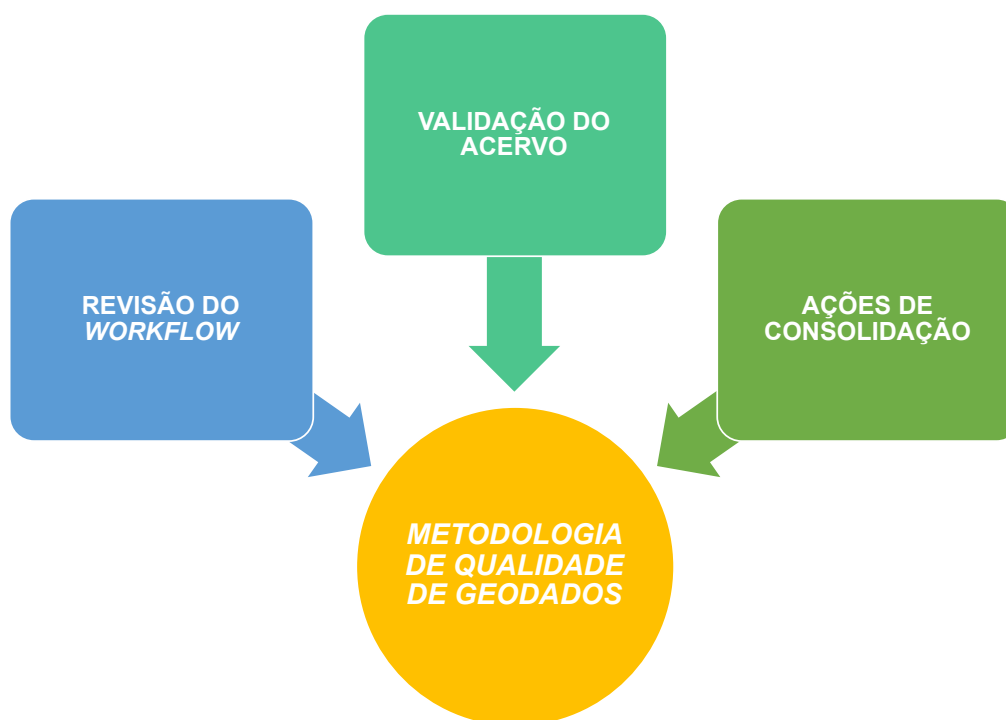


Figura 52 – Etapas de avaliação da qualidade proposta

4.2.1.1. Revisão do workflow

A avaliação de todo o fluxo de aquisição de dados deve ser realizada de forma temporal, para entender como variou a qualidade dos dados ao longo do tempo e garantir que, com a correção e o realinhamento de práticas e estratégias, os futuros dados gerados estarão isentos de erros dos diversos tipos ou, ao menos, serão minimizados às suas formas fundamentais, não derivadas ou decorrentes de ações humanas.

O desenho (e revisão) do *workflow* de uma empresa de mineração, seja qual for a etapa em que se encontra no ciclo de vida, é feito com o levantamento e a sistematização das atividades relacionadas à aquisição de dados geológicos, mapeando as principais tarefas de cada processo, representadas e documentadas em fluxograma. São também identificadas as oportunidades de melhoria dos processos e os problemas ou fragilidades mais frequentes, que afetam negativamente o fluxo de trabalho e a confiança nos dados adquiridos. Os participantes desse trabalho devem ser, principalmente, os profissionais que realizam o processo no dia a dia, que, além de relatarem e fazerem o depoimento sobre sua execução, indicam as evidências e os documentos para complementação das avaliações.

A seguir são descritas as principais etapas utilizadas e recomendadas.

4.2.1.1.1. Modelagem de processos

A modelagem de processos é parte de uma visão mais ampla da gestão estratégica, que, para ser atingida, é necessário avaliar e medir os processos que fazem parte da rotina operacional da empresa. No caso particular do objeto deste projeto de doutoramento, os processos em questão são aqueles referentes à rotina de aquisição de dados geológicos utilizados para as estimativas de recursos minerais.

Uma das interessantes ferramentas utilizadas na gestão de negócios para a otimização dos resultados das organizações é o BPM, ou *Business Process Modelling*, para a sistematização dos processos individuais, com definição de recursos, tarefas, objetivos, responsabilidades, clientes e fornecedores, dentre outros pontos de integração.

Para criar os mapas de processos recomenda-se a versão gratuita da ferramenta *Bizagi Modeler*, que utiliza o padrão internacional BPMN (*Notation*). A escolha de uma ferramenta de *software* aderente ao padrão BPMN é importante, pois os diagramas criados nesse projeto podem servir de base para fluxos de trabalhos (*workflows*) em futuros estudos de melhoria de processos e automação de fluxos.

A modelagem permite uma série de visões sobre os processos, tais como: agilidade, aumento em produtividade, *compliance* e rastreabilidade, e visa trazer dimensões importantes para análise. São conduzidas entrevistas com os participantes de todo os processos de geração, armazenamento e utilização de dados dentro da organização, buscando-se compreender a arquitetura da empresa, funcionamento e utilização dos dados, regras, normativos, padrões e outras condutas.

Cada processo é composto por tarefas e têm as seguintes características:

- consomem recursos - tempo, finanças, equipamentos e outros;
- apoiam-se em ferramentas de *software* (exemplo, sistema de gerenciamento de dados geológicos);
- possuem tempo e ciclo de execução, cujos passos são reprodutíveis, repetitivos, rotineiros, podem ser refeitos ou analisados; e
- podem ser auditados.

Todos os locais de geração de dados devem ser verificados durante a atividade de mapeamento, com acompanhamento das tarefas pelos executores e responsáveis,

com verificação em procedimentos operacionais disponibilizados. A Figura 53 ilustra as etapas de trabalho para a organização das informações dos modelos.



Figura 53 – Etapas realizadas para definição dos Modelos *As Is* e *To Be*

O cenário atual é denominado *As Is* e o cenário futuro *To Be*, que contêm, respectivamente, as informações detalhadas da forma atualmente executada e sugerida para a execução das tarefas. Os dois conjuntos de mapas (*As Is* e *To Be*) são importantes para que se possa estabelecer como e quais evoluções de processos serão feitas, de acordo com planejamento e estratégias corporativas.

Após diagnosticar os processos que geram dados e informações em cada projeto ou operação mineira, são descritas suas características, tais como:

- executores das tarefas e processos;
- procedimentos e orientações para realização das tarefas;
- formas de mensurar o desempenho;
- tempo de execução das tarefas, ciclos e processos; e
- recursos utilizados na execução das tarefas: profissionais envolvidos, materiais, capital, equipamentos e outros.

A Figura 54 organiza todos os processos verificados para a cadeia de valor do dado geológico. As Figuras 55, 56 e 57 ilustram BPMs *As Is* e *To Be* conceituais, para primeiro e segundo níveis.

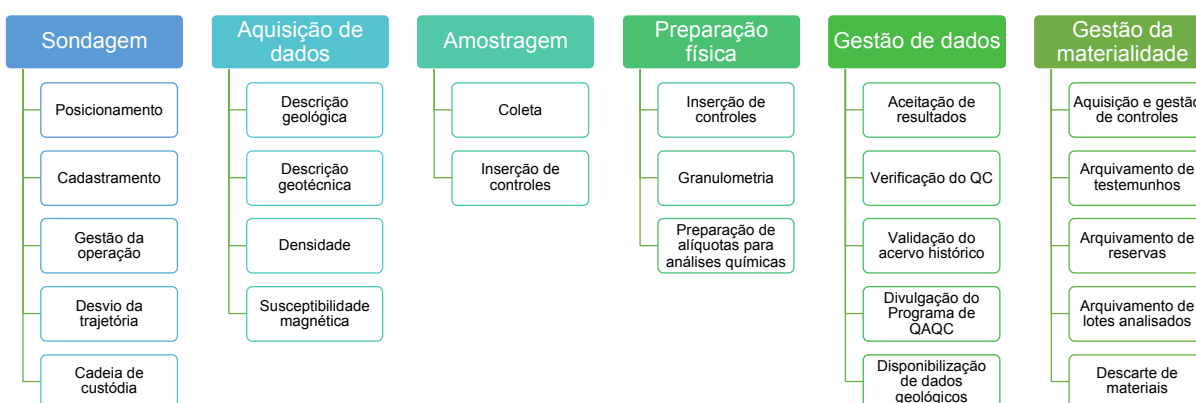


Figura 54 – Processos de aquisição de dados em projetos e operação mineira

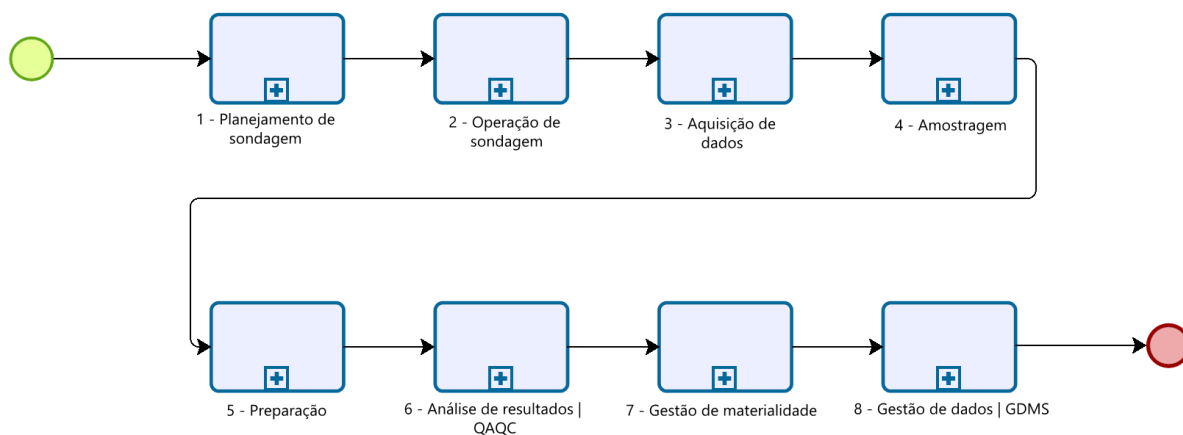


Figura 55 – Exemplo BPM – nível 1 (Cadeia de valor: Gestão de Dados Geológicos)

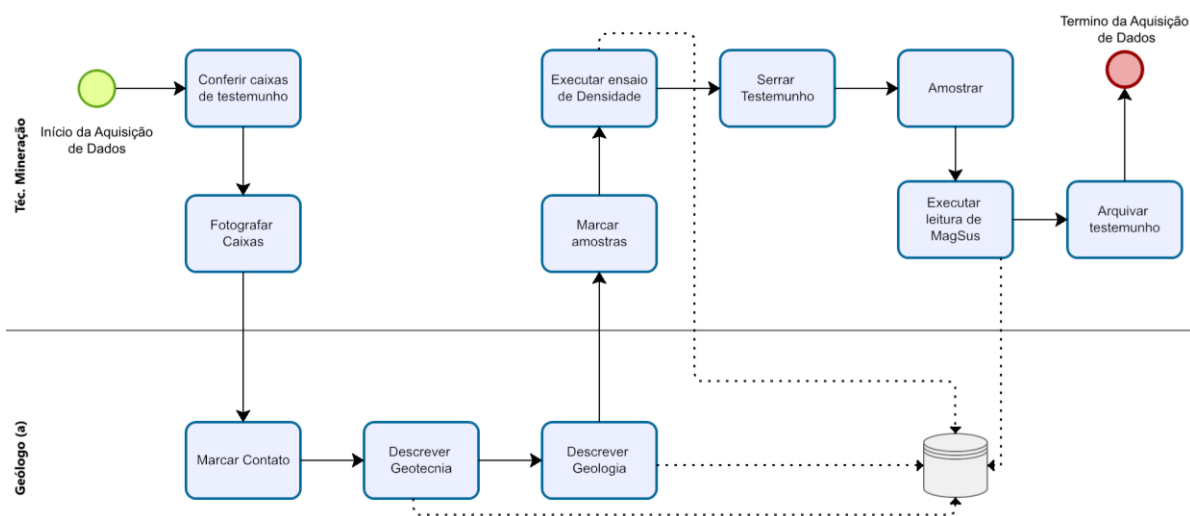


Figura 56 – Exemplo BPM – nível 2 (Processo: Aquisição de Dados) As /s

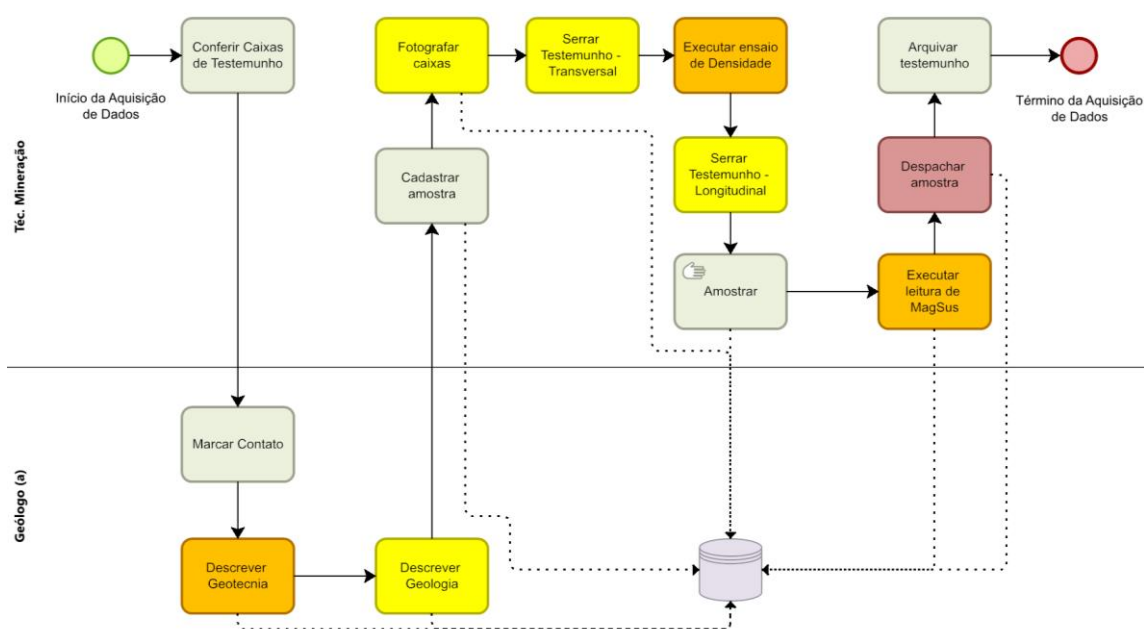


Figura 57 – Exemplo BPM – nível 2 (Processo: Aquisição de Dados) *To Be*

4.2.1.1.2. Aplicação da matriz de aderência aos códigos

Frente aos principais problemas relacionados a pontos de potenciais não atendimentos às auditorias, que podem causar *Fatal Flaws* (as indesejáveis falhas fatais), e, inclusive afetar a credibilidade dos projetos da indústria mineral, há que se avaliar o atendimento à Lista de Critérios de Verificação alinhadas aos códigos da família CRIRSCO, para identificar fragilidades em apresentação da informação geológica e, por consequência, da qualidade dos dados.

Para orientar o diagnóstico que deve ser realizado na empresa aos moldes de uma auditoria de recursos realizada por um(a) PQ, recomenda-se avaliar integralmente os requisitos da Seção 3 (Exploração e Sondagens, Técnicas de Amostragem e Dados), apresentados no item 4.1. Também sugere-se que seja verificado o posicionamento do projeto em relação à fase em que se encontra, conforme o *Framework* de avaliação de Noppé (2016), pela Figura 95.

4.2.1.1.3. Padronização e disponibilização de procedimentos

A padronização de procedimentos, bem como a organização e manutenção dos registros de evidências da execução das tarefas, são essenciais para o atendimento

e conformidade às boas práticas recomendadas, quanto aos princípios de Transparência, Materialidade e Competência dos códigos internacionais alinhados ao CRIRSCO e podem ser, assim, objeto de comparação (*benchmarking*) e de auditoria.

Os procedimentos operacionais (PROs) são instrumentos de padronização de processos, que permitem também o gerenciamento de sistemas de gestão. Visam à garantia de condução de cada uma das atividades de um processo de forma padronizada, através de descrições dos métodos de forma detalhada, sobre como proceder na execução das tarefas e etapas rotineiras. Não são ferramentas estáticas – evoluem com o tempo, mas sua evolução deve ser bem discutida, analisada e adotada sempre que for necessária. Um fator importante é que se um método é modificado, deve ser documentado e comunicada sua alteração a todos os usuários de modo que a padronização permaneça ativa.

Durante sua elaboração e revisão, devem ser adotados os princípios de:

- padronização de estrutura, hierarquia e padrões de documentação;
- simplificação, para facilitar o entendimento e a aplicação do texto e minimizar a quantidade de documentos; e
- organização, de forma a garantir que o documento normativo correspondente ao(s) respectivo(s) processo(s) esteja sempre com o conteúdo atualizado, revogando documentos conflitantes e substituindo-os por outros mais simples e consistentes.

A base do PRO é uma descrição das tarefas do fluxo do processo de trabalho e um roteiro padronizado sobre as operações do processo, estruturado de forma que permite que responsáveis e executores tenham todas as informações necessárias para que as tarefas correspondentes aos processos sejam executadas de maneira sistemática e padronizada. Para garantir a padronização da coleta de dados de sondagem para avaliação de recursos minerais, recomenda-se, minimamente, a elaboração de procedimentos relacionados aos processos indicados na Figura 103.

Recomenda-se a estruturação dos documentos com os itens:

- i. Cabeçalho
- ii. Resultados esperados
- iii. Objetivo do procedimento
- iv. Abrangência | Aplicação
- v. Documentos de referência
- vi. Glossário (definições, conceitos, termos e siglas)
- vii. Recursos necessários

- viii. Responsabilidades (corporativas e individuais)
- ix. Descrição das etapas da atividade
- x. Fluxograma
- xi. Produtos
- xii. Controles de qualidade do processo
- xiii. Elaboradores
- xiv. Controle de revisões

4.2.1.1.4. Diagnóstico do programa de QAQC

Como uma das principais ferramentas de demonstração de credibilidade de projetos e operações mineiras recomendadas pelos códigos internacionais, há que se identificar o nível de maturidade e atendimento a um Programa de QAQC.

Recomenda-se que a empresa faça um diagnóstico para verificação da aderência às melhores práticas e a Figura 54 ilustra todos os elementos que devem estar contemplados no programa.



Figura 58 – Elementos de um Programa de QAQC

Os itens que estão descritos a seguir excedem as diretrizes dos instrumentos padronizados de declaração, de maneira a atingir níveis de excelência. O Programa de QAQC eficaz é aquele que é ativo e permanente, com revisões e atualizações constantes do processo, permitindo que ações corretivas sejam tomadas em tempo real. Deve-se determinar quais metas de precisão e exatidão são desejáveis, de acordo com a fase do ciclo de vida em que o projeto se encontra.

4.2.1.1.4.1.Ferramentas de controle

Devem ser definidos todos os parâmetros a serem controlados, tais como:

- elementos e óxidos de interesse, elementos traços, deletérios, contaminantes e outras propriedades;
- suporte amostral, parâmetros descritivos, tamanho e massa da amostra, equipamentos e operações unitárias de preparação física; e
- métodos e equipamentos analíticos, procedimentos de abertura e dissolução das amostras (alterações físicas ou químicas), bem como limites de detecção.

As taxas de inserção de ferramentas de controles em lotes analíticos foram baseadas nas melhores práticas da indústria de mineração e profissionais do mercado, com destaque para Simon Mendez (2019) e são apresentadas no Quadro 33. O Quadro 34 indica algumas orientações gerais para na inserção das ferramentas de controle.

Parâmetro	Objeto da avaliação	Tipo	Local	Taxa de inserção		
				%	1 a cada	
Precisão	Amostragem	DUPC	(1)	1	100	
	Preparação	DUPPR	(1)	4 %	1: 25	
	Análise química	DUPAN	(1)	4 %	1: 25	
	Análise química	REPL	(1)	Mediante demanda		
			CHECKINT	(1)	4 %	1: 25
		Avaliação do laboratório	CHECKEXT	(2)	5 % do total	
		CHECKARB	(3)	Mediante demanda		
Exatidão Acurácia		MR-0X - alto teor	(1 2 3)	4 %	1: 25	
	Análise química	MR-0X - médio teor	(1 2 3)	4 %	1: 25	
		MR-0X - baixo teor	(1 2 3)	4 %	1: 25	
Contaminação	Amostragem	BLPC	(1)	1	100	
	Preparação	BLPR	(1)	4 %	1: 25	
	Análise química	BLAN	(1 2 3)	Mediante demanda		

Quadro 33 – Taxa ideal de inserção das ferramentas de controle

(1) analisadas no laboratório primário | (2) analisada no laboratório secundário | (3) analisada no laboratório árbitro

Ferramenta	Orientação
Duplicata	<ul style="list-style-type: none"> As amostras devem ser tomadas após a redução de massa e granulometria, conforme as diversas etapas do processo (britagem primária, secundária, pulverização). Devem ser inseridas anonimamente no fluxo analítico. Devem ser coletadas pela mesma equipe, submetidas ao mesmo laboratório de preparação, e enviadas no mesmo lote de análise. Para serem consideradas duplicatas, devem ser coletadas, preparadas e analisadas no mesmo lote das amostras originais.
Material de referência padronizado	<ul style="list-style-type: none"> Devem ser inseridos anonimamente no fluxo analítico. Utilizar materiais de natureza similar ao que será avaliado, de concentrações variadas (baixo, médio, alto teores). Preparar materiais de referência mineralogicamente semelhantes ao estudado, de correspondência de matriz.
Branco	<ul style="list-style-type: none"> Devem ser inseridos anonimamente no fluxo analítico. Introduzir os materiais isentos dos elementos elemento de interesse (estéril), preferencialmente após amostras mineralizadas, principalmente de altos teores. Devem ter o mesmo aspecto das outras amostras. Inserir material britado (BLBR) pulverizado (BRAN) constituído essencialmente por quartzo. Não inserir o branco na primeira posição do lote/turno, que é utilizado apenas com a função de limpeza.

Quadro 34 – Orientações para a inserção de ferramentas de controle

O Quadro 35 organiza os limites de aceitação dos resultados das amostras de controle, de acordo com cada objetivo investigado, baseado nas definições de Simon Mendez (2019).

Parâmetro	Objeto da avaliação	Tipo	Grandeza Limite de aceitação		
Precisão (1)	Amostragem	DUPC	30%		
	Preparação	DUPPR	20 %		
	Análise química	DUPAN	10%		
	Análise química	REPL	Diferença relativa	A definir	
	Avaliação do laboratório	CHECKINT	10%	10% dos pares de amostras	
		CHECKEXT		A definir	
CHECKARB			A definir		
Exatidão Acurácia	Análise química	MR-0X - alto teor	Viés	<ul style="list-style-type: none"> Bom: Viés < 5% Questionável: Viés entre 5% e 10% Inaceitável: Viés > 10% 	
		MR-0X - médio teor			
		MR-0X - baixo teor			
Contaminação (2)	Amostragem	BLPC	Limite de detecção	2 a 3x	A falha ocorre se os valores ultrapassarem em 80% do tempo.
	Preparação	BLPR			
	Análise química	BLAN			

Quadro 35 – Limites de aceitação das ferramentas de controle | QAQC

Fonte: Simon Mendez (2019, modificado pela autora).

Controles de granulometria e massa poderão ser executados conforme orientações do Quadro 36.

Parâmetro	Determinação	Aceitação	Controle de processo
Granulometria (1: 25)	<ul style="list-style-type: none"> % percentual de massa de fragmentos de dimensão inferior ao tamanho de cominuição especificado realizados em amostras de controle, logo após as etapas de britagem e pulverização 	> 95% passante na peneira de referência	<ul style="list-style-type: none"> Ensaio com material de granulometria padronizada Medição do grão a laser outros métodos
Massa (1: 25)	<ul style="list-style-type: none"> % de massa não recuperada realizada em amostras de controle, logo após as etapas de britagem e pulverização 	> 95% de recuperação de massa	<ul style="list-style-type: none"> Procedimento bem executado Manutenção das painéis de pulverização

Quadro 36 – Controles adicionais de qualidade – granulometria e massa

Cálculo de Passante (%) = (massa do passante / (massa do passante + massa do retido)) x 100.

4.2.1.1.4.2. Protocolo de QAQC

O Protocolo de QAQC é composto do fluxograma de preparação física das amostras, como exemplificado na Figura 59, e deve indicar a frequência de inserção dos controles de qualidade em cada uma das etapas.

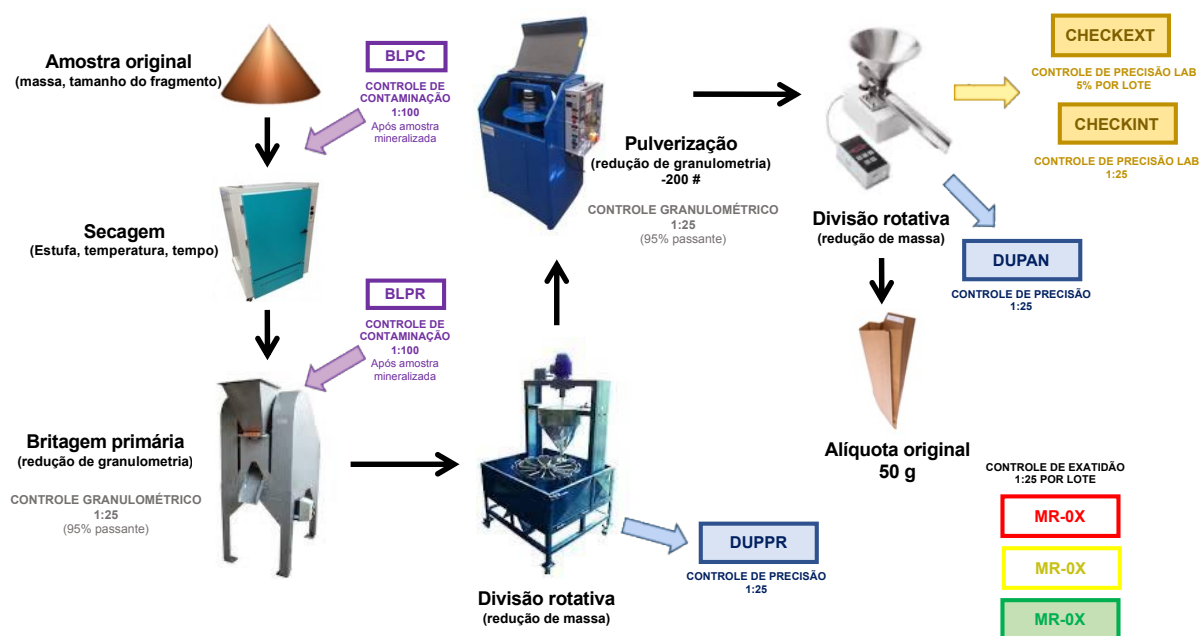


Figura 59 – Exemplo de Protocolo de QAQC - Fluxograma de preparação de amostras com indicação da inserção dos controles de qualidade

4.2.1.1.4.3. Análise dos resultados

Populações de amostras de controle de qualidade devem ser descritas e interpretadas por técnicas gráficas e métodos estatísticos clássicos. A validação dos resultados inclui plotagem de gráficos e cartas de controle dos principais elementos

avaliados e de alguns elementos deletérios e contaminantes para as duplicatas, materiais de referência padronizados e brancos do lote analisado.

Para garantir a eficiência do Programa de QAQC, recomenda-se a criação de uma robusta interface para gestão dos dados, com diversos tipos de gráficos e cartas de controle, tais como as indicadas na Figura 60, para o monitoramento dos parâmetros e indicadores de qualidade, ao longo do tempo, integrada aos sistemas de gerenciamento de dados geocientíficos ou desenvolvidos exclusivamente para esta finalidade.

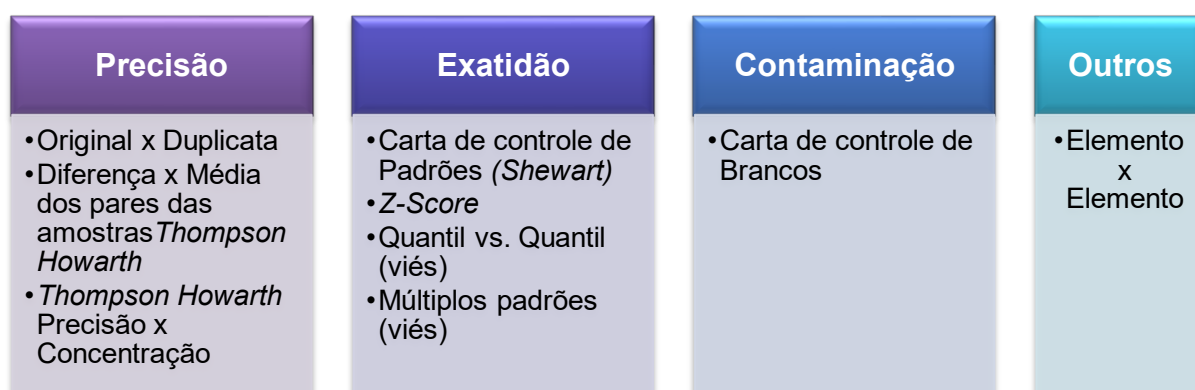


Figura 60 – Modelos de cartas de controle para avaliação do Programa de QAQC

A análise dos resultados dos controles de qualidade deve ser realizada com periodicidade semanal ou quinzenal, para que, de fato, seja possível atuar para sanar os problemas. A avaliação deve conter a verificação dos resultados de todas as amostras do lote, em tabela e gráficos de controle, de forma que seja possível identificar a conformidade dos resultados à tolerância definida e classificar o tipo de não-conformidade, que apontem erros operacionais ou analíticos, por furo, lote, equipe, turno. Também é importante que haja indicações de ações corretivas, baseada em uma tabela lógica de falhas.

Toda a faixa de valores apresentada pelo conjunto de dados disponíveis deve ser avaliada e, se for o caso, deve estratificar os dados por faixas de teores ou faixa granulométrica. A análise deve ser o mais automatizada possível, a cada recebimento de resultados, lote a lote, preferencialmente integrada com o sistema de gerenciamento de dados, com destaque visual dos resultados conformes e não-conformes (fora dos limites de aceitação predefinidos, anômalos, *outliers* ou suspeitos). Deve-se checar as amostras vizinhas do mesmo lote, para verificar se

houve potencial troca, checar intervalos amostrais ou investigar outras causas possíveis, dentre outras possibilidades.

4.2.1.1.4.4. Avaliação dos laboratórios

Os laboratórios externos, em geral, são comerciais, de grandes empresas prestadoras de serviços analíticos brasileiras e multinacionais, acreditadas pelo sistema de gestão de qualidade ISO. O laboratório deve ser capaz de prover precisão e exatidão robustas e satisfatórias, a preço competitivo. Recomenda-se que haja acompanhamento da qualidade ao longo do tempo, com cláusula contratual caso ocorram impactos de reanálise significativos. Recomenda-se que os laboratórios possuam procedimentos padronizados, sistema de gestão de dados, programa de QAQC interno, instrumentos e equipamentos adequados, em bom estado de conservação e compatíveis com os do laboratório primário, que analisa as amostras de rotina.

O laboratório árbitro, também conhecido como laboratório terciário ou de desempate, deve ser acionado com periodicidade ampla (anual/auditoria específica) ou utilizado quando houver divergência entre os laboratórios primário e secundário.

A empresa deve realizar avaliações e inspeções periódicas (trimestrais ou semestrais) da estrutura organizacional dos laboratórios, documentação e registros dos sistemas de qualidade, controles de recebimento, conferência e armazenamento dos lotes de amostras e cadeia de custódia, controles de calibração dos equipamentos críticos e registros dos controles de QAQC (precisão, exatidão e contaminação). Também devem ser feitas auditorias episódicas (semestrais ou anuais), sem agendamento.

4.2.1.1.4.5. Relatórios do Programa de QAQC

As avaliações rotineiras do Programa de QAQC devem ter frequência mensal, com análises trimestrais e semestrais para atendimento a entregas ou auditorias específicas. Convém fazer também balanços anuais do programa.

A periodicidade de emissão de relatório deve ser definida conforme o objetivo da publicação, cujo conteúdo poderá ser mais ou menos detalhado. Deve ser também

disponibilizada uma versão de análise acumulada, com todo o histórico do programa ao longo dos anos, com ampla divulgação. Devem ser incluídos apontamentos sobre:

- como aconteceram as falhas e quais problemas foram diagnosticados;
- como estão sendo corrigidos estes problemas identificados, a partir das ações corretivas padronizadas na tabela lógica de falhas;
- quais ações futuras deverão ser realizadas para evitar ou resolver os problemas identificados em definitivo;
- discussão sobre os riscos de projeto em não corrigir alguma falha;
- mecanismos de notificação à alta liderança; e
- demais ocorrências do período, dignas de destaque e nota.

A divulgação dos resultados do Programa de QAQC pode ter acompanhamento em *Dashboards* atualizados em tempo real e em arquivos digitais, no formato de relatórios. Recomenda-se atender aos itens abaixo:

- a. avaliação de tendências e *drifts* dos resultados;
- b. acompanhamento, qualificação e quantificação da precisão, exatidão, contaminação e vieses;
- c. tabelas síntese de resultados, falhas e ações corretivas;
- d. quantitativo de amostras de controle x elemento x período analisado;
- e. indicadores de performance dos laboratórios interno e externo;
- f. comentários gerais sobre o programa;
- g. análise histórica das falhas e ações corretivas;
- h. inspeções e auditorias nos laboratórios; e
- i. desenvolvimentos, melhorias e recomendações.

Todos os documentos que comprovem as informações apresentadas devem ser mantidos anexos ao relatório e devidamente arquivados para posterior auditoria, tais como laudos analíticos dos laboratórios secundário e árbitro, certificados de padrões e materiais de referência e certificados de calibração e aferição de equipamentos.

4.2.1.1.4.6. Papéis e responsabilidades

Recomenda-se a criação de um comitê ou grupo de trabalho, que deverá se reunir periodicamente para revisar e atualizar as práticas de planejamento, execução,

gestão, monitoramento e controle do programa de QAQC. Alguns dos papéis fundamentais que devem compor o grupo são:

- membros da alta liderança da empresa (Diretores | Gerentes);
- Coordenadores de Geologia e Recursos Minerais, das áreas de Exploração, Longo Prazo, Curto Prazo;
- Gestor de QAQC; e
- equipes de campo e laboratório: geólogos e técnicos.

Cada um dos atores do Programa deverá cumprir as atividades sob sua responsabilidade – como garantir recursos, promover treinamento, executar tarefas específicas e outros – de forma comprometida, para alcançar os objetivos de qualidade. As reuniões do comitê devem ter frequência mensal.

4.2.1.1.5. QAQC Geológico

Adicionalmente aos controles realizados para as etapas de amostragem, preparação e análise, devem ser feitos controles para as temáticas indicadas no Quadro 37.

TEMAS	ORIENTAÇÕES E CONTROLES
SONDAGEM	<ul style="list-style-type: none"> • Definir todos os itens dos boletins diários de sondagem que podem ser controlados e executados por outros profissionais por validação cruzada. • Indicar recuperação por manobra e por intervalo amostral. • Indicar valores de recuperação abaixo do especificado em contrato e reportar ao responsável, para avaliação dos motivos do ocorrido (causa geológica/causa técnica). Destacar a ocorrência quando do uso em modelos geotécnicos.
POSICIONAMENTO	<ul style="list-style-type: none"> • Confirmar a utilização de <i>datum</i> SIRGAS 2000, conforme resolução do IBGE. • Fazer medição da coordenada topográfica da boca do furo por outra equipe, 1:50 - precisão por repetibilidade. • Fazer medição da coordenada topográfica da boca do furo por outro equipamento, de resolução similar, 1:100 – precisão por reprodutibilidade. • Para liberação da sonda e autorização da medição do furo, o(a) geólogo(a) responsável deverá comparar elevação (z) com a superfície topográfica atualizada. Caso não atenda às definições do plano de sondagem, solicitar nova medição ou novo furo.
DESVIO	<ul style="list-style-type: none"> • Medir a inclinação com bússola na haste da sonda. • Iniciar a configuração da leitura com informação de azimute e <i>dip</i> de saída, por equipamento que tenha buscador automático de norte. • Determinar o desvio dos furos de sondagem pelo melhor método de leitura disponível no mercado (com giroscópio e acelerômetro, sem utilização de métodos magnéticos, com buscador de norte para ratificar a orientação). • Verificar o valor absoluto de cada leitura coerente a cada 3 m, com definição de aceitação. Acompanhar dados com histograma de validação. • Comparar os valores de desvios medidos na descida (IN) e na subida (OUT) do instrumento, com aceitação do desvio padrão relativo à profundidade inferior a 2% na comparação da 1ª perfilagem com a 2ª perfilagem, por intervalo.

(cont.)

(cont.)

DESVIO	<ul style="list-style-type: none"> • Comparar duas leituras subsequentes de uma mesma perfilagem para azimute e inclinação. Para leituras a cada 3 m, é aceito até 4,2° de diferença entre leituras. • Fazer validação gráfica (checagem visual) dos furos em 3D nos <i>softwares</i> de modelagem geológica, para verificação de quebras bruscas e discontinuidades. • Fazer medição do desvio por outra empresa ou equipamento, 1:100 - precisão por repetibilidade reprodutibilidade.
DESCRIÇÃO	<ul style="list-style-type: none"> • A descrição deve ser realizada em um prazo máximo de 30 dias após o término da perfuração, se as amostras forem guardadas em local seco e abrigado do sol. • Fazer descrição por pares de geólogos e geotécnicos, na mesma data, mantendo o sigilo durante o processo, a cada 5% da metragem descrita no mês. • Realizar campanhas de redescrição dos testemunhos armazenados: verificar integridade, preservação e eventual contaminação das amostras remanescentes. • Garantir que todos os profissionais atuantes estejam treinados nas últimas versões dos Procedimentos Operacionais (PROs). • Verificar a limitação das amostras, contatos litológicos e suporte amostral. • Fazer validação gráfica em <i>software</i> de modelagem - comparação das litologias esperadas quando do planejamento da sondagem. • Fazer verificação dos intervalos amostrais pela comparação com resultados analíticos. • Acompanhar os resultados das diversas formas de validação de forma automatizada, em gráficos (<i>Dashboard BI</i>). • Verificar assertividade da descrição geológica por comparação em furos gêmeos, resultados analíticos e fotografia (<i>machine learning</i> de imagens digitais).
DENSIDADE	<ul style="list-style-type: none"> • Verificar a efetiva correlação entre os dois ou mais métodos, por campanha sistemática de determinação de densidade. • Fazer ensaio de determinação de densidade por outro método (reprodutibilidade), caso seja possível, 1 a cada 50 ensaios, se a amostra não for contaminada ou destruída no primeiro ensaio. • Fazer nova medição por diferente profissional, sem acesso ao ensaio original (repetibilidade). • Armazenar os resultados e inserir no Programa de QAQC.
FUROS GÊMEOS	<ul style="list-style-type: none"> • Fazer um furo gêmeo a cada 50 furos, com distância máxima de 2 a 5 metros do furo "original", mesma orientação e inclinação. • Fazer a descrição geológica e geotécnica com as mesmas recomendações do procedimento do furo original ou indicar as alterações de procedimento e correlação. Sempre que possível, utilizar o suporte amostral original. • Estudar o resultado do comportamento de todos os parâmetros avaliados e definir os limites de variações aceitáveis. • Caso a correlação entre os furos seja aferida como inconsistente, a descrição dos dois furos deve ser revisada para entender como funcionam as zonas de isofraturamento que poderão não apresentar correlação horizontal.

Quadro 37 – Orientações e controles para QAQC Geológico complementar

4.2.1.2. Validação do Acervo de Dados

A validação do acervo de dados é baseada nas etapas indicadas na Figura 61, que são descritas nos itens a seguir.

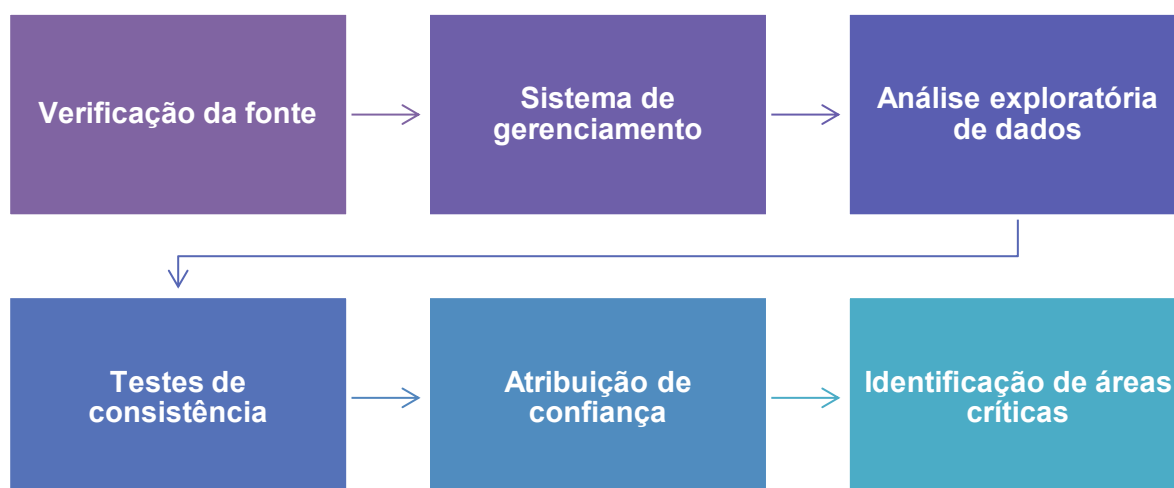


Figura 61 – Etapas de verificação do acervo histórico de dados

4.2.1.2.1. Verificação da fonte dos dados

Em geral, novos projetos apresentam a vantagem de terem a documentação das fontes dos dados preservadas, o que pode não acontecer com projetos antigos, que também podem ter tido, ao longo do tempo, por diversas vezes, alternância de proprietários.

Faz-se importante avaliar como os dados foram organizados desde o início dos trabalhos na área, com busca ativa pelos mapas, laudos e *logs* originais em papel e arquivos digitais. Caso este trabalho tenha sido realizado quando da implementação de um sistema de banco de dados, é importante que haja registros deste processo. Deve ser verificado se foi efetuada dupla digitação dos dados históricos quando existentes apenas em papel.

Caso existam apenas registros em planilhas, deve-se verificar se foram armazenados os arquivos originais de importação, obtidos em equipamentos de levantamento topográfico, dos laboratórios analíticos, dentre outros, e fazer testes comparativos para garantia da correta importação.

Importante registrar todos os detalhes do histórico sobre a fonte dos dados das campanhas de sondagem e amostragem (empresas executoras, profissionais participantes, laboratórios, procedimentos operacionais, resolução e detecção de equipamentos, governança etc.) e, principalmente, indicar o que não tenha sido possível identificar.

4.2.1.2.2. Verificação da Materialidade

Entendida neste ponto da concepção da metodologia como a prova de vida dos depósitos minerais, a materialidade deve ser gerenciada com alta prioridade pelas companhias e engloba todos os materiais físicos: caixas de testemunho (quando aplicável), rejeitos (material remanescente que retorna dos laboratórios de preparação), lotes analisados (sachês), ferramentas de controle de qualidade (padrões, brancos, *checks* internos), incluindo a gestão do espaço nos galpões e centros de armazenamento.

Este processo é de vital importância, pois arquiva os materiais que comprovam a existência dos recursos minerais declarados, que são frequentemente passíveis de auditoria. Devem ser executadas as tarefas e atividades do Quadro 38.

TAREFAS	ATIVIDADES
Gerenciar utilização de materialidade	
Gerenciar espaço	Verificar disponibilidade de espaço Solicitar lista de descarte Relacionar furos para descarte Programar campanha de descarte Descartar caixas / liberar espaço
Arquivar caixas de testemunho	
Arquivar rejeito	
Arquivar lotes analisados	Checar integridade do lote Catalogar e arquivar
Gerenciar controles	Gerenciar Pré-preparação de brancos Gerenciar estoque dos padrões Gerenciar <i>check</i> interno

Quadro 38 – Tarefas recomendadas para a gestão da materialidade

4.2.1.2.3. Sistema de gerenciamento de dados geocientíficos

O investimento para obtenção dos dados durante as atividades de sondagem e amostragem é uma das porções mais onerosas de um programa de exploração e parte significativa do orçamento da operação e os dados coletados são determinantes cruciais para o sucesso do projeto. Gerenciar tudo isso sem um sistema especialista e dedicado pode ser complexo, demorado, propenso a erros, além de adicionar um grande risco às decisões tomadas com as informações armazenadas.

Os dados devem ser representativos, precisos e acurados, válidos, seguros, auditáveis e auditados. Sua gestão deve apresentar alvos e metas para a qualidade

almejada, com identificação de possíveis dificuldades dos processos de aquisição, com plano de ação para adequação e melhorias.

A metodologia aqui proposta requer que os dados das sondagens e amostragens estejam estruturados em um *software* comercial de sistema de gerenciamento de dados geológico ou em um banco de dados estruturado e relacional desenvolvido pela empresa, uma vez que planilhas não são a correta ferramenta para fazer análises avançadas e responsivas, tampouco armazenar apropriadamente grandes volumes de dados.

Espera-se que o sistema de gerenciamento atenda às demandas mínimas de segurança, confiabilidade e rastreabilidade conforme as melhores práticas recomendadas, com tabelas identificadas por registros indexados por uma chave primária (ID do furo de sondagem: HOLE_NUMBER) e chaves estrangeiras que definam as demais relações entre tabelas e assegurem a integridade dos dados.

Recomenda-se que o sistema atenda, com inteligência, padrão e eficiência, a:

- controle efetivo de permissões de acesso através de perfis de usuários com restrições por área, atividades, funções e responsabilidades;
- entrada (*input*) de dados no banco feito pela interface do programa, com máxima restrição ao uso de digitação, por meio de importações eletrônicas dos dados de equipamentos periféricos, sem manipulação de arquivos;
- integração com equipamentos de coletas de dados (topografia, desvios, susceptibilidade magnética, qualidade da rocha, densidade);
- ferramentas de validação na entrada de dados, com estabelecimento de regras de validação consistentes, durante a importação e inserção de dados;
- gestão automática durante a criação do despacho de lotes de amostras para os laboratórios, com inserção sistemática, aleatória ou programada de controles de qualidade;
- integração com outros sistemas de dados (*ex: Laboratory Information Management System - LIMS*), com ferramentas de aceitação e rejeição de resultados, vinculada a ações de uma tabela lógica de falhas e arquivamento dos laudos e certificados;

- categorização do *status* dos furos, lotes e amostras (aprovado, rejeitado, certificado, autorizado) pelos(as) PQs, com identificação de confiança dos dados (*flag*);
- disponibilização (Saída – *output*) de dados para os usuários de modelagem geológica pela interface ou via linguagem SQL; e
- parâmetros de segurança documentados e visibilizados, com medidas tomadas para garantir que dados não foram corrompidos ou manipulados ao longo do tempo, rastreabilidade com registro e *logs* de edição e versões, *backup* programado de sistemas locais e centrais, acesso para auditoria.

4.2.1.2.3.1. Gerenciamento de documentos

Reconhecido como um grande gargalo nas empresas de mineração, a gestão de documentos eletrônicos, especialmente versionados, e a disponibilização deles permanentemente atualizados, como é o caso de procedimentos operacionais, é um problema ainda não solucionado pelo setor.

Ambientes virtuais, como redes ou nuvens resolvem parcialmente a questão do versionamento, mas mantêm fixo o ambiente de uso do material – em tela, com abertura de arquivos (PDFs) ou documentos impressos, que podem ficar obsoletos rapidamente. A capacitação dos colaboradores no procedimento também exige atualização constante.

Entende-se que deve ser desenvolvido um mecanismo mais eficiente de disponibilização destas informações operacionais. Estratégias de ambiente digitais e recursos imersivos devem ser avaliadas.

4.2.1.2.3.2. Sistemas de declaração

Adicionalmente à gestão de dados, empresas globais declarantes de recursos e reservas também se valem do serviço de sistemas de declaração, para gerenciar PQs de diversas especialidades, em diversos países, sob regulamentações de bolsas de valores distintas, condutas nacionais específicas, dentre outras particularidades, que devem atender a inúmeros eventos em linhas de tempo simultâneas e não coincidentes.

Existem poucas soluções comerciais disponíveis, que são, geralmente, ajustadas para atender às demandas das empresas, com mecanismos de aprovação em níveis, acesso por tipo de usuário e função, com módulo de entrega e visualização configurado para auditores e revisores, dentre outras excelentes funcionalidades. A depender do porte e localização geográfica das unidades operacionais da empresa, torna-se inviável a gestão adequada sem um sistema especialista.

4.2.1.2.4. Análise exploratória de dados

A análise exploratória tem como objetivo caracterizar os dados e a evolução das variáveis numéricas e categóricas, além de identificar os avanços e otimizações em técnicas e tecnologia que foram adotados ao longo do tempo. Foram desenvolvidos *scripts* na linguagem de programação *Python*, com uso das bibliotecas públicas *Numpy*, *Pandas*, *Matplotlib*, *Seaborn*, e *Scikit-learn*.

Todo este item, em especial a construção das estratégias de análises de dados e testes de consistência, foi desenvolvido durante trabalhos de consultoria (CASTILHO & CUCHIERATO, 2022¹⁵). Para esta pesquisa foi gerado um banco de dados mínimo, conceitual.

Após a extração da base de dados do sistema oficial da empresa, todas as tabelas são analisadas, com verificação do preenchimento de linhas e colunas por tipo de dados: *object* (texto), *float64* (número com ponto flutuante), *int64* (número inteiro) ou *datetime* (data ou data/hora) – vide Tabela 2. Na sequência, os dados são organizados em um dicionário que, a depender da quantidade de variáveis, pode ser apresentado na forma de lista completa, ou apenas máximos e mínimos (Tabela 3) com a indicação de todas as possíveis escolhas de preenchimento para cada campo.

Coluna	Quantidade de linhas		Tipo do dado
	Preenchidas	Nulas	
BHID	444	0	<i>object</i>
PROJETO	444	0	<i>object</i>
PROF_FINAL	444	0	<i>float64</i>
XCOLLAR	444	0	<i>float64</i>
YCOLLAR	444	0	<i>float64</i>
ZCOLLAR	444	0	<i>float64</i>

Tabela 2 – Exemplo de colunas e tipos de dados na tabela “Collar”

¹⁵ CASTILHO, Y.F.P; CUCHIERATO, G. Auditoria de dados geológicos. Documento interno de projeto de consultoria confidencial. GeoAnsata, São Paulo:2022.

Coluna	Tipo do dado	Valores únicos	Lista de escolhas / Variação
BHID	<i>object</i>	444	DDH_P05A a PP_F051X EXP
PROJETO	<i>object</i>	3	A1 BX
PROF_FINAL	<i>float64</i>	731	87,30 a 422,65
XCOLLAR	<i>float64</i>	622	0 a 3500
YCOLLAR	<i>float64</i>	586	0 a 1500
ZCOLLAR	<i>float64</i>	259	675,25 a 731,12
ANO	<i>Int64</i>	15	2001 a 2015

Tabela 3 – Exemplo de dicionário de dados da tabela “Collar”

Após uma análise global dos dados, busca-se verificar as variações no volume e na taxa de aquisição de dados, geralmente representados pelo número de furos e metros executados, para dividir o conjunto de dados em períodos com características similares. A divisão dos períodos é iniciada pelo entendimento da linha do tempo dos projetos e estudos realizados e consulta a profissionais da equipe técnica. Complementarmente, verifica-se se os períodos definidos coincidem com as principais diferenças de evolução de metodologia de aquisição dos dados para todos os parâmetros ao longo do tempo, tais como: (a) análise por titulometria, via úmida, XRF pastilha prensada, XRF pastilha fundida; (b) levantamento topográfico com GPS de baixa precisão, RTK de alta precisão; e (c) perfilagem – equipamentos com bússola e mecanismo de marcação de tempo, método magnético | não magnético, com sensores ópticos, *single* e *multishot* | giroscópio e acelerômetro, com buscador de norte.

Destaca-se que a evolução metodológica e tecnológica é inerente à curva de aprendizado temporal, e supõe-se que, sempre, foram adotadas e aplicadas as melhores práticas disponíveis em cada campanha exploratória e confirmatória.

A Tabela 4 apresenta o exemplo de dados utilizados nesta pesquisa e as Figuras 62 e 63 ilustram um exemplo de apresentação dos furos e metros executados, por período.

Tipo	Total	P1 (2001–2002)	P2 (2003–2005)	P3 (2006–2008)	P4 (2009–2011)	P5 (2012–2015)
Furos	444	10	36	30	293	75
Metros	100.000	5.000	10.000	20.000	50.000	15.000

Tabela 4 – Quantidade de furos e metros executados

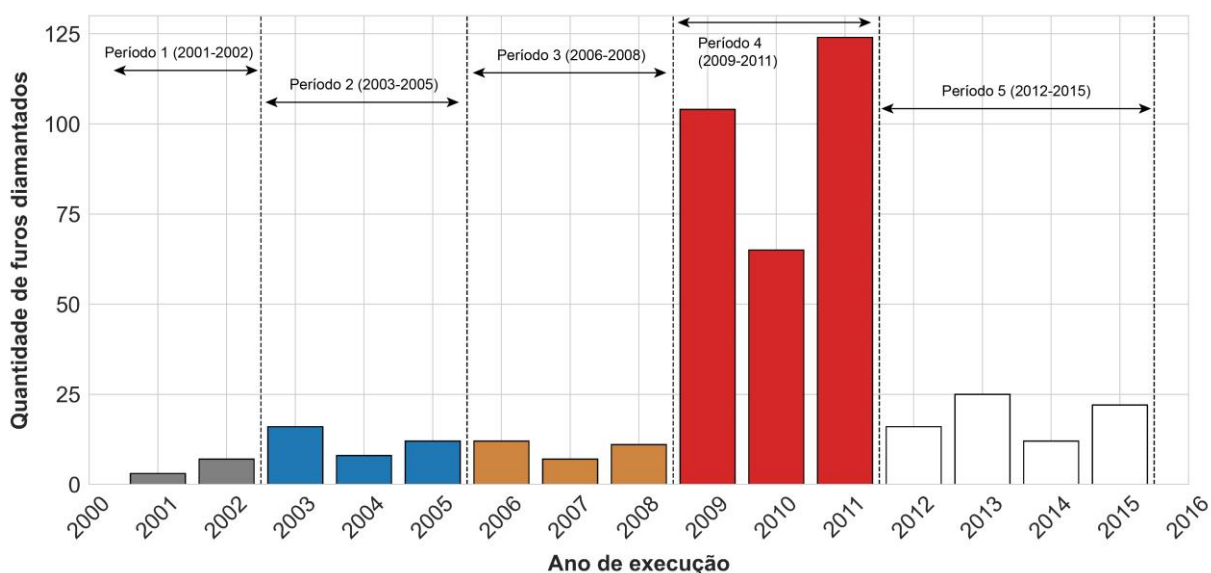


Figura 62 – Evolução da execução de furos

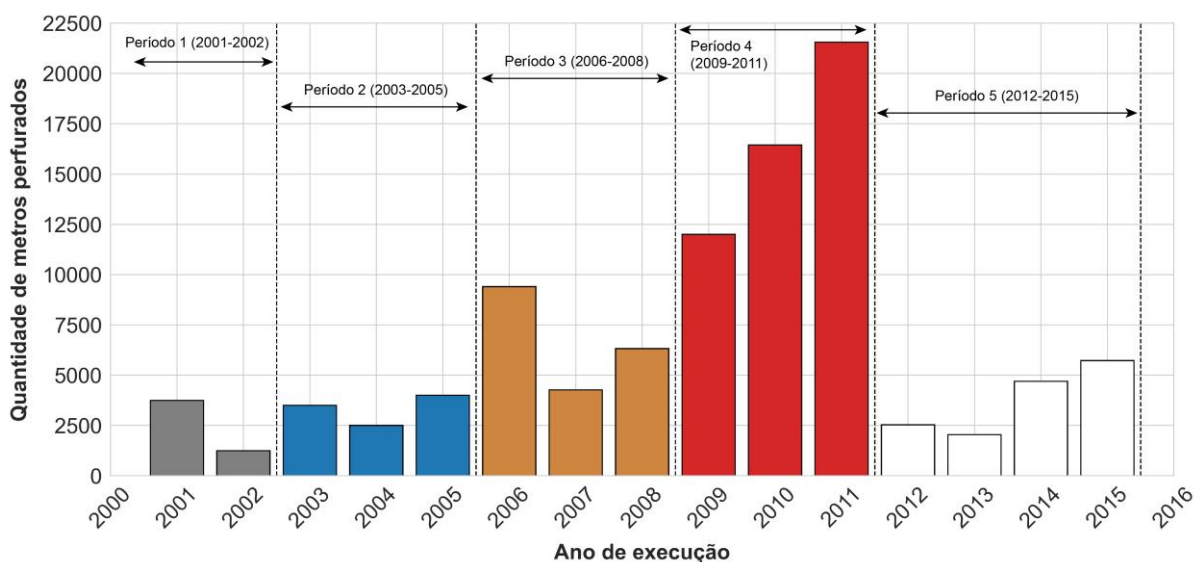
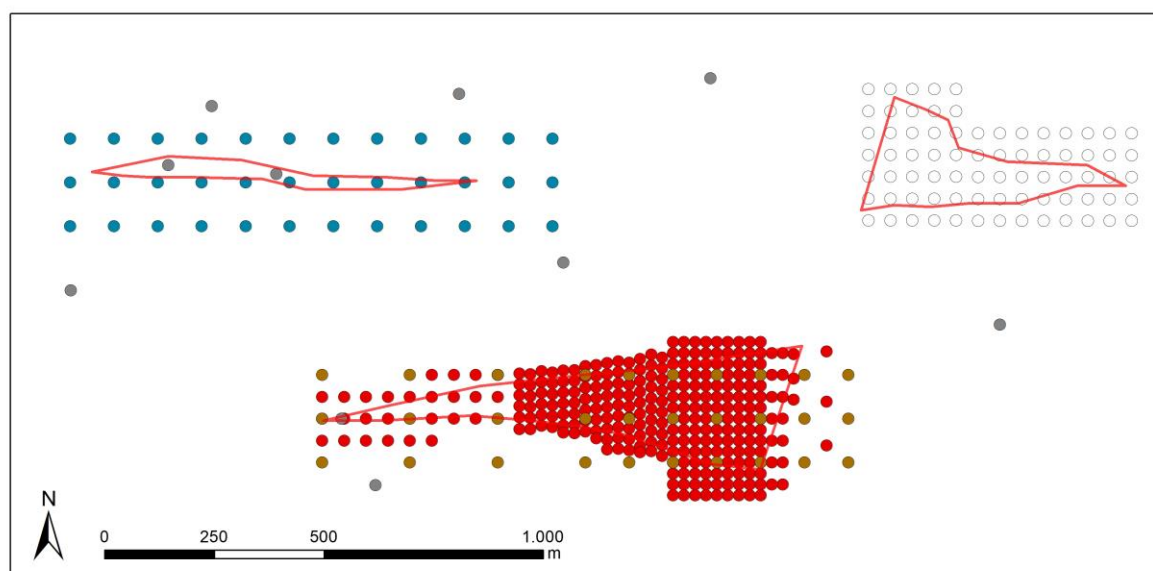


Figura 63 – Evolução da execução de metros de sondagem

Também é importante especializar os dados, para uma melhor compreensão do avanço das pesquisas no tempo. A Figura 64 ilustra este exercício, com um mapa 2D das bocas dos furos e a descrição das fases de sondagem.



Legenda

- Limites do corpo mineral
- Furos de sondagem exploratória - Empresa A / Período 1 (2001 - 2002)
- Furos de sondagem para avaliação do potencial mineral - Empresa B / Período 2 (2003 - 2005)
- Furos de sondagem para avaliação do potencial mineral - Empresa C / Período 3 (2006 - 2008)
- Malha de sondagem adensada para quantificação de recursos e reservas - Empresa C / Período 4 (2009 - 2011)
- Malha de sondagem em área brownfield para quantificação de recursos e reservas - Empresa C / Período 5 (2012 - 2015)

Figura 64 – Espacialização dos furos executados por períodos

A análise exploratória pode ser feita com todos os 28 parâmetros de qualidade discutidos no item 2.5.1 e indicados na Figura 20 (Página 92), por Batini *et al.* (2009). Para esta proposta, foram escolhidos alguns dos critérios mais usuais da avaliação dos dados, indicados no Quadro 39, para instruir a operacionalização da análise proposta.

Critério	Definição
Completeness	<ul style="list-style-type: none"> • Razão entre o [número de valores nulos] e o [número total de dados armazenados] dentro de uma mesma tabela, coluna ou conjunto de dados. • Avalia o percentual de dados preenchidos em relação ao volume total de dados.
Singularidade	<ul style="list-style-type: none"> • A singularidade de um conjunto de dados é avaliada pelo menos por uma coluna (identificador único), ou conjunto de colunas (identificador composto). • Dados singulares são representados pela não repetição dos seus identificadores ao longo do conjunto avaliado.
Interpretabilidade e Clareza	<ul style="list-style-type: none"> • Busca avaliar a facilidade na leitura do conjunto de dados e a capacidade de transformação do dado em informação por parte do utilizador usuário. • Este critério é composto por 4 partes: <ol style="list-style-type: none"> i) padronização das colunas de identificação; ii) presença de unidade da variável no nome da coluna; iii) presença de uma coluna equivalente numérico-categórica; iv) presença de comentários com vírgula.

Quadro 39 – Exemplos de parâmetros de análise exploratória recomendados

4.2.1.2.4.1. Análise de completude

As análises de completude buscam evidenciar a disponibilidade de informação de modo quantitativo, conduzidas nos âmbitos:

- i) completude em relação ao número de tabelas do banco de dados; e
- ii) completude dentro de cada tabela, representada pela porcentagem de valores (linhas ou campos) nulos.

A completude do banco de dados avalia, ano a ano, a porcentagem de furos que foram descritos em cada tabela (Tabela 5).

Ano	% de furos descritos/preenchidos na tabela				
	SURVEY	LITO	ASSAY	DENS	GEOTEC
2001	0%	50%	85%	20%	10%
2002	20%	70%	70%	35%	15%
2003	30%	60%	90%	20%	0%
2004	10%	70%	95%	10%	0%
2005	35%	50%	40%	10%	0%
2006	90%	100%	85%	75%	50%
2007	100%	100%	90%	90%	60%
2008	100%	100%	92%	100%	60%
2009	100%	100%	100%	100%	100%
2010	100%	100%	100%	100%	100%
2011	100%	100%	100%	100%	100%
2012	100%	100%	100%	100%	100%
2013	100%	100%	100%	100%	100%
2014	100%	100%	100%	100%	100%
2015	100%	100%	100%	100%	100%

Tabela 5 – Exemplo de avaliação da porcentagem de completude das tabelas essenciais

Caso existam tabelas de preenchimento não obrigatório, pode-se subdividir o conjunto em “tabelas essenciais”, ou de preenchimento obrigatório, e “tabelas complementares”. O número de tabelas e os tipos de dados que serão coletados devem ser planejados com base nas particularidades de cada área, idealmente antes do início das sondagens exploratórias, para definir o conjunto mínimo e completo de dados necessários para serem coletados de forma a obter bons resultados.

A quantificação do preenchimento dos dados é representada no gráfico de completude (Figura 65) - em roxo com dados existentes e em amarelo com dados nulos. A Tabela 6 apresenta um exemplo de completude das tabelas, com a contribuição de cada tabela em relação ao número total de linhas avaliadas.

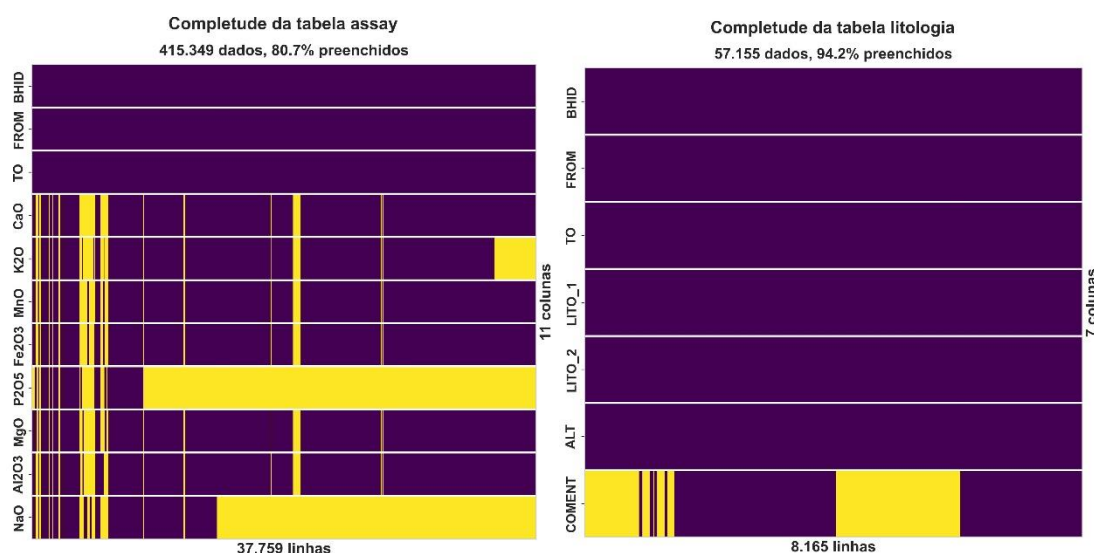


Figura 65 – Exemplos de diagramas de completude (Tabela “Assay” e “Lito”)

Tabela	Quantidade de linhas	Completeness	Contribuição
COLLAR	444	100%	0.06%
SURVEY	32.759	83,2%	3.89%
LITO	57.155	94,2%	7.69%
ASSAY	415.349	80,7%	47.88%
DENS	108.972	61,5%	9.57%
GEOTEC	85.348	53,9%	6.57%
TOTAL	700.027	76%	100%

Tabela 6 – Exemplo de avaliação da completude das tabelas e a contribuição individual

Desta análise, verifica-se:

- a tendência de aumento do preenchimento ao longo do tempo;
- quais tabelas têm menores taxas de preenchimento, e os motivos;
- a utilidade dos dados coletados; e
- tabelas e colunas que podem ser descontinuadas para aumentar a eficiência da etapa de descrição.

Destaca-se que, desta análise, não é possível atribuir qualidade ao dado, mas somente ao preenchimento e, em segundo plano, ao processo de descrição.

4.2.1.2.4.2. Análise de singularidade

Esta análise identifica, principalmente, dados e registros duplicados. Para tabelas onde cada furo ocupa apenas uma linha, como “Collar” e “Survey”, a singularidade é avaliada apenas pela coluna de identificação do nome do furo (“BHID”,

por exemplo). Para as demais tabelas nas quais existe mais de uma linha para cada furo, a singularidade é avaliada de modo a considerar as colunas “BHID”, “FROM” e “TO”, ou outras colunas que identifiquem e discretizem cada intervalo como único. A Tabela 7 mostra a porcentagem de dados singulares em cada tabela.

Tabela	Quantidade de linhas	% Singularidade
COLLAR	444	93%
SURVEY	32.759	100%
LITO	57.155	90%
ASSAY	415.349	87%
DENS	108.972	75%
GEOTEC	85.348	85%

Tabela 7 – Exemplo da avaliação da singularidade de dados

4.2.1.2.4.3. Análise de interpretabilidade e clareza

As premissas para avaliação da interpretabilidade e clareza das tabelas do banco de dados foram:

- A. Colunas de identificação: As colunas de identificação devem possuir o mesmo nome em todas as tabelas do banco de dados, como “BHID”, “FROM” e “TO”. Devem ser todas escritas em caixa alta, com exceção da primeira letra de elementos químicos e unidades de variáveis numéricas.
- B. Unidade da variável: Quando se trata de dados numéricos, é de extrema importância conhecer qual a unidade e método de análise (ppm, %, kg/ton, ICP, XRF), pois pode variar ao longo do tempo e deve ser preservada na estrutura do banco de dados. Idealmente, esta informação é a última dentro do nome de uma coluna.
- C. Equivalente numérico-categórica: Em algumas situações, uma característica é classificada utilizando dados do tipo “*object*”. Para a possibilidade de interpolação desta informação dentro dos *softwares* de modelagem, a melhor solução é existir uma coluna equivalente numérico-categórica, onde “0” é equivalente unicamente a “*absent*”, ou dado ausente.
- D. Comentários com vírgula: A coluna onde é permitida a inserção de texto descritivo não deve conter vírgulas, considerando que o arquivo

exportado seja do tipo “*comma separated values*” (valores separados por vírgulas). A presença de vírgula nestas colunas irá impedir a leitura do arquivo de maneira correta, ou possivelmente sobrescrever outros dados.

A classificação para estes critérios de avaliação é:

- “0” (quando a planilha não atende ao critério);
- “0,5” (quando a tabela atende parcialmente aos critérios);
- “1” (quando a tabela atende completamente aos critérios); e
- “–” (quando a tabela não possui o critério a ser avaliado).

A porcentagem final é calculada pela soma das notas dos critérios e dividida pelo número de critérios avaliados. A Tabela 8 ilustra um exemplo de avaliação.

Tabela	Avaliação da Interpretabilidade e Clareza				%
	A	B	C	D	
COLLAR	1	0	–	–	50
SURVEY	0,5	0	–	–	25
LITO	0,5	0	1	–	50
ASSAY	1	0	–	–	50
DENS	0,5	0	–	–	25
GEOTEC	0,5	–	1	–	75

Tabela 8 – Exemplo da avaliação de interpretabilidade e clareza

4.2.1.2.5. Testes de consistência

Os testes de consistência buscam classificar um valor, ou conjunto de valores, com base em um teste lógico hipotético. Os testes de consistência podem utilizar um valor padrão tido como “correto” para classificar a consistência, ou pode ser baseado na comparação entre dois ou mais campos do banco de dados, de uma ou de várias categorias. Permitem a comparação entre diversos dados, numéricos ou categóricos.

Dentre os diversos testes possíveis, que devem ser ajustados à *commodity* e fase do projeto, destacam-se as seguintes avaliações:

- i. se a mudança da litologia é respeitada pela amostragem;
- ii. se os valores de “FROM” e “TO” da tabela “Litologia” são respeitados, na tabela “Assay”, ou seja, se furos respeitam os limites da zona mineralizada ou se a amostragem mistura litologias diferentes dentro de uma mesma amostra;

- iii. se a profundidade máxima (EOH - *End of Hole*) registrada na tabela “Collar” foi respeitada em cada tabela;
- iv. se os intervalos definidos com base na classificação intempérica foram respeitados na amostragem;
- v. se a classificação intempérica nas tabelas de “Intemperismo” e “Geotecnia” são correspondentes ou equivalentes;
- vi. se a descrição dos parâmetros geotécnicos apresenta coerência entre si, conforme:
 - a. Abertura e Preenchimento;
 - b. Abertura e Rugosidade;
 - c. Grau de Alteração e Alteração das Paredes;
 - d. Grau de Alteração e Intemperismo; e
 - e. Grau de Fraturamento e Resistência/Coerência.
- vii. Teste Survey:
 - a. Furos acima de 100 metros de profundidade devem ser perfilados, seja este vertical ou inclinado;
 - b. Furos inclinados devem ser perfilados, independentemente da profundidade; e
 - c. Furos verticais com menos de 100 metros de profundidade não têm obrigatoriedade de serem perfilados.

Os resultados são apresentados na Tabela 9.

Teste	P1 (2001–2002)	P2 (2003–2005)	P3 (2006–2008)	P4 (2009–2011)	P5 (2012–2015)
i	35%	24%	100%	100%	100%
ii	52%	39%	75%	100%	100%
iii	87%	51%	91%	100%	100%
iv	Não se aplica				
v	Não se aplica				
vi	28%	3%	68%	100%	100%
vii	3%	18%	73%	100%	100%

Tabela 9 – Exemplo de resultados dos testes de consistência

4.2.1.2.6. Atribuição da confiança

A última etapa da avaliação da qualidade é a atribuição do grau de confiança ao dado, que é conduzida com a organização de uma matriz, com pontuação por pesos e notas, ponderados de acordo com cada tema, critérios e testes. O Quadro 40 ilustra um exemplo de construção da atribuição de confiança.

Tabela	Critério	Teste	Peso	
			Do item	Da seção
COLLAR	Método Precisão	–	40 %	25%
	Datum	–	5 %	
	QAQC Geo		30 %	
	Análise exploratória	Compleitude	10 %	
		Singularidade	10 %	
	Interpretabilidade	5%		
SURVEY	Vertical < 100	Teste Survey	50%	30%
	Vertical > 100			
	Inclinado		25%	
	QAQC Geo	Compleitude	10 %	
	Análise exploratória	Singularidade	10 %	
Interpretabilidade		5%		
ASSAY	QAQC Lab	–	40%	20%
	Análise exploratória	Compleitude	10%	
		Singularidade	10%	
		Interpretabilidade	-	
	Testes de consistência	Múltiplos testes	40%	
DENS	Método	–	50%	25%
	QAQC Geo		25%	
	Análise exploratória	Compleitude	10 %	
		Singularidade	10 %	
		Interpretabilidade	5%	

Quadro 40 – Exemplo de matriz de atribuição do grau confiança

A ponderação deve ser revisada caso a caso, a depender de todos os fatores utilizados para a aplicação da análise exploratória, testes de consistência e graus de confiança. QAQC, testes de consistência e métodos mais precisos possuem maior peso, enquanto a análise exploratória refina e ajusta a confiança. Como exemplo, a singularidade pode ter 10% de peso nas tabelas “Collar” e “Survey”, pois a existência de furos duplicados com coordenada ou perfilagem diferentes reduz significativamente a confiança neste dado. Desta forma, a confiança poderá ser atribuída com uma série de regras e camadas de normalização dos dados, buscando ressaltar os principais fatores que influenciam e atribuem confiança ao dado.

4.2.1.2.7. Identificação e monitoramento de áreas críticas

Após a atribuição da confiança, são identificadas as áreas críticas. A Figura 66 exemplifica a espacialização de dados de sondagens, com atribuição da confiança pela boca dos furos em mapa 2D e em blocos.

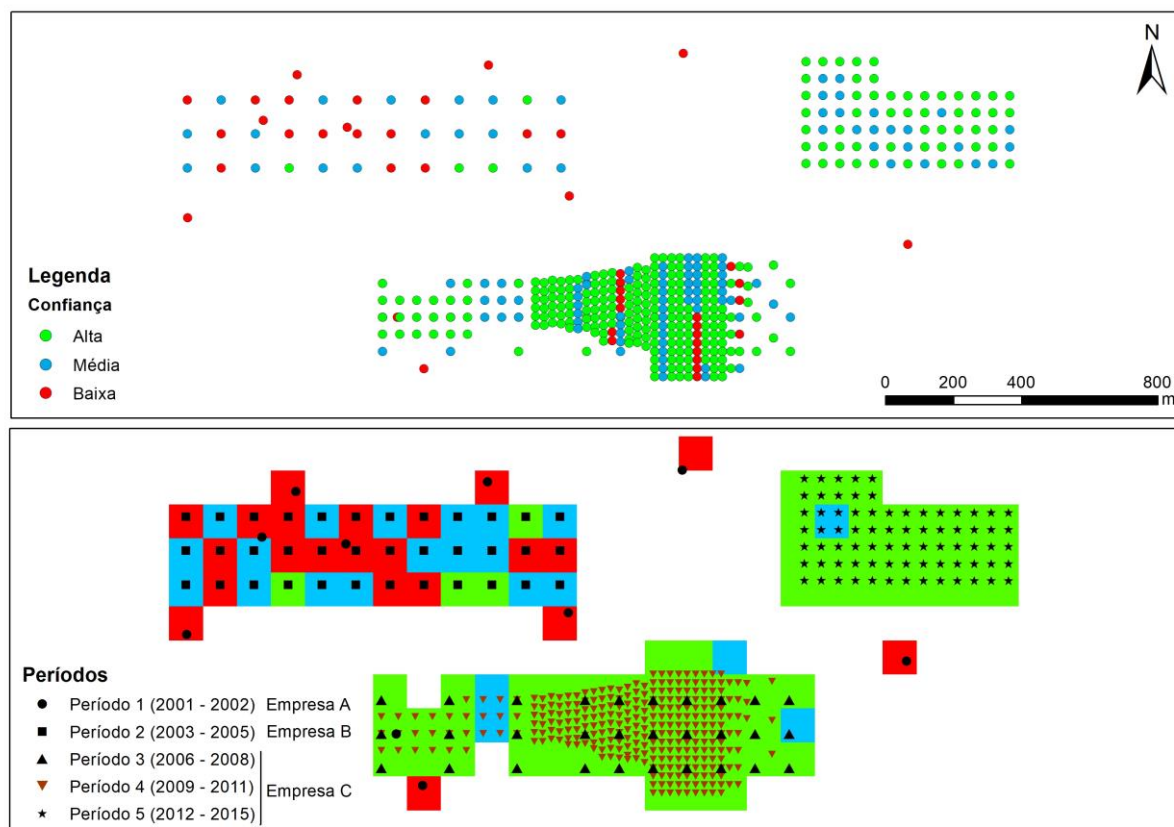


Figura 66 – Exemplo de aplicação do grau de confiança aos dados com visualização em mapa 2D e em blocos (Pixel = 100 m x 100 m)

É possível avaliar, por exemplo, as variações de confiança pelos períodos (P2, P3, P4) e compreender se os problemas de qualidade são relacionados às metodologias e equipamentos ou pormenorizar e detalhar quaisquer outros parâmetros e tipos de influência, relacionados a erros humanos na amostragem, preparação ou descrição geológica e geotécnica, baixa recuperação, equipamentos de topografia e perfilagem utilizados, dentre outros fatores. A avaliação geoespacializada de áreas críticas proporciona a condução dos trabalhos para a priorização de setores mais importantes para adensamento de malha de sondagem,

perfuração de furos gêmeos para a validação de campanhas históricas, levantamento de informações de campo e de galpão, dentre outras ações.

A avaliação espacial da confiança pode também ser conduzida pela análise do grid, confeccionado a partir da média da confiança dos furos. Essa abordagem tende a ser mais generalista e adequada a um cenário de lavra, onde os furos adjacentes podem “melhorar” a confiança de um bloco a ser lavrado, sem muitas vezes apresentar a necessidade de tratativas. A escolha do *grid* deve ser adequada ao espaçamento da malha de sondagem para cada porção de estudo e é, eminentemente, ilustrativa.

Esta avaliação deve ser mantida, a partir de sua implementação, com periodicidade definida, para acompanhar o aumento da confiança nas próximas campanhas de sondagem e aprimorar as regras de consistência e critérios de confiança. Controles de monitoramento do progresso da qualidade devem ser executados.

4.2.1.3. Ações de Consolidação

Após realizada, de forma paralela e concomitante, a Revisão de *Workflow* e a Validação do Acervo de Dados, seguem as orientações para próximas etapas a serem cumpridas, para atingir a excelência na qualidade de dados. Este item foi proposto e adotado a partir de então em trabalhos de consultoria da autora (CUCHIERATO et al., 2020¹⁶).

4.2.1.3.1. Identificação de oportunidades de melhoria

Com a modelagem e avaliação dos processos, é possível identificar "gargalos" operacionais e criar estratégias para diminuir ou eliminar ineficiências ou erros e traduzir as melhores práticas recomendadas para o modelo *To Be*. Com a melhoria da eficiência dos processos, o uso dos recursos é mais eficiente, pois se eliminam tarefas redundantes ou que tragam sobrecarga na sua aplicação. Para garantir que

¹⁶ CUCHIERATO, G.; MARTINS DE LIMA, E.; ALONSO, G.C. Governança em dados geológicos. Documento interno de projeto de consultoria confidencial. GeoAnsata, São Paulo:2020.

dados e informações sejam coletados, manuseados e registrados com qualidade, deve haver repetibilidade de condições para sua geração.

Para organizar todas as oportunidades identificadas recomenda-se a criação de um mapa de calor, uma representação gráfica dos possíveis pontos de falhas do processo (*Fatal Flaw*) tal como mapeado no modelo *As Is*, com a indicação dos potenciais riscos atrelados à execução dos processos. É denominado mapa de calor, pois utiliza cores como indicadores de urgência (**vermelho** indica maior urgência para a necessidade de corrigir o processo que está em execução, **laranja** critério inferior, que reduz risco para o **amarelo** e **verde** quando não há necessidade de alteração).

O método proposto é qualitativo, e a probabilidade atribuída é baseada na revisão das evidências e informações coletadas nas entrevistas, com as classes e pontuações definidas pelo observador ou auditor. Convencionou-se utilizar os seguintes índices:

- PFI (Ponto de Falha Interna) – Pontuação de 1 a 3;
- PPO (Ponto de Probabilidade de Ocorrência) – probabilidade de uma falha ocorrer, atribuída de forma qualitativa, baseada nas evidências apresentadas e nas entrevistas sobre os processos. Pontuação de 0 a 100%;
- Falhas relativas ao executor – pessoas que executam a tarefa podem falhar devido à falta de treinamento específico, múltiplas atribuições, entrada manual de dados, ser um único executor ou outros fatores correlatos. Pontuação de 1 a 3; e
- Tempo de execução da tarefa – as tarefas podem sofrer impacto no tempo de execução por diversos fatores. Pontuação (1) para indicar ausência de ofensores de impactos no tempo de execução de cada tarefa ou (2) existência de possível impacto.

Adicionalmente, orienta-se que se faça uma análise sobre a diferença entre a situação atual e a recomendada, conhecida como *Gap Analysis*, que é uma prática valiosa que indica como as melhorias ou recomendações devem ser implantadas, a partir dos processos atuais, e aponta para o plano de implementação e gerenciamento das mudanças necessárias. Devem ser analisados individualmente cada um dos processos e identificadas quais tarefas apresentam oportunidades de melhoria ou potencial de falha, com indicação de com qual prioridade o assunto deverá ser tratado.

A Figura 67 ilustra um exemplo de aplicação e indica as tarefas destacadas, conforme índices de falha e prioridades de ação (Urgente, Importante, Interessante).

Tarefa Heat	PFI	PPO	Executor	Tempo	URGENTE	IMPORTANTE	INTERESSANTE
Conferir caixas de testemunho	✓	1 10%	✓ 1	✓ 1			
Fotografar caixas	✓	1 25%	✓ 1	⚠ 2			
Marcar Contato	✓	1 10%	✓ 1	⚠ 1		SIM	
Descrever Geotecnia	⚠	2 30%	✓ 1	⚠ 2			
Descrever Geologia	✓	1 10%	✓ 1	⚠ 2			
Serrar Testemunho	⚠	2 10%	✓ 1	✓ 1			
Executar ensaio de Densidade	⚠	2 30%	⚠ 2	✓ 1		SIM	
Executar leitura de MagSus	⚠	2 50%	⚠ 2	✓ 1		SIM	
Gerar ficha de amostras pelo sistema	✗	3 20%	⚠ 2	✓ 1	SIM		
Inserir controles QAQC	✓	1 10%	✓ 1	✓ 1			
Cadastrar amostra no sistema	✓	1 20%	✓ 1	✓ 1			
Embalar amostra	⚠	2 30%	⚠ 2	✓ 1			SIM
Executar despacho no sistema	✓	1 10%	✓ 1	✓ 1			
Solicitar transporte das amostras	✗	3 10%	✓ 1	⚠ 2		SIM	
Encaminhar amostra para lab. preparação	✓	1 10%	✓ 1	✓ 1			

Figura 67 – Exemplo de tarefas destacadas pelo mapa de calor para o Processo de Aquisição de Dados e Amostragem, com pontuação de falha, com indicação de prioridades com a simbologia da Gap Analysis.

4.2.1.3.1. Estabelecimento de governança

Todas as atividades e tarefas executadas nos processos devem ter a indicação dos papéis e responsabilidades desempenhados. Recomenda-se que as tarefas e processos sejam relacionados em uma matriz de responsabilidades, também conhecida como Matriz RACI (Figura 68). Esta ferramenta de gestão de pessoas distribui tarefas entre os colaboradores, para otimização do uso dos recursos humanos e permite mapear e visualizar de forma simplificada os responsáveis por cada etapa, atividade ou tarefa. O Quadro 41 apresenta um exemplo de matriz RACI preenchida.

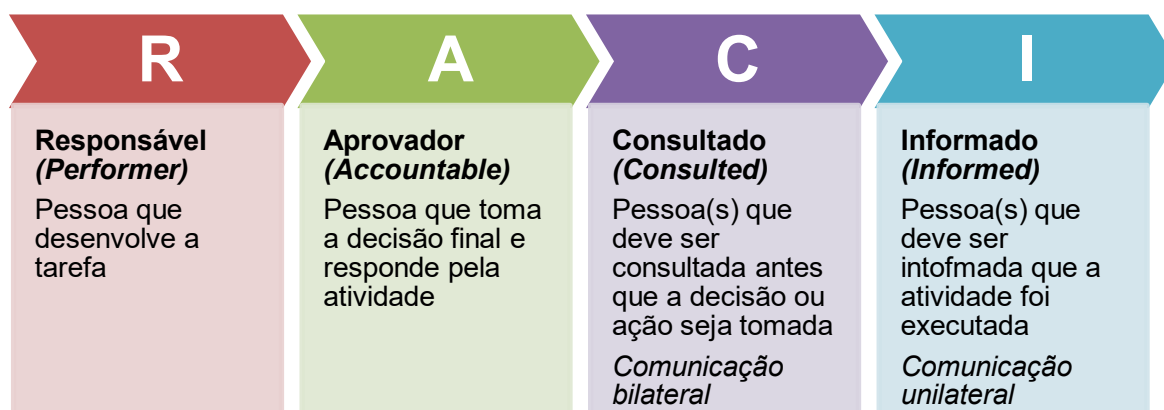


Figura 68 – Conceitos utilizados para a definição de papéis e responsabilidades

Tarefas / Funções	Equipe	Coord. de Geologia	Geólogo(a)	Téc. Mineração
Conferir caixas de testemunho	C	I	A	R
Marcar contato	I	A	R	C
Descrever geotecnia	I	A	R	C
Descrever geologia	I	A	R	C
Cadastrar amostra	C	I	A	R
Fotografar caixas	C	I	A	R
Executar ensaio de densidade	C	I	A	R
Serrar testemunho	C	I	A	R
Amostrar	C	I	A	R
Executar leitura de MagSus	C	I	A	R
Solicitar transporte de amostras	I	A	R	C
Despachar amostra	C	I	A	R

Quadro 41 – Exemplo da Matriz RACI - Processo de aquisição de dados e amostragem

4.2.1.3.2. Matriz de priorização de ações

Diante de tantas ações a serem realizadas, é comum que não se saiba por onde começar. Para tanto, foi concebida uma matriz que orienta e prioriza quais atividades podem causar maior impacto, sob diversos aspectos, além de indicar o esforço necessário.

O parâmetro impacto pode ser desdobrado na análise, onde:

- impacto financeiro - quando há necessidade de realizar investimento significativo para a adequação da tarefa e, também, nos casos em que a falha possa causar desembolso financeiro direto;
- impacto cultural - quando há necessidade de grande mudança cultural da empresa junto aos seus colaboradores, bem como na forma de trabalho, execução das tarefas e processos, realização de treinamentos, dentre outros; e
- impacto em governança - indica a necessidade de ações para evitar sobreposição de funções e responsabilidades (“bola dividida”), alinhar os controles de qualidade de todo o processo, integrar procedimentos e preparar a cadeia de valor para as auditorias.

Cada uma das oportunidades de melhoria identificadas na análise e modelagem dos processos e validação dos dados deve ser listada em uma planilha.

A seguir, deve ser feita a análise de esforço, impacto e relevância, com preenchimento do Quadro 64, e visualização na Figura 69.

Atividade	Esforço	Impacto	Relevância
Garantir recursos para acesso ao sistema (<i>tablet</i>)	Alto	Alto	Alta
Implementar os processos selecionados	Médio	Alto	Média
Treinar e engajar as equipes, promover conscientização	Baixo	Médio	Baixa
Garantir execução correta das tarefas de aquisição dos dados	Baixo	Médio	Alta
Estabelecer Programa de QAQC Geológico	Alto	Alto	Alta
Implementar o controle da cadeia de custódia da amostra	Baixo	Baixo	Média
Inserir rotina de gestão da materialidade	Alto	Baixo	Alta
Implementar auditoria de acompanhamento	Baixo	Médio	Baixa
Documentar os limites de detecção das técnicas atuais e a resolução dos métodos analíticos de todos os laboratórios	Baixo	Baixo	Baixa
Confeccionar materiais de referência certificados	Baixo	Baixo	Baixa
Definir tabela lógica de falhas	Médio	Baixo	Média
Preparar branco de projeto com material estéril	Baixo	Baixo	Baixa
Revisar regras de validação na entrada de dados do sistema	Médio	Alto	Baixa
Disponibilizar informações e relatórios consolidados em tempo real para os gestores, através de processos automatizados em dispositivos analíticos (<i>Power BI</i>)	Médio	Alto	Alta

Quadro 42 – Modelo de Matriz de Priorização de ações

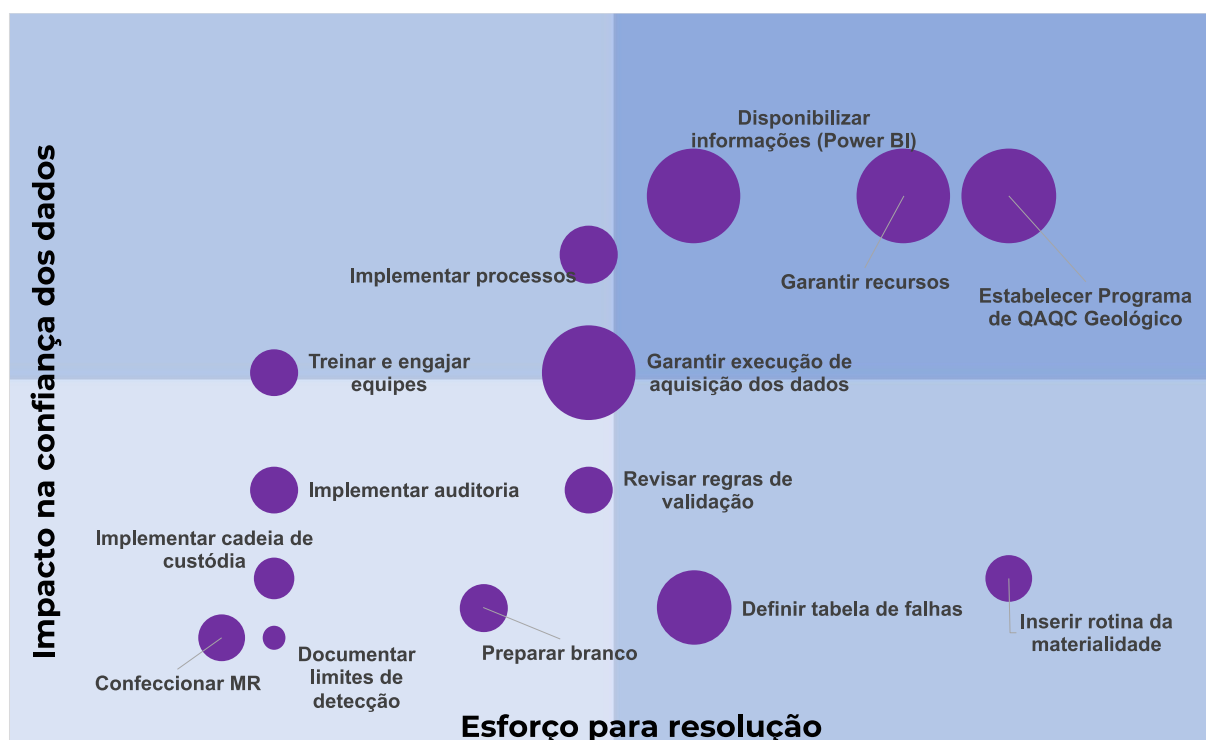


Figura 69 – Gráfico de exemplo da matriz de priorização (Esforço x Impacto)

Construir um diagrama de Pareto para priorização das oportunidades que trarão maior impacto poderá otimizar como ordenar a implementação dos itens de melhoria, ao longo do tempo.

Para a aplicação destas sugestões, deve ser elaborado um efetivo Plano de Ações, com estabelecimento de prazos, metas, indicadores de desempenho, critérios de avaliação de eficiência e priorização. É importante:

- i. envolver e conectar de forma prévia nesta discussão todos os setores da empresa envolvidos nas mudanças, para atingir, sempre que possível, o consenso;
- ii. utilizar ferramentas corporativas de Planejamento Transitório (para alteração e compatibilização de métodos) e Gestão de Mudanças (para alteração e implantação de novos processos); e
- iii. aplicar a metodologia do ciclo PDCA – Planejamento (*Plan*), Implementação (*Do*), Verificação (*Check*) e Ação (*Act*), que auxilia na organização das ações e monitoramento dos resultados.

Entende-se que a implementação das ações recomendadas e priorizadas podem promover ganhos rápidos de eficiência e criar um ambiente de maturidade aos processos que favorecerá as demais mudanças necessárias para o aumento da confiabilidade e qualidade.

A evolução das ações deve ser acompanhada em planilhas de análise e desempenho (preferencialmente em *dashboards*), alimentadas, sempre que possível, por automação.

4.2.2. Avaliação da Hipótese II

Com a criação da metodologia de avaliação da qualidade da informação para projetos e operações mineiras, o *GeoData Quality Management*, pela utilização dos módulos de revisão do *workflow*, a validação de dados do acervo histórico e as ações para consolidação do método demonstrou-se que a **Hipótese II pode ser considerada aceita**.

Como contribuição adicional para este estudo, foi desenvolvido pela autora um ecossistema digital no formato de um protocolo conceitual – o **GMW3 Protocol** – descrito no item 4.3, a partir da compilação de práticas usuais na indústria mineral, da

criação de novas técnicas e preparação para camadas estratégicas de decisão e para desenvolvimentos tecnológico e digital.

Trabalhos futuros poderão confirmar se a metodologia aqui proposta funciona apropriadamente, para todas as fases do ciclo de vida, para todas as *commodities* e em todas as jurisdições de códigos internacionais de padronização.

4.3. PROTOCOLO GMW3

Estima-se que a integração das tecnologias de aquisição de dados de um furo de sondagem gerará 10 terabytes ou 1000 gigabytes. O *International Data Center*¹⁷ estima que em 2025 quase 56 bilhões de dispositivos de IoT (*Internet of Things*) estarão conectados, gerando quase 80 zetabytes ou 80 bilhões de gigabytes. Destacam que mais de 60% das organizações do G2000 (*ranking* da FORBES com as maiores companhias do mundo, pelos critérios: vendas, lucros, ativos e valor de mercado) são digitalmente dependentes, e esta dependência crescerá para 80% em alguns setores até 2023, aumentando enormemente o fluxo de dados entre e nas organizações.

Diante do cenário econômico dos últimos anos, com oscilação da demanda de *commodities* no mercado internacional, declínio dos teores de minérios e redução da disponibilidade de depósitos de classe mundial, muitas empresas tiveram que conter custos, rever estratégias e gerenciar riscos para adequação dos níveis de lucratividade e produtividade, e, sobretudo, mudar a tradicional forma de gestão para aumento de competitividade e restabelecimento da confiança com as partes interessadas. Soma-se a este cenário o incremento de custos derivados de ações decorrentes de atendimento às novas exigências legais, estabelecidas após os dois últimos desastres ambientais ocorridos em barragens brasileiras.

O investimento em tecnologia está, cada vez mais, diretamente relacionado à sustentabilidade do negócio. Centenas de milhões de dólares são investidos anualmente em mais informação para agregação do valor das companhias de

¹⁷ O IDC é o principal fornecedor global de inteligência de mercado, serviços de consultoria e eventos para os mercados de tecnologia da informação, telecomunicações e tecnologia de consumo, com mais de 1.300 analistas em todo o mundo, em mais de 110 países.

<https://blogs.idc.com/2021/01/06/future-of-industry-ecosystems-shared-data-and-insights/>

mineração, e torna-se vital a utilização de muitas dessas tecnologias em empreendimentos de todos os portes, nas diversas atividades da cadeia produtiva.

Observa-se o aumento do uso de tecnologias inovadoras e diversificadas em toda cadeia de valor. É comum às fases de exploração, desenvolvimento e operação mineira, por exemplo, o emprego de tecnologias relacionadas à robótica e automação; simulação virtual do ambiente físico, incluindo uso de celular ou *tablet*; veículos aéreos não tripulados (como VANT's e drones); análise de imagens com uso das mais diversas tecnologias (satélites, radares, drones, LIDAR etc.) e *wearables* (artigos conectados e utilizáveis pelo ser humano, como óculos inteligentes, relógios, pulseiras etc.). Grande aplicação destas técnicas já reduz a necessidade de colocação da vida humana em risco, com aumento de segurança nos empreendimentos.

Redes e ambientes diversos em nuvem (*cloud*) conectados de forma ampla por IoT, armazenam um imenso volume de dados (*big data*), dispostos em diversas camadas (*layers*), utilizados na gestão de ativos e na gestão operacional, desde a exploração mineral até a produção e distribuição dos minérios. Os dados são acessados em tempo real, visualizados das mais diversas formas, em experiências imersivas como em realidade virtual e estendida, remota, em 4D, ampliando cada vez mais os ganhos em qualidade, segurança e economicidade, com apoio de analisadores de *Business Intelligence*.

A inteligência artificial (*artificial intelligence*) e o aprendizado de máquinas (*machine learning*), aplicados à captura de dados por sensores e módulos instalados, permitem identificar padrões, planejar e executar ações o mais autônomas possível, objetivando a minimização de riscos e incertezas, a otimização de processos e a redução de custos. A inteligência aplicada aos sistemas ERP | SAP para tomada de decisão avança aos saltos, igualmente ocorrendo com a integração em plataformas BIM (*Building Information Modeling* - Modelagem de Informação da Construção).

Processos verificados e validados por meio de protocolos de transação por *Blockchain*, com registros distribuídos e descentralizados e acionamento eficaz da governança estabelecida, avançam para compor soluções pautadas na rastreabilidade, confiabilidade, integridade e confidencialidade de dados e processos, com dispositivos de alto nível de segurança digital (*cybersecurity*).

Não há como imaginar que um sistema ou plataforma comerciais, de prateleira, contenham tudo. Não seria possível manter e suportar a quantidade de dados,

principalmente não estruturados, provenientes de diversas áreas das empresas, mas, sobretudo, garantir que estes dados sejam de qualidade, bem selecionados e de alto contexto, para que a captação de padrões disponibilize o aprendizado entre eles nesta jornada digital. Cada aplicação tem vantagens e requisitos próprios, requerendo que as tecnologias disponíveis superem suas limitações, particular e coletivamente. A compra de novos *softwares* não é uma solução e somente irá aumentar o legado de sistemas antigos, muito rapidamente.

Empresas fornecedoras de tecnologia para o setor mineral discutem os históricos desafios da digitalização que evoluem dinamicamente para grandes problemas comuns. Estes *players* atuam para o desenvolvimento de soluções modulares, cujas peças moduláveis e integradas têm interoperabilidade (capacidade dos instrumentos, sensores e equipamentos se comunicarem), com *links* e canais de interligação de quaisquer fornecedores da cadeia, preferencialmente de código aberto, *online/offline* e com alto nível de compartilhamento. Caminha-se para um futuro em que todas e quaisquer atividades existentes nas minas e usinas estarão integradas e conectadas em tempo real, formando um grande ecossistema digital, baseado em repositórios *Data Lake*.

A metodologia de validação e atribuição de confiança aos dados geológicos é plenamente aplicável e ajustável a todas as *commodities* e portes das empresas, cujo coração é baseado no princípio da competência, com a condução por diversos profissionais atuantes no processo em co-responsabilidade. Pessoas definem, aprimoram e condicionam a qualidade aos processos nos quais interagem, e assumem uma posição insubstituível pela inteligência artificial, e serão responsáveis por sistematizar e programar as novas regras de negócios digitais.

Como ponto culminante de contribuição para este estudo, manutenção e ampliação da qualidade dos dados e preparação para camadas estratégicas de decisão e tecnologia digital, vislumbrou-se um ecossistema digital no formato de um protocolo conceitual – o **Protocolo GMW3** – ilustrado na Figura 70.

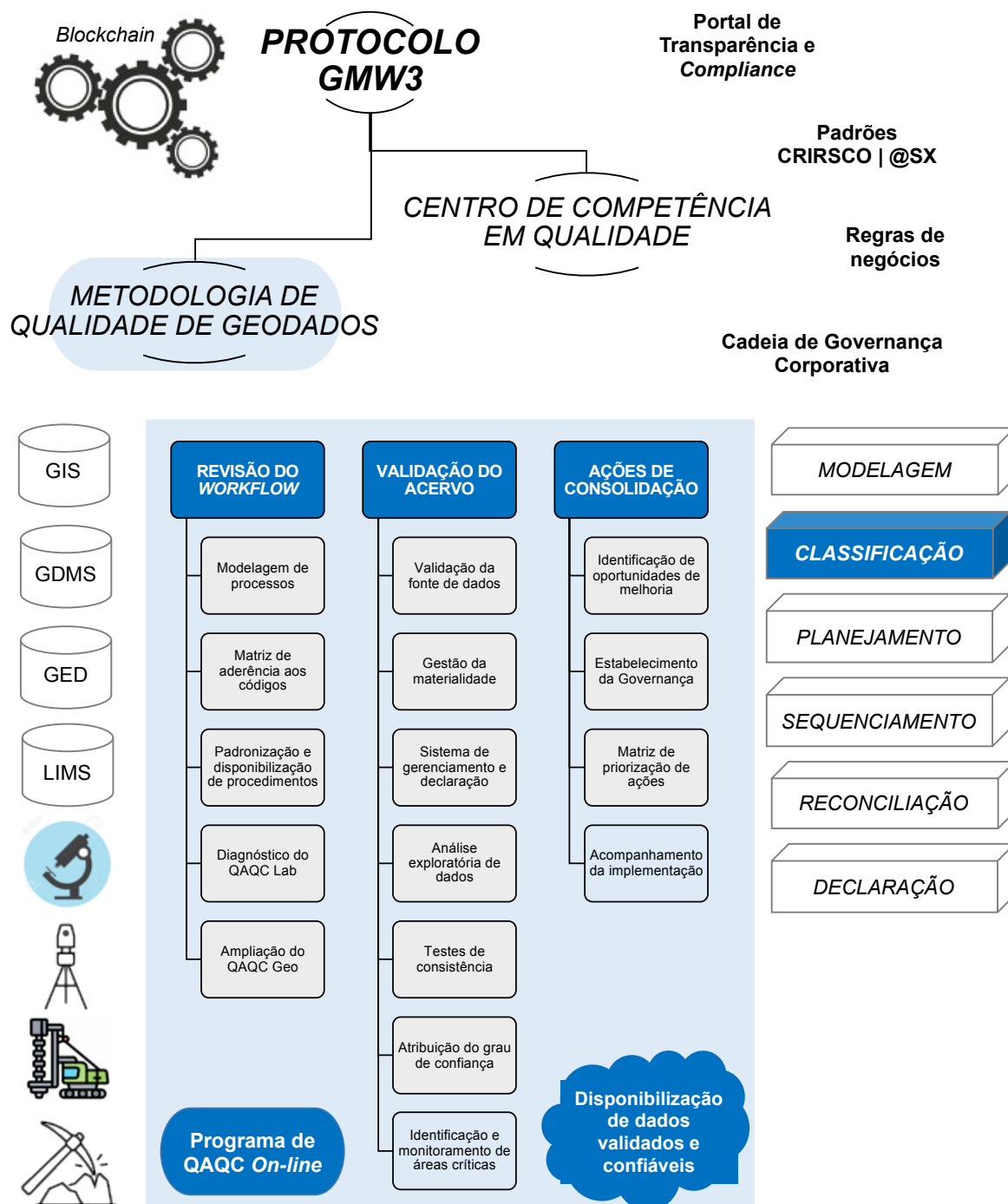


Figura 70 – Protocolo GMW3

A área sombreada em azul claro, denominada **Metodologia de Qualidade de GeoDados** (*GeoData Quality Management*) é o espaço de aplicação da metodologia descrita e desenvolvida nesta pesquisa. As caixas destacadas em azul médio são os únicos processos com desenvolvimento contínuo, os demais poderão ser executados apenas uma vez, a depender do plano de ações proposto. Desenvolvimentos

adicionais poderão, com as técnicas discutidas nesse trabalho, disponibilizar dados validados e confiáveis, sistema de classificação por *scorecard* e Programa de QAQC *on-line* (destacados em azul escuro). O protocolo foi concebido para integrar com os diversos tipos de repositórios de dados, ajustados a processos e sistemas consumidores de dados das empresas, ilustrados pelos elementos em amarelo claro.

O **Centro de Competência em Qualidade** (*Competent Quality Center*) é outro segmento do protocolo, que congrega os níveis não técnicos – portal de transparência e *compliance*, padrões CRIRSCO e @SX (todas as bolsas de valores), regras de negócios e cadeia de governança corporativa. A transformação digital deve ser tratada como prioridade máxima pelas empresas de mineração, como um projeto estratégico de gerenciamento de mudança, de início imediato e ações de curto, médio e longo prazos, guiada por colaboradores visionários e futuristas – mais um *soft skill* demandado para os(as) PQs. O modelo de capacitação e desenvolvimento de Combees (2013) pode – e deve – ser usado para definir e guiar os níveis de comprometimento para a competência almejada.

A grande engrenagem por trás do protocolo roda por meio de *Blockchain*, que garante rastreabilidade, confiabilidade e integridade, azeitada com mecanismos de mobilidade, praticidade, escalabilidade, flexibilidade e portabilidade, de forma descentralizada.

O nome do protocolo (*GMW3*) foi escolhido pela representação das letras “G” de geologia, “M” de mineração, “W3” de web3, a remodelagem que acontecerá na tecnologia para os quais rumam os maiores desenvolvimentos tecnológicos do mercado financeiro e de TI.

5. DISCUSSÕES

Parte das discussões relacionadas aos temas da pesquisa já foram feitas durante as análises, permanecendo ainda alguns pontos de destaque, a seguir descritos.

Em qualquer direção que se siga, salienta-se que a indústria mineral precisa atender às demandas do mercado financeiro e, ainda mais, aos anseios da sociedade, especialmente nas regiões em que atua e interfere. A adequação e harmonização das práticas padronizadas com priorização das condutas ESG irão refletir, diretamente, no valor das ações e, conseqüentemente, no valor de mercado das companhias, que estarão, de fato, transformando recursos em riquezas.

5.1. APLICAÇÃO NO BRASIL

Sem nenhuma dúvida, a publicação da Resolução nº 94/2022 foi um avanço para o setor mineral brasileiro. Porém, ainda há muito o que ser feito.

Haverá necessidade do incremento de qualidade nas entregas de pesquisa mineral dos próximos anos, de forma a consolidar o portfólio potencial de atratividade de investimentos, com o intuito de evitar equívocos conceituais, inconsistências, erros, negligência e fraudes.

Para garantir que os documentos técnicos vinculados aos processos de declaração tenham a credibilidade que a padronização atribui e para que o ativo mineral possa ser utilizado efetivamente como garantia de financiamento e *benchmarking* – um dos grandes desejos do setor mineral – as empresas deveriam fazer um amplo plano de ação, acompanhado de perto pela ANM, de forma transparente.

É crucial revisar a classificação dos recursos minerais apresentada nos RFPs, pois esta refletiu os estudos no momento do protocolo, anterior à publicação da Resolução. A classificação de reservas minerais declaradas em PAEs também deve ser revisitada, uma vez que não foram aplicadas todas as recomendações das práticas internacionais quanto aos fatores modificadores e à confiança requerida pelos estudos de viabilidade.

Entende-se que, para o mercado brasileiro se tornar atrativo ao investidor estrangeiro - que está cada vez mais disputado, exigente e avesso ao risco – é mandatório que seja feita uma mudança da cultura no Brasil, com a criação de um ecossistema integrado, como apresentado na Figura 71.

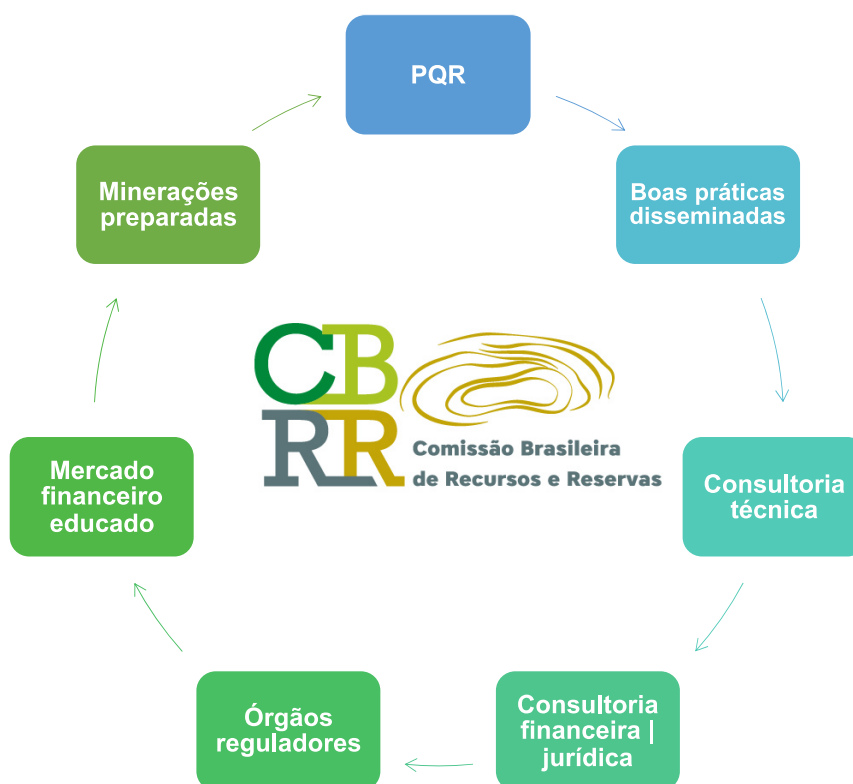


Figura 71 – Ecossistema de atores brasileiros para atratividade de investimentos do setor mineral

É preciso discutir amplamente de que forma todo o setor mineral precisa agir e se adequar para ser, de fato, compatível com as práticas internacionais. Como figura central, está a ação da CBRR e entidades parceiras (ADIMB, IBRAM, ABPM) para fazer a estruturação, divulgação e disseminação das práticas recomendadas, capacitação de profissionais e educação do mercado financeiro.

Os mineradores que queiram captar investimentos e objetivarem abertura de capital nas bolsas de valores precisarão entender quais profissionais e serviços precisarão buscar, dentre as consultorias técnicas especializadas, jurídicas e financeiras. Também deverão contratar PQs e investir na formação e atualização de seus(suas) colaboradores(as), para que estes(as) profissionais definam a conduta para a adequação de seus projetos e operações.

As empresas, especialmente as de menor porte, precisarão aprender a gerenciar seus ativos com alto padrão técnico e garantir a gestão eficiente dos dados geológicos desde a descoberta dos depósitos, para demonstrar a efetiva credibilidade (financeira e operacional) dos projetos. Deverão se familiarizar com as práticas, e gradualmente adquirir maturidade para desenvolver seus projetos de forma alinhada, prontos para apresentar melhores negócios para os potenciais interessados.

Os(as) PQRs brasileiros(as) serão os principais responsáveis pela condução dos trabalhos técnicos, com conduta ética e profissional pautada pelos princípios de competência aos moldes da proposta de Coombes (2013), discutida no item 3.3. Deverão se manter atualizados e capacitados, de forma a ampliar a divulgação das práticas e fazer crescer o ambiente. Àqueles(as) profissionais que não estão capacitados para atuação como PQ recomenda-se, fortemente, iniciar pelo entendimento e conscientização da importância de todo o processo, para, então, aplicar e assumir esta posição.

Igualmente importante, a ANM deverá manter suas atribuições legais e regulamentadoras, conscientizar e capacitar seus colaboradores, para assumir a posição para esclarecimento público sobre as práticas e processo, no que compete às entregas de declaração de resultados de exploração, recursos e reservas minerais para evolução dos títulos minerários.

Concomitantemente com a consolidação deste ecossistema, o setor deverá compatibilizar os esforços com os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, com destaque para o Acordo de Paris sobre mudanças climáticas e Princípios do Equador de 2020; os Princípios da Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) quanto à política regulatória e regulação do setor; e os Princípios de Mineração do ICMM¹⁸, com um conjunto abrangente de 38 expectativas de desempenho e oito declarações de posição relacionadas a vários desafios críticos do setor, relacionados às temáticas:

- 1) Negócios com Ética;
- 2) Tomada de Decisões;
- 3) Direitos Humanos;
- 4) Gestão de Risco;

¹⁸ https://www.icmm.com/website/publications/pt/mining-principles/mining-principles_pt.pdf?cb=10446

- 5) Saúde e Segurança;
- 6) Desempenho Ambiental;
- 7) Conservação da Biodiversidade;
- 8) Produção Responsável;
- 9) Desempenho Social; e
- 10) Envolvimento das Partes Interessadas.

5.2. APLICAÇÃO EM DADOS GEOTÉCNICOS E OUTROS TIPOS

A metodologia proposta e apresentada já foi parcialmente aplicada também em outros tipos de dados, com destaque para dados geotécnicos, hidrogeológicos e ambientais. Apesar de existirem adicionalmente outros tipos de métodos e equipamentos para aquisição de dados, diferentes processos, clientes e estruturas, as ferramentas criadas podem ser ajustadas, o que confere a este estudo uma amplitude ainda maior.

Diante do cenário recente, com a grande demanda de aporte de conhecimento para otimização da segurança de barragens de rejeitos e outras estruturas geotécnicas, técnicas de QAQC vêm sendo incorporadas a dados de instrumentação e investigação utilizados para determinação dos parâmetros geotécnicos, análise de estabilidade e definição de níveis de controle.

A metodologia de validação e atribuição de confiança aos dados geológicos e o Protocolo GMW3 são integralmente aplicáveis ao atendimento do compromisso corporativo do setor de evitar qualquer dano às pessoas e ao meio ambiente (zero dano), com tolerância zero para fatalidades humanas, assumido pelas maiores empresas de mineração do mundo associadas ao ICMM, signatárias do GISTM (*Global Industry Standard on Tailings Management*), o Padrão Global da Indústria para a Gestão de Rejeitos.

A disponibilização de dados geotécnicos qualificados deve ser um módulo neste imenso sistema que demanda alta confiabilidade para tomada de decisões, com visibilidade e transparência.

6. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

As principais conclusões provenientes desta pesquisa são:

- 1) A reconquista da credibilidade de projetos minerais após o escândalo Bre-X pelo esforço coletivo da padronização mundial de Declaração Pública de resultados de exploração, recursos e reservas minerais foi uma estratégia eficiente e muito bem-sucedida. A constante evolução dos códigos, acompanhando as demandas da sociedade e mercado promoveu, cada vez mais, a adesão dos principais países mineradores ao CRIRSCO, cancelados pelas comissões de valores mobiliários e bolsas de valores de todo o mundo.
- 2) A sistematização e estruturação de componentes e formatos dos padrões, com recomendações vinculadas às classes e estágios de desenvolvimento no ciclo de vida viabilizam o entendimento do risco do empreendimento pelo mercado de capitais e demais mecanismos de financiamento, tornando-se viável a comparação dos projetos e análise por *benchmarking*.
- 3) A compatibilidade entre os padrões, regras de ética e conduta e formas de credenciamento de profissionais em organizações reconhecidas permite que empresas de mineração atendam de forma mais eficiente e transparente e menos onerosa às diversas jurisdições em que atuam.
- 4) Apesar de extremamente vital para o setor mineral que o sistema regulatório nacional reconheça a classificação adotada mundialmente, entende-se que existe a necessidade urgente de amplo esclarecimento dos conceitos e princípios adotados pela ANM bem como complementação de resoluções, principalmente sobre: (i) “Declaração Pública”, que apenas internamente ao órgão significa algo como um inventário requerido pelo órgão para auxiliar nos dados estatísticos; e (2) o *upgrade* automático de classes, sem que, necessariamente, os títulos minerários estejam adequados às orientações, discutidas reiteradas vezes nesta pesquisa. De toda forma, uma vez que a legislação é a que se encontra vigente, há que se disseminar as práticas para as empresas e profissionais do Brasil, para que não haja problemas futuros.

- 5) Entende-se que as metodologias de classificação de recursos e reservas devem ser ajustadas ao tipo de mineralização e porte da empresa, dentre outras particularidades, mas reforça-se que a qualidade dos dados geológicos deve ser um dos critérios levados em consideração, somada às técnicas baseadas em geoestatística.
- 6) O conhecimento sobre erros de amostragem está avançado e muito disseminado no setor industrial e acadêmico e os controles de exatidão e precisão laboratoriais bem acompanhados pelas práticas e ferramentas de QAQC. Portanto, devem ser expandidos e complementados por melhores práticas de controles de posicionamento de amostras, de sondagem e amostragem, de materialidade e de cadeia de custódia.
- 7) Não é de domínio público a variação da qualidade dos dados geológicos, ao longo do tempo. Esta deve ser analisada e o grau da sua confiança, deve ser atribuído às diversas gerações do acervo histórico. A metodologia proposta para avaliação da qualidade e validação dos dados foi confirmada em casos reais e pode ser aprimorada, de acordo com o comprometimento das empresas.
- 8) Práticas associadas à governança corporativa, gerenciamento de processos e gestão de mudanças são ferramentas eficazes e estratégicas para apoiar a revisão do *workflow* e os planos de ação para consolidação e aprimoramento da qualidade dos dados geológicos.
- 9) De forma similar, os dados geológicos devem ser tratados com a seriedade e importância como é feito pelas diversas práticas da indústria de TI, cujos princípios foram trazidos e discutidos neste estudo. A qualidade da informação é a base estruturante para a tomada de decisões assertivas e sustentáveis e as práticas discutidas nesta pesquisa com a proposta de gestão eficiente de dados são a ferramenta mais elegante e apropriada. É condição para que uma empresa esteja preparada para as necessidades do futuro. Como mencionado no capítulo 4 deste estudo: Caminha-se para um futuro em que todas e quaisquer atividades existentes nas minas e usinas estarão integradas e conectadas em tempo real, formando um grande ecossistema digital.

- 10) Não é possível esperar resultados diferentes utilizando as mesmas estratégias. Muitos são os futuros possíveis, que dependem das realizações de hoje. As ações irão determinar o tempo que irá demorar para se passar pela transformação desejada. O setor mineral é responsável pelo que virá e pelo futuro que irá construir.
- 11) A **Competência** é o princípio condutor para garantia da qualidade da informação no processo de declaração de recursos minerais. **Pessoas definem, aprimoram e condicionam a qualidade aos processos nos quais interagem, e assumem uma posição insubstituível pela inteligência artificial, e serão responsáveis por sistematizar e programar as novas regras de negócios digitais.** A competência, como princípio das práticas internacionais, não é adquirida com treinamentos caros ou pelo número de relatórios feitos. É uma propriedade adquirida com consciência, integridade, valores, objetivo e foco para apoiar a construção e promoção da real sustentabilidade para o futuro da sociedade global.

Portanto, a partir da rejeição da Hipótese I e da aceitação da Hipótese II, criou-se a metodologia de validação e atribuição de confiança aos dados geológicos, como ferramenta apropriada e necessária para garantir que os dados e documentos técnicos vinculados aos processos de declaração de recursos e reservas minerais tenham credibilidade e para o que o ativo mineral possa ser utilizado efetivamente como garantia de financiamento e *benchmarking*. O uso eficiente dos resultados da integração com digitalização de todas as operações de um empreendimento mineiro, formando um grande ecossistema digital, como proposto no Protocolo GMW3, depende da qualidade dos dados como pavimento sólido para qualquer cenário escolhido, qualidade esta que poderá ser obtida com a aplicação da metodologia e da ferramenta apresentadas nesta tese de doutoramento.

Com base no exposto, conclui-se que, **para garantir que a produção de uma empresa de mineração seja constante, previsível e permanente, com resultados sustentáveis e riscos minimizados e conhecidos, os processos para obtenção dos dados geológicos - desde as fases de projetos de exploração - devem ser devidamente planejados, padronizados e customizados, e a qualidade de seus dados mensurada como parâmetro do método de classificação, para**

atendimento às diversas demandas da operação mineira e para demonstrar confiança e credibilidade (social, financeira e operacional).

Ainda há grande demanda por entendimento sobre momento que se o setor mineral está, especialmente sobre como a aplicação das boas práticas internacionais de declaração no país será, de fato, transformada em acesso a recursos financeiros.

Esta tese de doutoramento buscou contribuir com o estado da arte neste tema, quanto à padronização e à importância da qualidade da informação, apontando algumas direções para o futuro próximo.

Muito grata pela leitura.

Conte(m) comigo para discussões relacionadas, de forma a contribuir para um Mundo Melhor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBOTT J. R. D.M. Quality Assurance and Quality Control in Sampling and Sample Analysis. *In*: BULLOCK, R. L.; MERNITZ, S. (ed.). **Mineral Property Evaluation: Handbook for Feasibility Studies and Due Diligence**. Englewood: Society for Mining, Metallurgy & Exploration, 2018. p. 13 - 48.

ABZALOV. M. Z. Use of Twinned Drillholes. **Exploration and Mining Geology**, Canada: Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum, 2009. v. 18, n. 1–4, p. 13–23.

_____. (2011) Sampling Errors and Control of Assay Data Quality in Exploration and Mining Geology. *In*: IVANOV, O. (ed.). **Applications and Experiences of Quality Control**. [s.l.]: InTech, 2011. ISBN: 978-953-307-236-4.

AGRICOLA, G. **De re metallica**. Tradução: Herbert Clark Hoover & Lou Henry Hoover. New York: Dover Publications, 1950.

ANM - AGÊNCIA NACIONAL DE MINERAÇÃO. **Minuta de ato normativo**. Sistema Brasileiro de Certificação de Reservas e Recursos Minerais. Normatiza o sistema brasileiro de certificação de recursos e reservas minerais. 2018. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/consultas-publicas/consulta-publica-no8-2018-minuta-de-ato>. Acesso em: 13 nov. 2018.

_____. (2020) **Portaria nº 295, de 30 de abril de 2020**. Dispõe sobre as atribuições e a designação dos Chefes de Portfólio, Chefes de Projeto e das respectivas equipes da Agenda Regulatória ANM biênio 2020/2021. Disponível em: https://anmlegis.datalegis.inf.br/action/ActionDatalegis.php?acao=abrirTextoAto&link=S&tipo=POR&numeroAto=00000295&seqAto=INT&valorAno=2020&orgao=DC/ANM/MME&cod_modulo=431&cod_menu=7898. Acesso em: 03 mai. 2020.

_____. (2021a) **Resolução ANM nº 90, de 22 de dezembro de 2021**. Regulamenta os artigos 43 e 44 do Decreto nº 9.406, de 12 de junho de 2018. DIÁRIO OFICIAL DA UNIÃO. Publicado em: 24/12/2021 | Edição: 242 | Seção: 1 | Página: 195. Ministério de Minas e Energia/Agência Nacional de Mineração. Disponível em: <https://in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-anm-n-90-de-22-de-dezembro-de-2021-370065123>. Acesso em: 27 dez.2021.

_____. (2021b). **Agenda Regulatória**. Disponível em: <https://www.gov.br/anm/pt-br/assuntos/regulacao/agenda-regulatoria-1>. Acesso em: 27 dez. 2021.

_____. (2022a). **Resolução nº 94, de 7 de fevereiro de 2022**. Normatiza o inciso XXXV do art. 2º da Lei nº 13.575, de 26 de dezembro de 2017, disciplina a classificação das reservas minerais, com base em padrões internacionalmente aceitos de declaração de resultados. Publicado em: 08/02/2022 | Edição: 27 | Seção: 1 | Página: 53. Ministério de Minas e Energia/Agência Nacional de Mineração

Disponível em: <https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-n-94-de-7-de-fevereiro-de-2022-378640259>. Acesso em: 09 fev.2022.

_____ (2022b) **Anuário Mineral Brasileiro Interativo**. Disponível em: <https://app.powerbi.com/view?r=eyJrljoiZTRkNjI3MWEtMGI3My00ZTgzLWlyN2YtMzNjNDhjNTViM2Q2liwidCI6ImEzMDgzZTIxLTc0OWItNDUzNC05YWZhLTU0Y2MzMTg4OTdiOCJ9&pageName=ReportSection99c5eaca1c0e9e21725a>. Acesso em: 29 ago 2022.

APPLEYARD, G. R. An Overview and Outline. *In*: EDWARDS, A. (ed.). **Mineral Resource and Ore Reserve Estimation - The AusIMM Guide to Good Practice**. Melbourne: The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, 2001. p. 3–12.

ARMITAGE, M. G.; POTTS, M. F. A. Some comments on the classification of resources and reserves. *In*: WHATELEY, M. K.; HARVEY, P. K. (eds.). **Mineral Resource Evaluation II: Methods and Case Histories**. [s.l.]: Geological Society Special Publication, 1994. p. 11–16.

AROUCK, O. Avaliação de sistemas de informação: revisão da literatura. **Transinformação**, [s.l.]. v. 13, n. 1, p. 7-21, 2001. DOI: 10.1590/S0103-37862001000100001 Acesso em: 11 jan. 2022.

ASX - AUSTRALIAN SECURITIES EXCHANGE. Sydney, 2020. Disponível em: <https://www2.asx.com.au/>. Acesso em: 01 out. 2020.

AUAD, R. G. **A importância da certificação e da declaração oficial de recursos e reservas no mercado mineral brasileiro**. 2017. 65f. TCC – Engenharia de Minas e de Petróleo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017.

AUSIMM – AUSTRALASIAN INSTITUTE OF MINING AND METALLURGY. AusIMM Online Professional Certificate in JORC Code Reporting. *In*: TRAINING COURSE. [s.l.] [s.n.] Set. 2020.

AUSIMM; AMIC - AUSTRALASIAN INSTITUTE OF MINING AND METALLURGY; AUSTRALIAN MINING INDUSTRY COUNCIL. **Australasian Code for Reporting Identified Mineral Resources and Ore Reserves - Report of the Joint Committee**. [s.l.]. Feb, 1989. 8p.

AWUAH-OFFEI, K. **Public Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Reserves. S-K 1300**. *In*: TRAINING COURSE. [s.l.]. Missouri University of Science and Technology. Mai. 2020.

AZEVEDO, L.M.F. 2016 Alternativas atuais para captação de recursos pelas empresas juniores. . *In*: SIMPÓSIO DE EXPLORAÇÃO MINERAL. SIMEXMIN. **Anais** [...] Ouro Preto: ADIMB, 2016.

B3. **Consultas**. [s.l.], 2022. Disponível em: http://www.b3.com.br/pt_br/produtos-e-servicos/negociacao/renda-variavel/acoes/consultas/classificacao-setorial/. Acesso em:

BALL-DOOD, K.; BROWN, M. **The mining law review: United Kingdom**. [s.l.], 2021. Disponível em: <https://thelawreviews.co.uk/title/the-mining-law-review/united-kingdom-capital-markets>. Acesso em: 08 jan 2022.

BARBOSA, W.; LYRA, R. Enap. **Governança de Dados: Princípios, importância e desafios do Gerenciamento de Dados**. Brasília, 2019. Disponível em: <https://repositorio.enap.gov.br/handle/1/5008>. Acesso em: 28 mar 2021.

BATINI, C.; CAPPIELLO, C.; FRANCALANCI, C.; MAURINO, A. Methodologies for data quality assessment and improvement. [s.l.]: **ACM Computing Surveys**, v. 41, n. 3, p. 2–52. 2009.

BEAUDRY, C. **Drill core sampling and analysis protocols (QAQC Manual)**. [s.l.] [s.n.]. 2007. 54p.

BERTOSSI, L. G. **Proposta para uso do erro de suavização na classificação de recursos minerais**. 2011. (Mestrado em Recursos Minerais e Meio Ambiente) - Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. DOI:10.11606/D.44.2011.tde-30092015-105307.

BOSSON, R. & VARON, B. **The Mining Industry and the Developing Countries**. Oxford: World Bank Publication. Oxford University Press. 273p. 2. ed., 1978.

BRASIL. **Decreto-Lei nº 227 de 28 de fevereiro de 1967**. Código de Mineração. Disponível no Diário Oficial da União no dia 28 de fevereiro de 1967. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del0227.htm. Acesso em: 15 out. 2020.

_____. (2018a) **Decreto nº 9.406 de 12 de junho de 2018**. Regulamento do Código de Mineração. Disponível em: <https://www2.camara.leg.br/legin/fed/decret/2018/decreto-9406-12-junho-2018-786851-publicacaooriginal-155831-pe.html>. Acesso em: 15 out. 2020.

_____. (2018b) **Decreto nº 9.587, de 27 de novembro 2018**. Disponível em: https://www.in.gov.br/materia/asset_publisher/Kujrw0TZC2Mb/content/id/52251893/d01-2018-11-28-decreto-n-9-587-de-27-de-novembro-2018-52251675. Acesso em: 15 out. 2020.

BRENNER, T. L.; STEPHENSON, P. R.; RIBEIRO, E. S. C.; PETERMANN A. M. The Brazilian guide for exploration results, mineral resources and mineral reserves: A new member of the CRIRSCO family. *In*: WORLD MINING CONGRESS, 24th. **Proceedings**. Mineral Economics Instituto Brasileiro de Mineração (Org). Rio de Janeiro, 2016. p. 219-229.

BROBST, D. A.; PRATT, W. P. Summary of United States: Mineral Resources. **Geological Survey Circular**, n. 862, 1973. Washington D.C.:

CAMISANI-CALZOLARI, F. A. National and international codes for reporting mineral resources and reserves: Their relevance, future and comparison. **Journal of The South African Institute of Mining and Metallurgy**, v. 104, n. 5, p. 297–305, 2003.

CAMPBELL, J. A. H. Attracting Funds to Develop Southern Africa's Diamond Exploration and Mining Potential. *In*: AFRICAN MINING SUMMIT VIRTUAL EVENT, [s.l.] [s.n.] set. 2020.

CANCHAYA MOYA, S. **QAQC in mining — reality or fantasy?** [s.l.] [s.n.]. p. 287–294, 2011.

CBRR - COMISSÃO BRASILEIRA DE RECURSOS E RESERVAS. Brasília, 2022. Disponível em: <https://cbrr.org.br>. Acesso em: 03 abr. 2022.

_____. (2016). **Guia CBRR para Declaração de Resultados de Exploração, Recursos e Reservas Minerais**. Brasília, 2016. Disponível em: https://cbrr.org.br/docs/guia_declaracao.pdf. Acesso em: 30 out. 2016.

CCRR – COMISION COLOMBIANA DE RECURSOS Y RESERVAS MINERALES. **Estandár Colombiano para el Reporte Público de Resultados de Exploración, Recursos y Reservas Minerales**. Bogotá: CCRR. 2018. 76p.

CCRR – COMISION COLOMBIANA DE RECURSOS Y RESERVAS MINERALES. Website. CBRR. 2022. Disponível em: <https://comisioncolombianarecursosyreservas.com>. Acesso em: 11 abr. 2022.

CESSFORD & JOUGHIN. **SRK Consulting**. [s.l.], 2022. Disponível em: <https://www.srk.com/en/srk-news/srk-news-63-geological-modelling-and-mineral-resources>. Acesso em: 21 mai. 2022.

CHIEREGATI, A. C. Amostragem. *In*: LUZ, A.B. da; FRANÇA, S.C.A; BRAGA, P.F.A **Tratamento de Minérios**. Rio de Janeiro: CETEM/MCTIC, 2018. 6 ed., cap. 2., p. 27-65.

CIM - CANADIAN INSTITUTE OF MINING, METALLURGY, AND PETROLEUM. **Standards on Mineral Resources and Reserves**. [s. l.], CIM Standing Committee on Reserve Definitions, 2000. Disponível em: https://web.cim.org/UserFiles/File/CIM_Standards_on_Mineral_Resources_Reserves_2000.pdf. Acesso em: 27 out. 2017.

_____. (2014). **Definition Standards on Mineral Resources and Reserves (The CIM Definition Standards)**. Mineral Resource & Mineral Reserve Committee. Toronto, 2014. Disponível em: <http://web.cim.org/standards/MenuPage.cfm?sections=177&menu=178>. Acesso em: 27 out. 2017.

_____. (2018). **CIM Mineral Exploration Best Practice Guidelines**. Quebec, 2018. Disponível em: https://mrmr.cim.org/media/1130/cim-mineral-exploration-bp-guidelines_2018.pdf. Acesso em: 27 jan. 2020.

_____. (2019). **CIM Estimation of Mineral Resources and Mineral Reserves Best Practice Guidelines**. Mineral Resource & Mineral Reserve Committee. Quebec, 2019. Disponível em: https://mrmr.cim.org/media/1146/cim-mrmr-bp-guidelines_2019_may2022.pdf. Acesso em: 27 jan. 2020.

_____. (2022). **Standards, Best Practices & Guidance for Mineral Resources & Mineral Reserves**. Disponível em: <https://mrmr.cim.org>. Acesso em: 11 fev. 2022.

CM - COMISIÓN MINERA. **Comisión Calificadora de Competencias en Recursos y Reservas Mineras**. Disponível em: <https://www.comisionminera.cl>. Acesso em: 11 fev. 2022.

CHILE. **Ley n°20.235**, 2015. Santiago: Chile Ministerio de Minería, [2015]. Disponível em: <http://www.comisionminera.cl/documentacion/codigos-normas-y-guias>. Acesso em: 27 out. 2017.

COOMBES, J. **Practice based competency development: a study of resource geologists and the JORC code system**. [s.l.], 2013. Disponível em: <https://ro.ecu.edu.au/theses/610>. Acesso em: 27 set 2020.

CRIRSCO - COMMITTEE FOR MINERAL RESERVES INTERNATIONAL REPORTING STANDARDS. **International Reporting Template for Public Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Mineral Reserves**. [s. l.], 2006. 36p.

_____. (2013). **International Reporting Template for Public Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Mineral Reserves**. [s. l.], 2013. 41p.

_____. (2019). **International Reporting Template for the Public Reporting of Exploration Targets, Exploration Results, Mineral Resources and Mineral Reserves**. [s. l.]: nov. 2019, 79p.

_____. (2022). Disponível em: <https://www.criusco.com>. Acesso em: 30 mar 2022.

CSA – CANADIAN SECURITIES ADMINISTRATORS. National Instrument NI 43-101 Standards of Disclosure for Mineral Projects. Canada. CSA. 2011. Disponível em: http://web.cim.org/standards/documents/Block484_Doc111.pdf. Acesso em: 27 out. 2017.

_____. (2022). **CSA Consultation Paper 43-401 – Consultation on National Instrument 43-101 Standards of Disclosure for Mineral Projects**. Notices: (2022), 45 OSCB 3909. Disponível em: https://www.osc.ca/sites/default/files/2022-04/ni_20220414_43-101_consultation.pdf. Acesso em: 03 mai. 2022.

CUCHIERATO, G; PISANI, J. R. T.; PENHA, U.C.; ROBINE, B. C.; PENNA, B. N.; PEREIRA, J. P. M. Ciclo de Vida do Projeto Mineral. **Revista In the Mine**, São Paulo, MineEncarte, [s.v.], p. 28-29, 2021.

CUCHIERATO, G. Padronização de processos e procedimentos nos programas de QAQC. **Revista In the Mine**, São Paulo, MineGeologia, v. 98. p. 34-35, jul-ago 2022.

_____. (2020). Qualidade da Informação: o setor que ainda não sabe que não sabe. **Revista In The Mine**. São Paulo, MineGeologia, v. 86, p. 20-21, ago. 2020.

CUMMING, J. **New Frontiers in Mining Financing – Research Report**. The Northern Miner. PearTree Securities Inc. 24p. 2015

DAVENPORT, T.; PRUSAK, L. **Conhecimento empresarial: como as organizações gerenciam o seu capital intelectual**. Tradução: Lenke Peres. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

DELONE, W. H.; MCLEAN, E.R. Information System Success: the quest for the dependent variable. **Information Systems Research**, [s.l.], v. 3, n. 1, 60–95, 1992.

DNPM - DEPARTAMENTO NACIONAL DA PRODUÇÃO MINERAL. **Bases técnicas de um sistema de quantificação do patrimônio mineral brasileiro**. Brasília: DNPM, 1992, 28p.

DOHM, C. E. **Balanced Scorecard Approach for Resource Classification**. Best Practice – Geosciences. [s.l.] July 2010. Publicação interna. AA_GBP_000001.

_____. (2005). Quantifiable Mineral Resource Classification: A Logical Approach. In: LEUANGTHONG, O.; DEUTSCH, C. V. (eds.). **Geostatistics Banff**. [s.l.] Springer, 2005. p. 333–342.

DOLBEAR, B. 2020. S-K 1300 Simplified for Consultants. *In*: WEBINAR FOR MMSA. [s.l.; s.n.] 2020. Disponível em: https://mmsa.net/Webinars/S-K%201300%20Simplified%20for%20Consultants_V2.pdf. Acesso em: 12 ago. 2021.

DOMINY, S. C. Importance of good sampling practice throughout the gold mine value chain. **Mining Technology**. [s.l.]. v.125, n.3, p. 129-141, 2016. DOI: 10.1179/1743286315Y.0000000028

DOMINY, S. C.; NOPPÉ, M. A.; ANNELS, A. E. Errors and uncertainty in mineral resource and ore reserve estimation: The importance of getting it right. **Exploration and Mining Geology**, v. 11, n. 1–4, p. 77–98, 2002.

DOMINY, S. C.; PUREVGERELB, S.; ESBENSEN, K. H. Quality and sampling error quantification for gold mineral resource estimation. **Spectroscopy Europe**, v. 32 n. 6 p. 21-27, 2020.

DUGGAN, S.; GRILLS, A.; STIEFENHOFER, J.; THURSTON, M. Development of a best-practice mineral resource classification system for the De Beers group of companies. **The Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy**, [s.l.]. v. 117, p.1127-1132, dec. 2017. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.17159/2411-9717/2017/v117n12a6>. Acesso em: 08 set. 2019.

DUTRA, F. G.; BARBOSA, R. R. Modelos e critérios para avaliação da qualidade de fontes de informação: uma revisão sistemática de literatura. **Informação & Sociedade: Estudos**, João Pessoa, v. 27, n. 2, 2017. Disponível em: <https://periodicos.ufpb.br/ojs2/index.php/ies/article/view/32676>. Acesso em: 15 out. 2020.

EDGAR - ELECTRONIC DATA GATHERING, ANALYSIS, AND RETRIEVAL SYSTEM. Disponível em: <https://www.sec.gov/edgar.shtml>. Acesso em: 28 set. 2020.

ESAYAS, S.; MAHLER, T. Modelling compliance risk: a structured approach. **Artif Intell Law**. [s.l.] v. 23, p. 271–300, 2015. Springer. DOI 10.1007/s10506-015-9174-x.

FRANÇOIS-BONGARÇON, D. **Due-Diligence studies and modern trends in mining**. Mineral Resources Development, [s.d.] 2003.

GORDON, M. **Complete Guide: How to Invest in Mining Stocks** (New 2021). 29, jan., 2021. Disponível em: <https://articles.cruxinvestor.com/beginners-guide-junior-mining-stocks>. Acesso em: 13 nov. 2021.

GROSSI S., J.H.; VALENTE, J. M. G. P. Reservas e recursos minerais - uma revisão. In: SEMINÁRIO NACIONAL SOBRE "INFORMÁTICA EM MINERAÇÃO: Pesquisa, Lavra e Beneficiamento Mineral", 6., 1996, Belo Horizonte. **Atas** [...]. Belo Horizonte: IBRAM, 1996, p.70-92.

GROSSI S. J. H.; VALENTE, J. Norma Brasileira para Classificação de Recursos e Reservas Minerais. [s.l.]: Departamento Nacional de Produção Mineral. 2002.

GROSSI S. J. H.; VALENTE, J., **Considerações sobre sistemas de classificação de recursos e reservas**. Belo Horizonte: IBRAM, 2000.

GROSSI, J. H.; VALENTE, G. **Guia Prático para Cálculo de Recursos e Reservas Minerais**. [s.l.]: 2003. 12p. Disponível em: <http://www.geologo.com.br/JORC.ASP>. Acesso em: 27 out. 2017.

HENLEY, S. **The Russian Reserves & Resources Reporting System - Discussion and Comparison with International Standards**. Matlock: [s.n.]. 2004. Disponível em: http://www.imcinvest.com/pdf/Russian_reserves_8.pdf. Acesso em: 22 nov 2019.

HENLEY, S.; ALLINGTON, R.; PERC; CRIRSCO. UNFC: minerals reporting standards and classifications. **European Geologist**, [s. n.], p. 49–54, nov. 2013.

HOOVER, H. C. **Principles of Mining**. London: McGraw-Hill Book Company, 1909.

IAEA – INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Classification of uranium reserves/Resources**. Viena. [s.n.]: 1998. 91p.

IBGC - INSTITUTO BRASILEIRO DE GOVERNANÇA CORPORATIVA. **Código das melhores práticas de governança corporativa**. 5.ed. São Paulo, SP: IBGC, 2015, 108p.

IBRAM - INSTITUTO BRASILEIRO DE MINERAÇÃO. **Relatório Anual de Atividades, jan-dez 2020**. Brasília: IBRAM. 2020 Disponível em <https://ibram.org.br/publicacoes/?txtSearch=&checkbox-section%5B%5D=1039#publication>. Acesso em: 19 out. 2021.

_____. (2022). **Setor Mineral 2021**. Brasília: IBRAM. 2022. Disponível em: https://ibram.org.br/wp-content/uploads/2022/02/Infografico_Mineracao_em-Numeros_2021-2.pdf. Acesso em: 28 mai. 2022.

ILLIEVA, T. **Mineral Resource Reporting – Differences between CIM, JORC, and Others**. Toronto, 1 set. 2016. Disponível em: <https://www.micon-international.com/mineral-resource-reporting-differences-between-cim-jorc-and-others/>. Acesso em: 03 nov. 2017.

IIMCH - INSTITUTO DE INGENIEROS DE MINAS DE CHILE. **Certification code for exploration prospects, mineral resources and ore reserves**. [s.l.], 2004. 43p.

IMM - INSTITUTE OF MATERIALS, MINERALS AND METALLURGY. **Definitions of Reserves and Resources and Guidelines and Criteria**. IMM. 1991. 3p.

IMMM - INSTITUTE OF MATERIALS, MINERALS AND MINING. **Code for Reporting of Mineral Exploration Results, Mineral Resources and Mineral Reserves (The Reporting Code)**. IMMM. 2001. 35p.

ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO 8000-61: Data quality — Part 61: Data quality management: Process reference model**. ISO/TC 184/SC 4 Industrial data. [s.l.; s.n.], 2016. 21p.

ISO - INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **ISO / TS 8000-1: Qualidade de dados - Parte 1: Visão geral**. [s.l.; s.n.], 2022.

JAKUBIAK, Z.; SMAKOWSKI, T. Classification of mineral reserves in the former Comecon countries. *In: WHATELEY, M. K.; HARVEY, P. K. (eds.). Mineral Resource Evaluation II: Methods and Case Histories*. [s.l.] **Geological Society Special Publication**, 1994. p. 17–28.

JORC - AUSTRALASIAN JOINT ORE RESERVES COMMITTEE. **Australasian Code for Reporting of Mineral Resources and Ore Reserves (The JORC Code)**. JORC. 1999. 16p.

JORC - AUSTRALASIAN JOINT ORE RESERVES COMMITTEE. **Australasian Code for Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Ore Reserves (the JORC Code)**. [s.l.]: JORC. 2012. 44p.

JORC - AUSTRALASIAN JOINT ORE RESERVES COMMITTEE. **Website**. JORC, 2022. Disponível em: <https://www.jorc.org>. Acesso em: 28 mai. 2022.

KAZAKHSTANI ASSOCIATION FOR PUBLIC REPORTING OF EXPLORATION RESULTS, MINERAL RESOURCES AND MINERAL RESERVES. Kazakhstan Code for the Public Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Mineral Reserves. [s.l.]: KAZRC. 2016. 36p.

INDONESIAN JOINT COMMITTEE FOR MINERAL RESERVES. **Kode Komite Cadangan Mineral Indonesia (KCMi Code)**. [s.l.]: KCMi. 2017. 37p.

LEGARE, G. **Como acessar Capital de Crescimento no Canadá com a Toronto Stock Exchange e a TSX Venture Exchange**. [s.l.; s.n.], 2020. 1 vídeo. (65 min.). Publicado pelo canal GVM Advogados. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=PYwxt2MI4vg> Acesso em: 31 out. 2021.

LEGARE, G. Oportunidad de Capital. *In*: ENTENDIENDO LA BOLSA TSX VENTURE EXCHANGE (TSXV) Y LOS ESTÁNDARES DE DIVULGACIÓN PARA PROYECTOS MINERALES NI 43-101. **Proceedings**. Santiago [s.n.] Ago. 2022.

LEPAN, N. 2019. Visualizing the Life Cycle of a Mineral Discovery. **Visual Capitalist**. 2019. Disponível em: <https://www.visualcapitalist.com/visualizing-the-life-cycle-of-a-mineral-discovery/> . Acesso em: 31 out. 2020.

LEWIS, W. NI 43-101 Technical Reports: What They Are, and What They're Not. MICON INTERNATIONAL LIMITED. **Publications**: 01 de novembro de 2016. Disponível em: <https://www.micon-international.com/ni-43-101-technical-reports-theyre-not/>. Acesso em: 31 out. 2020.

LIVESLEY, K. Liability of Competent Person for JORC Reports. *In*: **Mineral Resource and Ore Reserve Estimation – The AusIMM Guide to Good Practice**. 2. ed. Melbourne: The Australasian Institute of Mining and Metallurgy. Australian Mining Industry Council, 2014. v. Monography 30. p.843-848.

_____. (2008). Liability of competent person for JORC reports. **AusIMM Bulletin**, n. 1, p. 56–64, 2008.

LOCK, N. A discussion of diamond resource classification. *In*: THE SAMREC/SAMVAL COMPANION VOLUME CONFERENCE. Emperors Palace, Southern African Institute of Mining and Metallurgy. 2016. p. 265-285.

LONG, R. **Mining and exploration trading volumes and values: Is the best is yet to come?** [s.l.], [s.d.] Disponível em: <https://www.proactiveinvestors.com/companies/news/938826/2020-mining-and-exploration-trading-volumes-and-values-is-the-best-is-yet-to-come-938826.html>. Acesso em: 28 mai. 2022.

LONG, S. D. **Assay quality assurance-quality control program for drilling projects at the pre-feasibility to feasibility report**. San Mateo, CA: [s.n.]. 2000.

LOPIČIĆ, L.; ARSIĆ, J. **Royalty Financing: A New Source of Capital in Mining, Tech and Beyond**. Schoenherr. 2020. Disponível em: <https://www.schoenherr.eu/publications/publication-detail/royalty-financing-a-new-source-of-capital-in-mining-tech-and-beyond>. Acesso em: 20 mai. 2020.

LSE - LONDON STOCK EXCHANGE. Londres, 2022. Disponível em: <https://www.londonstockexchange.com> Acesso em: 28 mai. 2022.

MACKENZIE, J. Podemos adicionar valor a empresas menores do Brasil, diz CEO da Bolsa de Toronto. **Coluna do Broadcast**, 27 de abril de 2021. Disponível em: <https://economia.estadao.com.br/blogs/coluna-do-broad/podemos-adicionar-valor-a-empresas-menores-do-brasil-diz-ceo-da-bolsa-de-toronto>. Acesso em: 07 mar. de 2022.

MALUKHIN, G. **Russian mining law, CRIRSCO, and the new Russian reporting standard**. Londres, 2011. Disponível em: http://www.criusco.com/news_items/8_russian_mining_law.pdf. Acesso em: 8 nov. 2017.

MARQUES, F. Desafios para Financiamento de Projetos de Exploração Mineral e Mineração. *In*: SIMPÓSIO DE EXPLORAÇÃO MINERAL. SIMEXMIN. **Anais [...]** Ouro Preto: ADIMB, 2016.

MCKELVEY, V. E. Mineral resources estimates and public policy. **American Scientist**, v. 60, p. 32–40, 1972.

MCMANUS, S. **Data quality**. Disponível em: <https://www.linkedin.com/pulse/data-quality-scott-mcmanus/?trk=v-feed>. Acesso em: 17 out. 2017.

MINING. **Bre-X Scandal: A History Timeline**. MINING.COM. [s.l.], 25, jan. 2015. Disponível em: <https://www.mining.com/web/bre-x-scandal-a-history-timeline>. Acesso em: 28 set. 2020.

MISKELLY, N.; MORAN, J. Benefitting the Investor by Better Resources — Reserves Disclosure. *In*: EDWARDS, A. (ed.). **Mineral Resource and Ore Reserve Estimation – The AusIMM Guide to Good Practice**. Melbourne: The Australasian Institute of Mining and Metallurgy. Australian Mining Industry Council, 2001. v. Monography 23. p.661–666.

MISKELLY, N. **Progress on International Standards for Reporting of Mineral Resources and Reserves**. 2003. Disponível em: <http://www.criusco.com/nmrestonpaper.pdf>. Acesso em: 8 nov. 2017.

MME - MINISTÉRIO DAS MINAS E ENERGIA. Plano de Ações e Metas. MME. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/mme/pt-br/assuntos/secretarias/geologia-mineracao-e-transformacao-mineral/publicacoes-1/programa-mineracao-e-desenvolvimento/programa-mineracao-e-desenvolvimento-pmd-2020-2023.pdf>. Acesso em: 06 fev. 2021.

MRC - MONGOLIAN MINERAL RESOURCES AND RESERVES COMMITTEE. **Mongolian Code for the Public Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Mineral Reserves (The MRC Code)**. MRC. 2014. 40p.

MYERS, B.L., KAPPELMAN, L.A., PRYBUTOK, V.R. A comprehensive model for assessing the quality and productivity of the information system function: toward a theory for information systems assessment. **Information Resources Management Journal**, v. 10, n. 1, p.6–25. 1997.

NACRI - NATIONAL COMMITTEE FOR REPORTING MINERAL RESOURCES AND RESERVES IN INDIA. Indian Mineral Industry Code (IMIC) For Reporting Exploration Results, Mineral Resources and Mineral Reserves. [s.l.]: NACRI. jul. 2019. 62p.

NAEN - NATIONAL ASSOCIATION FOR SUBSOIL EXAMINATION. **Russian Code for the Public Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Mineral Reserves (The NAEN Code)**. NAEN, 2011. 63p.

NERY, M. A. C. **O problema da estimativa de recursos minerais no estudo de exequibilidade de lavra**. 1995. (Mestrado em Administração e Política de Recursos Minerais) - Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

NERY, M. A. C. [s.l.; s.n.] (1 vídeo) (209 min). Publicado pelo canal FEBRAGEO. **Os novos conceitos em recursos e reservas no Brasil**. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=PL4IL4Kegdo&t=3313s>. Acesso em: 05 nov.2021.

NERY, M. A. C. O direito minerário como garantia de financiamento. **Revista Brasil Mineral**, São Paulo, [s. v.], n. 2, jun., 2020.

NICHOLLS, C. C. The Bre-X Hoax: A South East Asian Bubble. **The Canadian Business Law Journal**, v. 32, [s. n.], p. 173–222, 1999.

NOPPÉ, M. A. Reporting Mineral Resources and Ore Reserves - How confident are we. **AusIMM Bulletin**, n. 3, p. 31–34, 2014.

_____. (2016). A Framework for Presenting and Benchmarking Resource Projects. *In*: PROJECT EVALUATION CONFERENCE. **Proceedings**. SRK Consulting. Adelaide, 2016, [s.n.] 17p.

OLIVEIRA, F. B. & FONTINELLI, M. C. F. Como Viabilizar Novos Mecanismos de Financiamento? **Revista Brasil Mineral**, São Paulo, 2020. Disponível em <https://www.brasilmineral.com.br/noticias/como-viabilizar-novos-mecanismos-de-financiamento>. Acesso em: 12 ago. 2020.

OPAXE. **Map and Filters**. Perth: Opaxe, 2020. Disponível em: <https://my.opaxe.com/maz>. Acesso em: 01 out. 2020.

PARKER, H.M.; DOHM, C.E. **Evolution of Mineral Resource Classification from 1980 to 2014 and Current Best Practice**. *In*: FINEX 2014 JULIUS WERNHER LECTURE. 2014. [s.l.; s.n.] Disponível em: https://www.criusco.com/docs/H_Parker_Finex.pdf. Acesso em: 4 mar. 2018.

PARSONS, B.; LEHNER, J. MCCOMBE, D.; SULLIVAN, M. **Investment implications of U.S. SEC's Rule S-K 1300**. *In*: CONFERENCE TRENDS IN MINING FINANCE, 7th Annual CTMF. 2019. Disponível em: https://dxi97tvbmbhca.cloudfront.net/upload/user/image/BParsons-MSullivan_Current_Trends_in_Mining_Finance_April_201920191128191709112.pdf. Acesso em: 24 out 2020.

PENHA, U. C.; PISANI, J. R. T.; CUCHIERATO G.; ROBINE, B. C.; PENNA, B. N.; PEREIRA, J. P.M. Bolsa de Valores: Uma solução para o aumento do nível de

investimento e qualidade em projetos no setor mineral brasileiro. **Revista In the Mine**, São Paulo, MineGeologia, [s. v.], p. 42-46, 2021.

PAN-EUROPEAN RESERVES AND RESOURCES REPORTING COMMITTEE. **Pan-European Standard for Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Reserves ("The PERC Reporting Standard")**. Bruxelas, 2021. 64p.

PHILLIPS, R. **The Liability of company directors and competent persons for Resource/Reserve Disclosure**. In: MICA, THE CODES FORUM, AusIMM Sidney. 2000. Disponível em:

http://www.jorc.org/docs/liability_of_company_directors_cp_for_resource_disclosure-phillips.pdf. Acesso em: 24 out 2021.

_____. (2001). Reporting on Mineral Resources and Ore Reserves — A Note on Legal Liability. In: EDWARDS, A. (ed.). **Mineral Resource and Ore Reserve Estimation – The AusIMM Guide to Good Practice**. Melbourne: The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, 2001. v. Monography 23. p.677-680.

PISANI, J. R.T. [s.l.; s.n.] (1 vídeo) (189 min). Publicado pelo canal In The Mine magazine. **Como Tornar Um Projeto de Mineração Atrativo a Investimentos?** Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=TZsQCmtCsuk&t=628s>. Acesso em: 30 out. 2020.

PITARD, F. F. **Theory of Sampling and Sampling Practice**. 3 ed. Boca Raton: Taylor & Francis, 2019.

PHILIPPINE MINERAL REPORTING CODE COMMITTEE. **Philippine Mineral Reporting Code for Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Mineral Reserves**. PMRCC. 2020. 74p.

PHILIPPINE MINERAL REPORTING CODE COMMITTEE. **Webpage**. PMRCC, 2022. Disponível em: <https://pmrcc.org.ph> Acesso em: 01 jul. 2022.

STI/MP – SECRETARIA DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO / MINISTÉRIO DO PLANEJAMENTO, DESENVOLVIMENTO E GESTÃO. **Portaria nº 58, de 23 de dezembro de 2016**. Dispõe sobre procedimentos complementares para o compartilhamento de bases de dados oficiais entre órgãos e entidades da administração pública federal direta e indireta e as demais entidades controladas direta ou indiretamente pela União. Disponível em: <https://www.gov.br/conarq/pt-br/legislacao-arquivistica/portarias-federais/portaria-no-58-de-23-de-dezembro-de-2016>. Acesso em: 09 nov. 2021.

PWC. **Financial reporting in the mining industry. International Financial Reporting Standards**. 6. ed. [s.l.; s.n.] 2012. Disponível em: <https://www.pwc.com/gx/en/mining/publications/assets/pwc-financial-reporting-in-the-mining-industry-2012.pdf>. Acesso em: 25 set. 2020.

RIBEIRO, E. **CRIRSCO: Objetivos e Funcionamento**. 2020. Disponível em: <https://cbr.org.br/palestras/>. Acesso em: 13 fev. 2021.

RIDDLER, G. P. What is a mineral resource? In: WHATELEY, M. K.; HARVEY, P. (eds.). **Mineral Resource Evaluation II: Methods and Case Histories**. Geological Society Special Publication, n.79, 1994, p. 1–10.

ROBINE, B.C.; PENNA, B.N.; PEREIRA, J.P.M.; PENHA, U.C.; CUCHIERATO, G. **Análise do comportamento das empresas de mineração no mercado financeiro**. 2020. 34f. TCC (Geologia), Centro Universitário de Belo Horizonte - UniBH, Belo Horizonte, 2020.

ROSSI, M. E.; DEUTSCH, C. V. Introduction: Data Assembly and Data Quality. *In: Mineral Resource Estimation*. Dordrecht: Springer Netherlands, 2014. p. 1–9. DOI 10.1007/978-1-4020-5717-5_1.

SALDANHA, A.A. **Definição de estratégia de sondagem para aumento na conversão de recursos e reservas**. 2020. 74f. Dissertação – Escola de Engenharia Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais (PPGEM). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2020.

SAMREC - SOUTH AFRICAN CODE FOR THE REPORTING OF EXPLORATION RESULTS, MINERAL RESOURCES AND MINERAL RESERVES. **The South African Code for The Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Mineral Reserves (The SAMREC Code)**. SAMREC. [s.l.; s.n.]. 2017, 66p.

SAN MARTIN, A. **Journey to a Mineral Resource Estimate: Data**. MICON INTERNATIONAL LIMITED. Publications: 25 de agosto de 2020. Disponível em: <https://www.micon-international.com/journey-to-a-mineral-resource-estimate-data/>. Acesso em: 12 nov. 2020.

SANS, H.; TROTET, F. A comprehensive QA-QC methodology designed to enhance the quality of the geological database. Drilling and Blasting. **Bulletin**, [s. n.], p. 42-54, Dezembro, 2010. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/297832653>. Acesso em: 15 mai. 2019.

SEC - SECURITIES AND EXCHANGE COMMISSION. **Modernization of Property Disclosures for Mining Registrants Title 17 CFR Parts 229, 230, 239, and 249**. Release Nos. 33-10570; 34-84509; File n. S7-10-16. SEC. 2018. Disponível em: <https://www.sec.gov/rules/final/2018/33-10570.pdf>. Acesso em: 13 jan. 2019.

SEC - SECURITIES AND EXCHANGE COMMISSION. **Disclosure by Registrants Engaged in Mining Operations 17 CFR Part 229 Subpart 229.1300**. SEC. 2022. Disponível em: <https://www.ecfr.gov/current/title-17/chapter-II/part-229/subpart-229.1300>. Acesso em: 17 abr. 2022.

SEDAR - SYSTEM FOR ELECTRONIC DOCUMENT ANALYSIS AND RETRIEVAL **Search for Company Documents**. SEDAR. 2020. Disponível em: <https://www.sedar.com>. Acesso em: 12 nov. 2020.

SEEGER, M. **Mining Capital: Methods, Best-Practices and Case Studies for Financing Mining Projects**. Springer. Munich, Germany, 267p. Disponível em: <https://dokumen.pub/mining-capital-methods-best-practices-and-case-studies-for-financing-mining-projects-1st-ed-2019-978-3-030-31224-4-4-978-3-030-31225-1.html>. Acesso em: 25 set. 2020.

SHAW, W. J.; GODOY, M. C.; MÜLLER, G.; LARRONDO, P. An Approach to More Objective Classification of Mineral Resources. *In: International Mining Geology*

Conference. 6th. **Anais** [...] Darwin: The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, 2006.

SILVA, A.H.M. **Princípios dos Códigos de Recursos e Reservas e o Papel do Profissional Qualificado**. Youtube, 04 de novembro de 2021. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=TMoL8P4WGHM&t=11747s>. Acesso em: 13 fev. 2022.

SILVA, A.H.M. (2020). **CBRR - Razoável perspectiva de extração econômica (RPEE) O Papel dos Profissionais Qualificados**. Disponível em: <https://cbrr.org.br/palestras/>. Acesso em: 13 fev. 2022.

SILVA, D. S. F.; BOISVERT, J. B. Mineral resource classification: a comparison of new and existing techniques. **Journal of the Southern African Institute of Mining and Metallurgy**, v. 114, n. 3, p. 265–273, 2014.

SIMON, J., **Three Australian Asset-price Bubbles**. In: RICHARDS, A.; ROBINSON, T. (ed.) *Asset Prices and Monetary Policy*, Reserve Bank of Australia. RBA Annual Conference. Disponível em: <https://www.rba.gov.au/publications/confs/2003/pdf/simon.pdf>. Acesso em: 15 jan. 2018.

SIMON MENDEZ, A. **A Discussion on Current Quality-Control Practices in Mineral Exploration**. In: IVANOV, O. (Ed.). *Applications and Experiences of Quality Control*. 2011. [s.l.] InTech, 2011. p. 595–610.

_____. **QA/QC Básico na Indústria Mineral**. In: TREINAMENTO GEOANSATA. **Proceedings**. Belo Horizonte, 2019.

SINCLAIR, A. J.; BLACKWELL, G. H. **Applied Mineral Inventory Estimation**. Cambridge/UK: Cambridge University Press, 2002.

SME - SOCIETY FOR MINING, METALLURGY AND EXPLORATION. **A Guide for Reporting Exploration Information, Mineral Resources and Mineral Reserves**. Englewood: [s.n.]. SME. 1999. 17p.

SME - SOCIETY FOR MINING, METALLURGY AND EXPLORATION. **Guide for Reporting Exploration Information, Mineral Resources and Mineral Reserves**. Englewood: [s.n.]. SME. 2017. Disponível em: https://www.smenet.org/SME/media/Publications-Resources/SMEGuideReporting_082017.pdf. Acesso em: 20 dez. 2017.

SOUZA, L. E. **Proposição geoestatística para quantificação do erro em estimativas de tonelagens e teores**. [s.l.] Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2007.

SOUZA, L. E.; COSTA, J. F. C. L.; KOPPE, J. C. Alternativas para classificação de recursos minerais: métodos geoestatísticos tradicionais. **Revista Escola de Minas**, [s. l.], v. 62, n. 4, p. 525–532, 2009.

STEELE-SCHOBBER, T.; ALLINGTON, R.; GORDON, S. 2020. ESG. An overview for CRIRSCO. Opportunities and challenges for trustworthy and relevant minerals

reporting. In: CRIRSCO ANNUAL GENERAL MEETING, 2020. **Anais** [...]. On-line, CRIRSCO. 27p.

STEPHENSON, P. R.; VANN, J. Common Sense and Good Communication in Mineral Resource and Ore Reserve Estimation. In: EDWARDS, A. (ed.). **Mineral Resource and Ore Reserve Estimation – The AusIMM Guide to Good Practice**. Melbourne: The Australasian Institute of Mining and Metallurgy, 2001. v. Monography 23. p.13–20

STEPHENSON, P. R.; MISKELLY, N. Reporting Standards and the JORC Code. In: EDWARDS, A. (ed.). **Mineral Resource and Ore Reserve Estimation – The AusIMM Guide to Good Practice**. Melbourne: The Australasian Institute of Mining and Metallurgy. Australian Mining Industry Council, 2001. v. Monography 23. p. 621–630.

STOKER, P. Progress on the revision of the Chinese Mineral Resources and Mineral Reserves Reporting Standard. **Bulletin**, [s. n.], p. 20–21, April, 2009.

TAKAI, O.K.; ITALIANO, I.C.; FERREIRA, J.E. **Introdução a banco de dados DCC-IME-USP**. 2005. Disponível em: <https://www.ime.usp.br/~jef/apostila.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2019.

TSE/OSC MSTF - TORONTO STOCK EXCHANGE AND ONTARIO SECURITIES COMMISSION MINING STANDARDS TASK FORCE. **Setting New Standards: Recommendations for Public Mineral Exploration and Mining Companies**. TSE/OSC MSTF. 1999. Disponível em: <https://www.bcsc.bc.ca/about/media-room/news-releases/1999/mining-task-force-report-quality-of-information-available-to-the-public>. Acesso em: 20 dez. 2017.

TSX - TORONTO STOCK EXCHANGE. **Mining**. TSX. 2020. Disponível em: <https://www.tsx.com/listings/listing-with-us/sector-and-product-profiles/mining>. Acesso em: 01 out. 2020.

TSX - TORONTO STOCK EXCHANGE. **Mining**. TSX. 2022. Disponível em: <https://www.tsx.com/listings/listing-with-us/sector-and-product-profiles/mining>. Acesso em: 01 jul. 2020.

UMREK - NATIONAL RESOURCES AND RESERVES REPORTING COMMITTEE OF TURKEY. **The National Public Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Mineral Reserves Code of Turkey (The UMREK Code)**. [s.l.; s.n.]. 2018. 84p.

UN-ECE - UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE. **United Nations Framework Classification for Fossil Energy and Mineral Reserves and Resources 2009 incorporating Specifications for its Application**. ECE Energy Series n° 42. New York and Geneva. United Nations. 2013, 69p.

USBM/USGS - U.S. BUREAU OF MINES; U.S. GEOLOGICAL SURVEY. **Principles of the Mineral Resource Classification System of the U.S. Bureau of Mines and U.S. Geological Survey**. Geological Survey. Bulletin 1450-A. Washington, D.C.: [s.n.]. 1976. 13p.

USBM/USGS - U.S. BUREAU OF MINES; U.S. GEOLOGICAL SURVEY. **Principles of a Resource/Reserve Classification for Minerals**. Geological Survey. Circular C831. Arlington: [s.n.]. USBM/USGS, 1980. 12p.

VILLHENA, C.; TRINDADE, A. D. C. 2020. **The Mining Law Review: Brazil**. In: The Mining Law Review. LA FLÉCHE, E.R. (ed.). 9. ed. Law Business Research Ltd. Chapter 20 [s.l.]. 2020. p.241-248.

WALDIE, C.; WHYTE J.; TENIÉRE, P. **Mining Disclosure Essentials: NI 43-101 reporting fundamentals, industry best practices, and useful guidance for TSX and TSXV issuers**. Prospectors and Developers Association of Canada Convention. PDAC 2018 Annual Conference: Training course material. Toronto, 2018.

WALTHO, A. Competence in Other Jurisdictions. In: COMPETENCE AND COMPETENT PERSON: COMPETENCE BASELINE STUDY | COMPETENT PERSON DISCUSSION FORUM, 2022. **Proceedings**. Brisbane, AusIMM-AIG. Disponível em: <https://www.ausimm.com/globalassets/news-and-media/competent-person-discussion-forum---master.pdf>. Acesso em: 7 jun. 2022.

WARDROP, D. R. A new dawn for resource calculating geologists. In: EXTRACTIVE INDUSTRY GEOLOGY CONFERENCE, 14th. **Proceedings** [...]. WALTON, G. (ed.) Edinburgh, EIG Conferences. p. 33-36.

WEATHERSTONE, N. International Standards for Reporting of Mineral Resources and Reserves – Status, Outlook and Important Issues. In: WORLD MINING CONGRESS & EXPO. Anais [...]. Krakov: 2008 Disponível em: http://www.cirisco.com/isr_mineral_resources_reserves0908.pdf. Acesso em: 8 nov. 2017.

WELLS, N. **The CRIRSCO International Reporting Template**. 2017. Disponível em: http://www.cirisco.com/docs/9_The_CRIRSCO_Template.pdf. Acesso em: 7 jan. 2019.

YAMAMOTO, J. K. **Avaliação e classificação de reservas minerais**. São Paulo: EDUSP; FAPESP, 2001. 226p.

YOSHIKAWA, L.F.; JARDIM, P.H.; CRIVELINI, Y. ANM Regulamenta a oferta de direitos minerários como garantia em operações de financiamento. 2021. **Inteligência Jurídica**. [s.l.; s.n.]. Disponível em: <https://www.machadomeyer.com.br/pt/inteligencia-juridica/publicacoes-ij/financiamento-de-projetos-e-infraestrutura-ij/anm-regulamenta-a-oferta-de-direitos-minerarios-como-garantia-em-operacoes-de-financiamento-2>. Acesso em: 13 mai. 2022.

ANEXO A – Origens da padronização e evolução histórica da classificação e declaração de recursos e reservas minerais

Preocupações sobre a adequada metodologia para identificação, reconhecimento e definição de recursos minerais existem desde os históricos trabalhos relativos à pesquisa mineral, descritos no tratado da mineração “*De Re Metallica*” (AGRICOLA, 1556, traduzido para o inglês em 1950, do latim):

Reclama-se que alguns vendedores e compradores das ações nas minas são fraudulentos. Eu admito. Mas eles podem enganar alguém, exceto um homem estúpido e descuidado, não qualificado em assuntos de mineração? De fato, um homem sábio e prudente, hábil nesta arte, se duvida da confiabilidade de um vendedor ou comprador, vai imediatamente à mina para poder examinar por si mesmo o veio que foi tão elogiado ou menosprezado, e pode considerar se vai comprar ou vender as ações ou não. Mas as pessoas dizem que, embora alguém possa estar atento contra a fraude, ainda assim um homem simples e crédulo pode ser enganado. Mas nós frequentemente vemos um homem que está tentando enganar o outro, enganando a si mesmo, e merecidamente se tornar motivo de chacota para todos; ou muito frequentemente, tanto o fraudador quanto o ingênuo são totalmente ignorantes na mineração. (AGRICOLA, 1556, tradução nossa).

Hoover (1909), em *Principles of Mining*, discutiu-se a importância da amostragem adequada, da qualidade das análises, inclusive com realização de duplicatas e reamostragem, da precisão das estimativas e, especificamente, as necessárias precauções a serem tomadas contra fraude, onde se destaca:

Muito foi escrito sobre as precauções a serem tomadas contra fraudes em casos de avaliações para aquisições. As melhores salvaguardas são um olho alerta e um braço direito forte. No entanto, alguns pequenos detalhes ajudam. Uma grande bolsa de couro, lacrada segundo ordem da mala postal, na qual as amostras podem ser dispostas sigilosamente e que nunca são abertas, exceto por homens responsáveis, não apenas ajuda na segurança, mas também alivia a mente. Algumas amostras de rochas originais formam uma boa verificação e anotações são úteis sobre o valor provável do minério, desde a inspeção até a amostragem. Uma grande ajuda para o teste é realizar análises laboratoriais conjuntamente com a amostragem. Uma dúvida sempre pode ser resolvida por reamostragem imediata, e muito conhecimento pode ser adquirido, o que pode auxiliar um programa enormemente se os resultados não forem conhecidos até depois de deixar a mina. (HOOVER, 1909, tradução nossa).

Em outro capítulo deste pioneiro trabalho, Hoover (1909) ilustra a ocorrência de minério em um perfil longitudinal (Figura A.1) e subdivide as reservas minerais nas seguintes classes:

- minério provado: onde não há praticamente risco de falha na continuidade;
- minério provável: onde há algum risco, ainda justificável, para a suposição da continuidade;

- minério prospectivo: não pode ser incluído nas classes anteriores, nem definitivamente conhecido ou declarado em quaisquer termos de tonelagem.

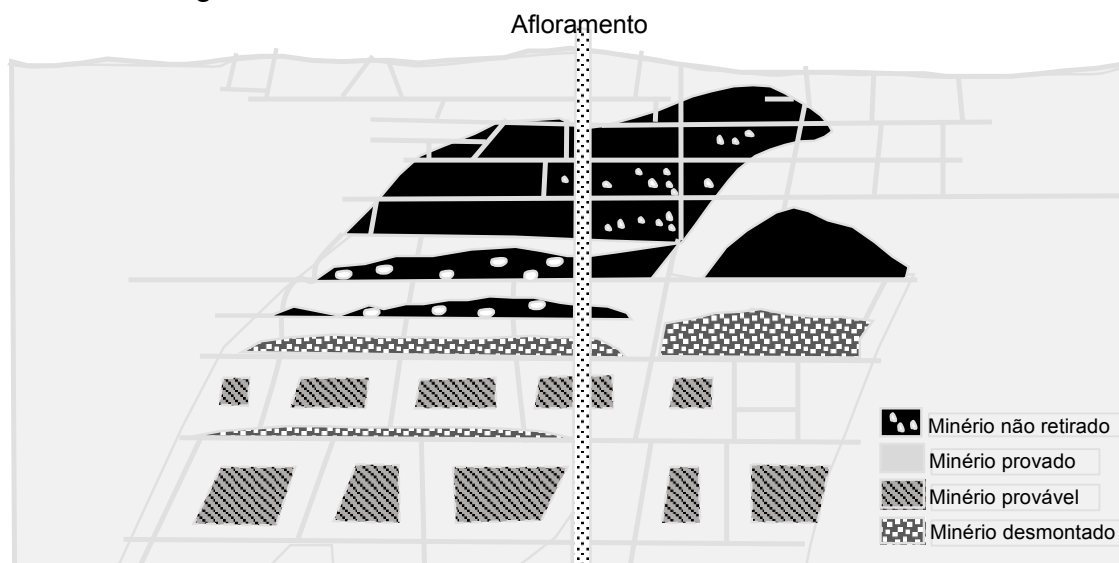


Figura A.1 – Perfil longitudinal de uma mina, com classificação do minério exposto
Fonte: Hoover (1909, tradução nossa).

Diversos autores apresentaram a cronologia da classificação, com análises sobre a evolução dos conceitos e classes de recursos e reservas, em todo o mundo, especialmente profissionais que fizeram parte dos grupos de discussão dos comitês nacionais durante a elaboração dos códigos, em relatos extremamente importantes para a reconstituição histórica deste tema. Neste trabalho, não se pretendeu rediscutir ou refazer estes passos, mas complementar e organizar a evolução sob a ótica global, após validação de fontes, indicando os acontecimentos de forma temporal, sequencial e concomitante, nos diversos países e regiões de relevância para o setor mineral.

O *Instituto de Ingenieros de Minas de Chile* fez uma proposta para a definição de alguns termos técnicos usados para estimativa de recursos minerais em 1942 (*First Pan-American Mining Engineering and Geology Congress*, realizado em Santiago, 1942 apud IIMCh, 2004), o que inseriu o Chile no pioneirismo das ações mundiais que resultaram na criação de documentação para conceituar ativos minerais

Stephenson & Miskelly (2001) destacam como ações pioneiras desencadeadoras para os avanços da padronização na Austrália:

- 1943 - Início do sistema de utilização de termos de classificação de recursos minerais em “medido”, “indicado” e “inferido” pelo *United States Bureau of Mines* (USBM), decorrente das preocupações para suprimento de minerais durante a Segunda Guerra Mundial, influenciando a adoção destes termos em todos os sistemas de classificação posteriores;
- 1953 - Criação de um comitê, integrante do *Australasian Institute of Mining and Metallurgy* (AusIMM), para examinar a nomenclatura da classificação de reservas minerais, que embora tendo discutido o assunto naquele momento, concluiu-se que não seria possível fazer recomendações a serem aceitas em grandes proporções naquele momento; e
- 1956 - Proposta de um sistema internacional de nomenclatura de reservas minerais pela *Society of Economic Geologists* (SEG), com recomendação

do uso do termo “recursos” para declarações em escala regional a nacional e “reservas” para escala de depósito.

No leste europeu, os princípios de classificação de reservas foram estabelecidos por volta de 1940 na União Soviética, e depois aplicados para os países integrantes do Comecon¹⁹ (JAKUBIAK & SMAKOWSKI, 1994), com o objetivo de apoiar o planejamento do fornecimento dos recursos minerais para as decisões governamentais, com a síntese das reservas consolidadas em Inventários Minerais do(s) Estado(s).

Em 1954 foi publicado o *Hard Rock Mineral Reserve Classification Standards*, da União Soviética (STOKER, 2009), a partir dos critérios definidos na década anterior. Este sistema inspirou a primeira versão da padronização na China, em 1956, com um sistema de classificação análogo ao soviético.

Wellmer (1989 apud BERTOSSI 2011) indica que a Alemanha instituiu um sistema de classificação de depósitos minerais em 1959 (Figura A.2), baseado na definição de limites de erros e níveis de confiança, segundo o trabalho da Sociedade Alemã de Mineração e Metalurgia (*Gesellschaft Deutscher Metallhütten und Bergleute* - GDMB).

CATEGORIAS	PROVADA	PROVÁVEL	POSSÍVEL		PROGNÓSTICO
			INDICADA	INFERIDA	
LIMITE DO ERRO	+/- 10%	+/- 20%	+/- 30%	+/- 30%	
NÍVEL DE CONFIANÇA	> 90%	70 – 90%	50 – 70%	30 – 50%	> 10 - 30%

Figura A.2 – Sistema de classificação na Alemanha, 1959

Fonte: Wellmer (1989 apud BERTOSSI 2011).

No Canadá, desde o início da década de 1970, o *Canadian Securities Administrators* (CSA) - uma organização dos reguladores dos mercados de capitais das províncias e territórios do país - requeria um sistema aprimorado de classificação de reservas, que foi consolidado sob as práticas de uma Política Nacional, a *National Policy 2-A (Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum* - CIM, 2000).

Simon (2003) descreve *The Poseidon Bubble*, um evento estimulado pela alta demanda e escassez da oferta de níquel pela Guerra do Vietnã na segunda metade da década de 1960. A empresa Poseidon NL era uma companhia de exploração que fez uma grande descoberta de níquel em Windarra, Austrália Ocidental, em 1969, denominada de “bolha econômica”, por ter ocorrido um episódio de *boom* e outro de *crash*, muito breves, mas não caracterizando uma fraude.

Suas ações começaram a subir quando os primeiros resultados de sondagem foram divulgados - foram negociadas em torno de US\$ 0.80 no início de setembro de 1969 e subiram para US\$ 1.85 no dia 26/09/1969. Em dezembro de 1969, fechou em US\$ 175. As previsões econômicas foram baseadas em vários pressupostos:

- que o preço do níquel permaneceria elevado;
- que a concentração de minério seria elevada; e
- que os custos de extração seriam baixos – todas informações não consubstanciadas.

¹⁹ *Council for Mutual Economic Assistance*, ou Conselho para Assistência Econômica Mútua, fundado em 1949, com o objetivo da integração econômica das nações do Leste Europeu. Países pertencentes: União Soviética, Alemanha Oriental (1950-1990), Tchecoslováquia, Polônia, Bulgária, Hungria e Romênia, entre outros.

O pico das ações se deu em fevereiro de 1970 e, depois disso, a bolha estourou, de forma muito rápida, em semanas. No seu auge, Poseidon teve uma capitalização de mercado de US\$ 700 milhões (que, na época, significava um terço do valor de capitalização da BHP, maior empresa mineradora da Austrália). A mina de níquel iniciou efetivamente sua produção em 1974, funcionando com desequilíbrio de fluxo de caixa. A mina foi assumida pela Western Mining, que operou até 1991, quando foram encerradas as atividades, produzindo em toda vida útil 5,4 milhões de toneladas de minério com teor médio de 1,5% de níquel.

O relatório do *Rae Committee*, assinado pelo senador australiano Peter Rae em 1974, documentou os abusos cometidos e práticas comerciais impróprias e destacou, dentre outras coisas, que o mercado de ações estava mal regulamentado e as informações em que os investidores confiavam não eram fidedignas (SIMON, 2003). O relatório recomendou diversas mudanças na regulamentação financeira e no mercado acionário, que culminou com o estabelecimento do que é hoje *Australian Securities and Investments Commission* (ASIC).

A criação do *Australasian Joint Ore Reserves Committee* (JORC) em 1971 também se deu em resposta urgente a este cenário, pela ação e organização da *Melbourne Stock Exchange* (atualmente *Australian Stock Exchange* - ASX) e do *Federal Government Senate Select Committee*. O comitê foi constituído pelo AusIMM e pelo *Australian Mining Industry Council* (AMIC), atualmente *Minerals Council of Australia* (MCA). As primeiras ações do Comitê JORC resultaram na primeira minuta de um guia, em 1972, que conceituou, pioneiramente, as terminologias para **Competent Person, Recursos (medido | indicado | inferido) e Reservas (provada | provável | possível)**.

Nos USA, em 1972, Vincent E. McKelvey – então diretor do *United States Geological Survey* (USGS), que se dedicou por mais de uma década ao desenvolvimento da metodologia de classificação de reservas minerais – publicou o diagrama que levou seu nome *McKelvey Diagram* (MCKELVEY, 1972, Figura A.3), com o objetivo de promover melhor planejamento de suprimento da demanda de minerais, sob as condições tecnológicas e econômicas do momento.

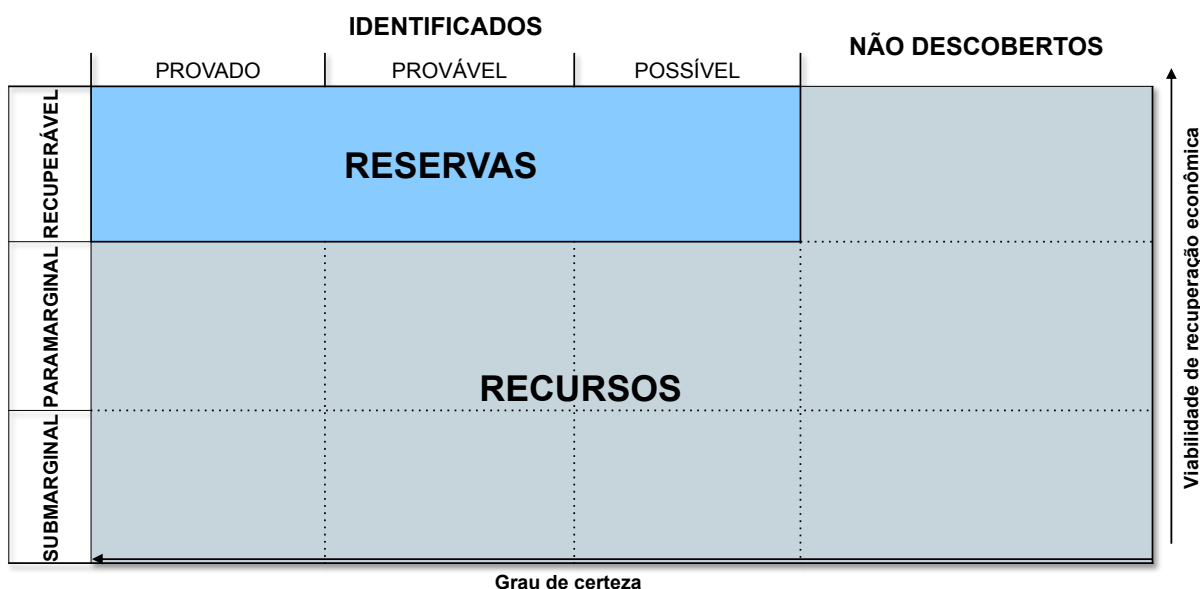


Figura A.3 – Classificação de recursos e reservas minerais, 1972
Fonte: McKelvey (1972, tradução nossa).

Neste trabalho, o autor discutiu a problemática da estimativa de recursos potenciais e sua incerteza, inerente à difícil determinação de extensão e qualidade de muitos depósitos minerais. Também menciona que a quantidade de recursos minerais disponíveis sempre irá ser acrescida com o progresso da ciência, tecnologia, economia e investimentos em exploração mineral, especialmente quando estas informações são utilizadas para consolidação de inventários minerais nacionais. A diferenciação das classes se dá pelo grau de confiança na existência dos materiais e pela viabilidade econômica da sua recuperação. O grau de confiança aumenta da direita para a esquerda e a viabilidade econômica aumenta de baixo para cima. As categorias de viabilidade são designadas pelos termos recuperável, paramarginal e submarginal. Os recursos paramarginais foram definidos como aqueles recuperáveis a preços até uma vez e meia (1,5x) no momento da avaliação e os submarginais são aqueles abaixo deste valor. Entende-se que os depósitos desta categoria podem tornar-se comerciais com aumento de preços decorrentes de questões econômicas ou melhoria na tecnologia existente. Os recursos são definidos como não descobertos e as reservas – identificadas – segmentadas como provada, provável ou possível.

Para o Inventário de Recursos Minerais dos USA do ano de 1973, Brobst & Pratt (1973) alteraram a classificação anterior, dando menor ênfase à viabilidade econômica e maior ênfase para os graus de confiança relacionados à existência do depósito, conforme indicado na Figura A.4. Os recursos identificados incluem depósitos cuja existência e localização são conhecidas, que podem ou não ter sido avaliados quanto à extensão e teor.

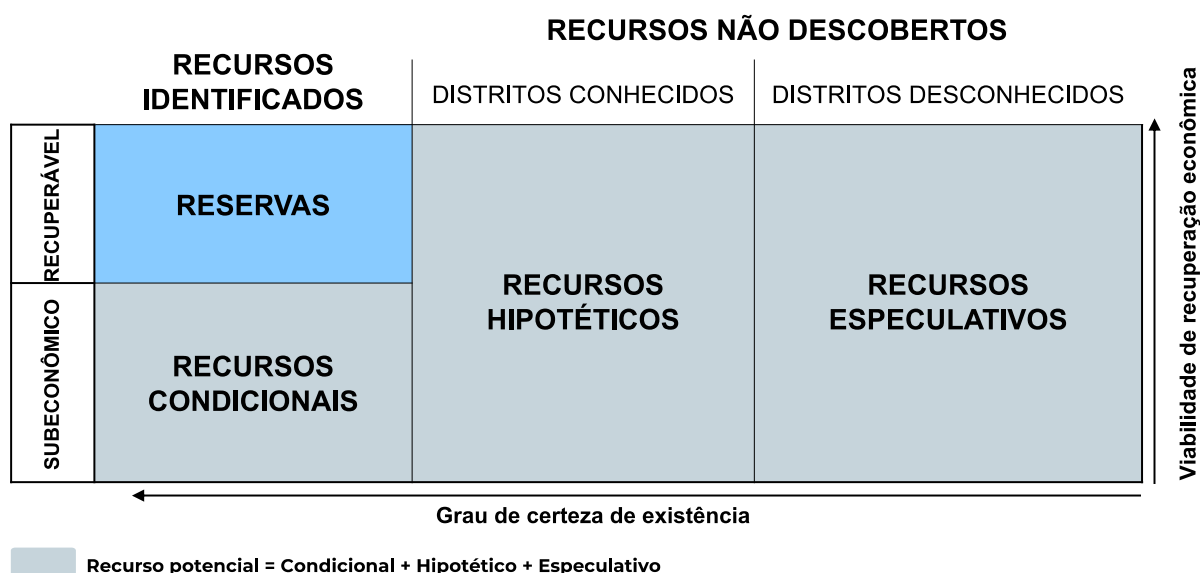


Figura A.4 – Classificação de recursos e reservas minerais, USGS 1973

Fonte: Brobst & Pratt (1973, tradução nossa).

São definidos como reservas quando os teores e natureza do depósito são tais que podem ser extraídos lucrativamente com a tecnologia existente e os níveis de preços vigentes. Quando a tecnologia disponível e economicidade não viabilizam os depósitos minerais podem ser considerados como recursos subeconômicos e condicionais (com agrupamento das categorias paramarginal e submarginal da classificação do Diagrama McKelvey pelos autores), e eventualmente se tornam reservas quando as condições econômicas ou tecnológicas são atendidas. Os recursos potenciais restantes são definidos como não descobertos, em duas

categorias – hipotéticos, aqueles que ainda podem ser encontrados em distâncias conhecidas; e especulativos, que podem existir em outros lugares, em tipos convencionais de depósitos em grandes terrenos geológicos nos quais ainda não há descobertas, ou tipos não convencionais de recursos que foram reconhecidos apenas recentemente como tendo algum potencial.

A integração dos dois sistemas anteriores se deu no Boletim 1450-A do USGS/USBM (USBM/USGS, 1976 – Figura A.5), com a inserção dos recursos não descobertos hipotético e especulativo à classificação do diagrama *McKelvey*.

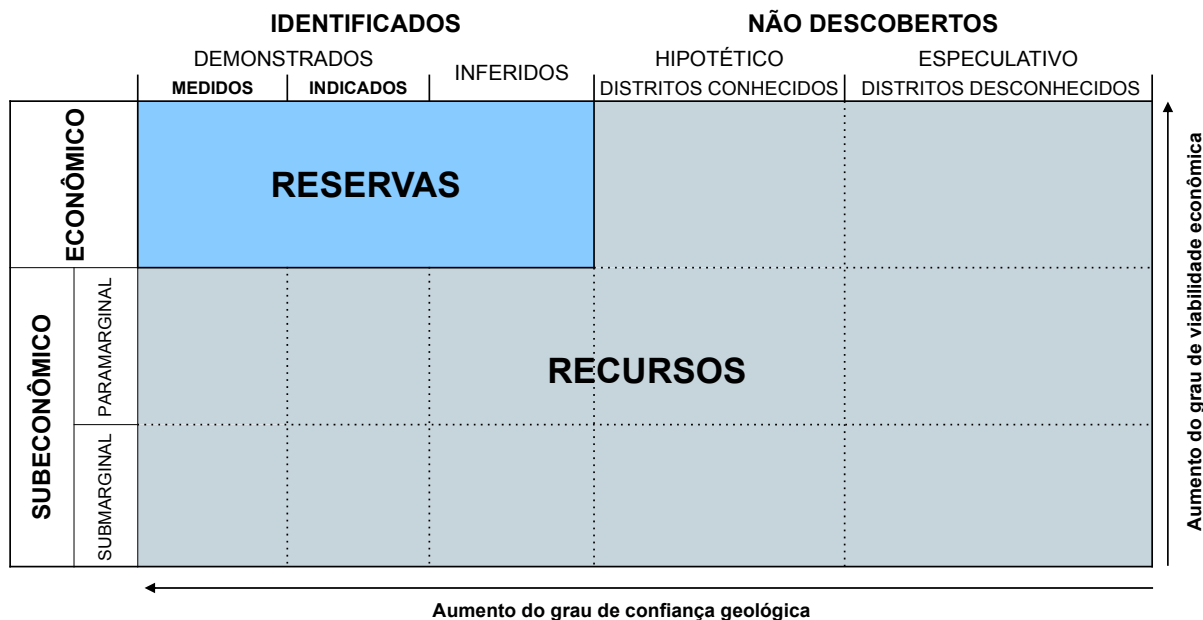


Figura A.5 – Classificação de recursos e reservas minerais, USGS/USBM 1976
Fonte: USBM/USGS (1976, tradução nossa).

Bosson & Varon (1978) discutiram diversos conceitos em uma publicação para o Banco Mundial, chamado *The Mining Industry and the Developing Countries*. Foi um trabalho importante para distinguir o significado de reservas para os inventários estratégicos dos termos usados pela indústria mineral.

O Quadro A.1 apresenta os conceitos relevantes relacionados aos segmentos governamental e industrial. Estes termos seriam os primórdios de fundamentos que, posteriormente, tornar-se-iam os fatores modificadores.

Os autores destacam, ainda, que, a interpretação das estimativas de recursos é definida pelo objetivo específico da investigação, a partir de dados nacionais ou regionais adquiridos por serviços geológicos nacionais e organismos multinacionais (como Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento - PNUD e Organização das Nações Unidas - ONU), e não terão os mesmos elementos, escala e detalhamento de um trabalho desenvolvido pelas empresas de mineração.

Segmento	Conceitos e definições
Inventários Estratégicos Governamentais e Serviços Geológicos	<ul style="list-style-type: none"> • Para que uma ocorrência mineral seja classificada como reserva, deve ser economicamente explorável a preços correntes e com a tecnologia disponível. • As reservas são normalmente classificadas em provadas, prováveis, possíveis ou, alternativamente, medidas, indicadas ou inferidas, de acordo com o grau de medição ou incerteza. • O termo 'recurso', por outro lado, abrange não apenas as reservas, mas também outros depósitos minerais que são conhecidos, mas não economicamente ou tecnologicamente recuperáveis no momento, ou que podem ser inferidos de existir, mas ainda não foram descobertos. • Os recursos são classificados como recuperáveis, paramarginais ou submarginais, ou como condicionais, hipotéticos e especulativos, com base na certeza de existência ou viabilidade de recuperação. • Deve-se sublinhar que as reservas não existem para serem descobertas como tal, mas são desenvolvidas a partir de recursos a um custo e ao longo do tempo, por meio da aplicação de tecnologia, capital e <i>know-how</i>, e em resposta às mudanças em preço (e transporte).
Indústria mineral	<ul style="list-style-type: none"> • A natureza da indústria - em que as empresas apenas provam reservas suficientes para garantir a produção a médio prazo e não anunciam suas descobertas minerais imediatamente - junto com a confidencialidade das informações sobre os minerais estratégicos, lança dúvidas sobre a precisão dos números de reserva publicados. • Na indústria, os recursos minerais são classificados em reservas - provadas, indicadas e inferidas - e recursos. Existem diversas variações dessa classificação, tais como: medido, indicado, inferido; ou comprovado, provável, possível. Um recurso mineral não é classificado como uma reserva até que haja indicação suficiente de que seu tamanho e teor são suficientes para que seja economicamente explorável: <ul style="list-style-type: none"> ○ Reservas provadas: são as reservas que foram bloqueadas ou delimitadas nas três dimensões, com amostragem suficiente e precisa, para permitir que a equipe de exploração estime o tamanho e teor do depósito com um grau razoável de certeza. Grau de certeza razoável é um termo comercial que varia entre profissional, <i>commodity</i> e tipo de mineralização. Portanto, um nível de conhecimento suficiente para classificar como reserva provada em um depósito pode não ser suficiente para outro depósito ○ Reservas indicadas: são as reservas que foram parcialmente delimitadas e os cálculos de quantidade e teor são feitos por extrapolação de amostragem e resultados analíticos. Antes de serem classificados como provadas, requerem amostragem adicional e muitas vezes amostragem de grande volume para verificar a metodologia de amostragem e quantificação. ○ Reservas inferidas: são as reservas inferidas a partir de informações geológicas e de amostragem limitadas. Podem ser inferidas extrapolando as reservas provadas ou indicadas apenas com base no conhecimento da continuidade das estruturas rochosas. O grau de certeza com que a quantidade e o teor são calculados é muito baixo.

Quadro A.1 – Esclarecimentos sobre conceitos para usos em inventários e indústria

Fonte: Bosson & Varon (1977, tradução nossa).

O método de trabalho também varia de país para país, o que não garante que comparativos disponibilizados sobre o potencial geológico dos inventários - ferramentas extremamente importantes para apoiar o planejamento do uso de recursos minerais das Nações, de forma estratégica - sejam feitos com os mesmos critérios, ainda que sejam realizados com cooperação do Banco Mundial, com financiamento conjunto pelos governos beneficiários. Comentam:

As reservas publicadas não têm classificação uniforme e não são uniformemente confiáveis. Algumas entidades anunciam apenas as reservas provadas, outras aquelas provadas e indicadas e ainda outras anunciam as três categorias provadas, indicadas e inferidas. Em alguns casos, os anúncios são altamente especulativos, em outros, os anúncios são extremamente conservadores. (BOSSON & VARON, 1978, tradução nossa).

A publicação *Principles of a Resource / Reserve Classification for Minerals – Circular 831* (USBM/USGS, 1980) apresenta a classificação proposta na Figura A.6. Esta metodologia destaca que, com planejamento público (governamental) e comercial (empresas) de longo prazo, aumenta-se a probabilidade de descoberta de novos depósitos, o desenvolvimento de novos processos de extração econômica e consequente reavaliação de recursos, à luz de novos conhecimentos geológicos, de progresso da ciência e da tecnologia e das mudanças nas condições econômicas e políticas.

Produção Cumulativa	RECURSOS IDENTIFICADOS		RECURSOS NÃO DESCOBERTOS		
	DEMONSTRADO		INFERIDO	INTERVALO DE PROBABILIDADE	
	MEDIDO	INDICADO		HIPOTÉTICA	ESPECULATIVA
ECONÔMICO	RESERVAS		RESERVAS INFERIDAS		
MARGINALMENTE ECONÔMICO	RESERVAS MARGINAIS		RESERVAS MARGINAIS INFERIDAS		
SUBECONÔMICO	RECURSOS SUBECONÔMICOS DEMONSTRADOS		RECURSOS SUBECONÔMICOS INFERIDOS		

Figura A.6 – Classificação de recursos e reservas minerais, USBM/USGS, 1980
Fonte: USBM/USGS (1980, tradução nossa).

Os recursos deveriam ser classificados sob dois critérios:

- características puramente geológicas ou físico-químicas - como teor, qualidade, tonelagem, espessura e profundidade; e
- análises de rentabilidade com base nos custos de extração e comercialização do material em um determinado contexto econômico, em um determinado momento.

Nesta mesma época, foi também atualizado o sistema de classificação do leste europeu, com base na legislação polonesa, no início da década de 1980 (JAKUBIAK & SMAKOWSKI, 1994). Foram realizadas correlações e equivalências entre os sistemas de classificação vigentes à época (USGS e outros) e considerou-se que os padrões aplicados no Comecon eram mais restritivos. As classes de reservas (Figura A.7) são categorizadas de acordo com os parâmetros:

- geológicos - reservas documentadas (A, B, C), prospectivas (prognósticas D ou teóricas E); e
- econômicos - reservas viáveis (trabalháveis / industriais ou não trabalháveis) ou não econômicas.

		RESERVAS GEOLÓGICAS							
		DOCUMENTADA				PROSPECTIVA			
		PROGNÓSTICA			TEÓRICA				
		A	B	C ₁	C ₂	D ₁	D ₂	D ₃	E
ECONÔMICO	TRABALHÁVEL (INDUSTRIAL)								
	NÃO TRABALHÁVEL								
NÃO ECONÔMICO		RESERVAS POTENCIAIS (RECURSOS)							

Figura A.7 – Classificação de reservas utilizada na Polônia, década de 80
 Fonte: Jakubiak & Smakowski (1994, tradução nossa).

Segundo os autores, a densidade da malha de sondagem era um elemento vital que guia o escopo das investigações necessárias para as várias categorias das reservas documentadas. As reservas prognósticas podem ser deduzidas por indicações indiretas (geoquímicas, geofísicas etc.), amostragem isolada, observações de superfície (afloramentos, auréolas de mineralização disseminada, halos de alteração etc.) e quantificadas com base em análises estatísticas de reservas conhecidas nas proximidades ou por analogias com áreas distantes de produção.

As reservas teóricas não eram quantificadas e indicadas onde esperava-se que ocorressem em um determinado ambiente geológico, em locais onde ainda não eram descobertas na área estudada ou nas proximidades, mas deduzidas por considerações teóricas, levando em consideração dados litológicos, estruturais, metalogênicos e outros dados relevantes. Algumas particularidades e diferenças se deram de país para país nas categorias de menor confiança, em reservas prospectivas. Também foram identificadas recomendações (GALKIEWICZ, 1962 apud JAKUBIAK & SMAKOWSKI, 1994) quanto a precisão nas estimativas, para que não os erros não excedessem, por classe: 10% (A), 30% (B), 50% (C₁), 70% (C₂), 90% (D₁).

Em 1987, profissionais do mundo todo se reuniram no *Resources and Reserves Symposium*, promovido pela AusIMM. Foi uma oportunidade ímpar, onde diversos autores fizeram suas defesas de sistemas de classificação e métodos de conversão de recursos em reservas, extremamente oportunos daquele momento.

A publicação do Código JORC em 1989 (AUSIMM; AMIC, 1989) marcou um novo momento para a padronização internacional, uma vez que foi apresentada a primeira versão da figura de classificação (Figura A.8) consolidando algumas das terminologias para declaração, que foram adotadas pelos códigos de todo o mundo a partir de então, com posteriores ajustes, melhorias e alterações.

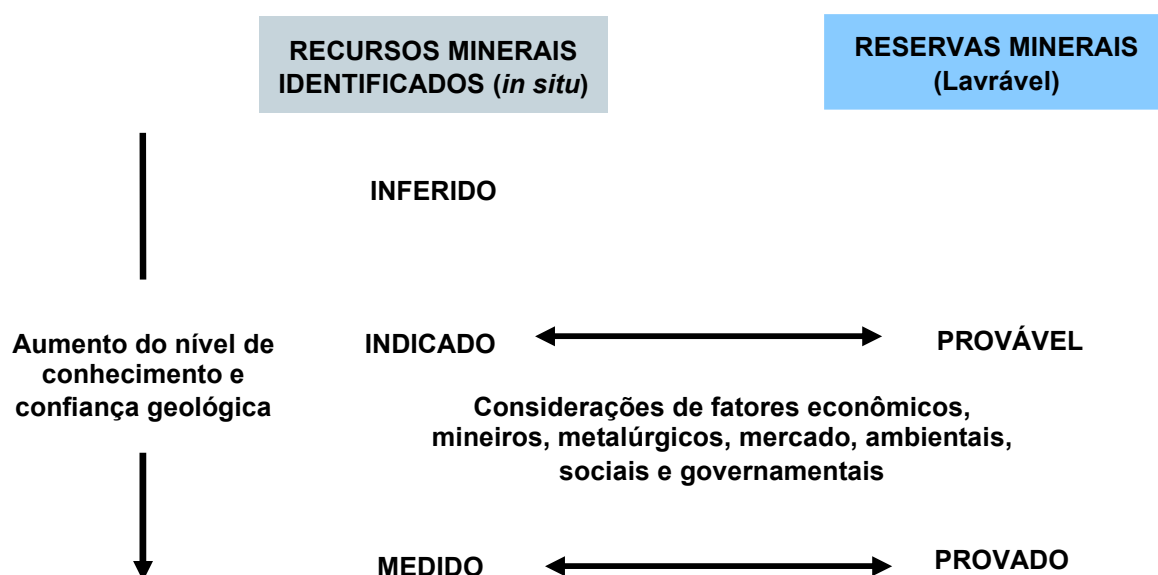


Figura A.8 – Primeira versão do esquema de classificação de recursos e reservas minerais, segundo Código JORC (1989)

Fonte: AusIMM; AMIC (1989, tradução nossa).

Também foram apresentados conceitos relacionados à conversão dos recursos e reservas pelos diversos fatores (econômico, mineral, metalúrgico, mercado, meio ambiente, social e governamental), competência e o esboço da famosa *Table 1* do Código JORC (Quadro A.2), com alguns critérios recomendados para avaliação de recursos.

Critério de avaliação de recursos	Explicação
Densidade de dados	Se a densidade das amostras é suficiente para garantir a continuidade, além de prover base de dados adequada para o procedimento de estimativa utilizado.
Precisão da localização dos pontos de amostragem	Esta variável se refere o quão bem a localização da posição das amostras é conhecida e seu efeito na estimativa de recursos.
Técnica de sondagem	Se testemunhada, rotativa, percussiva e se não testemunhada, sondagem convencional ou circulação reversa.
Proporção da recuperação na zona mineralizada	Se o testemunho é serrado ou quebrado e se é amostrado ¼, ½ ou todo testemunho. Se não for testemunhado, se é quarteado, corte por seção, amostra de tubo ou qualquer outra forma e se a amostra é seca ou úmida. Se úmida, quais precauções foram tomadas para maximizar a recuperação e minimizar a perda de finos.
Fator tonelagem <i>Tonnage factor</i> (SG)	Se assumido ou determinado, e se for determinado, por qual método e com qual frequência. Se assumido, se são suposições válidas e a base para essas suposições.
Qualidade dos dados analíticos	Se são reproduzíveis e representativos. É necessário substancial controle de qualidade e análises por laboratório árbitro para identificar quaisquer deficiências na qualidade analítica.
Qualidade da descrição dos dados	Se o testemunho foi descrito em detalhe. Se todas as características litológicas, estruturais, mineralógicas, de alteração, ou outras propriedades geológicas ou geotécnicas foram registradas com competência.
Interpretação geológica	Se foi baseada em dados suficientes ou suposições postuladas, se restrito por um modelo e se são consideradas possíveis alternativas de interpretação.
Técnicas de estimativa	Uma descrição clara das técnicas de estimativa e as suposições chave.
Teores de corte	Pressupostos relativos aos teores de corte.

Quadro A.2 – Primeira versão da *Table 1* do Código JORC (1989)

Fonte: AusIMM; AMIC (1989, tradução nossa).

O Código JORC foi imediatamente incorporado pelas regras de listagem (*Listing Rules*) da Australian Stock Exchange (ASX), tornando-se obrigatório para as empresas listadas na bolsa de valores australiana. Também foi adotado como código institucional do AusIMM, para todos os seus membros. A obrigatoriedade do atendimento por profissionais membros da entidade e por empresas listadas na ASX foi um fator preponderante para o sucesso da sua adoção nacional. Em 1992, as práticas foram adotadas pela AIG e incorporadas às regras de listagem da *New Zealand Stock Exchange* (NZSE).

Em maio de 1989, *The ABC of Mineral Reserves* foi publicado no Boletim Minerio, da *Sociedad Nacional de Minería de Chile* (SONAMI), por Raul Riveros, como um esforço resultante de ações iniciadas no país em novembro de 1986, quando da convenção do *Instituto de Ingenieros de Minas de Chile* em Copiapó, com a apresentação do sistema de classificação de recursos e reservas minerais para a plateia (IIMCh, 2004).

Em 1991, a *Institution of Mining and Metallurgy* (IMM) criou um grupo de trabalho no Reino Unido e revisou seus padrões de declaração. Em dezembro daquele ano, o Conselho da IMM aprovou as novas definições no documento *The IMM Definitions of reserves and resources and Guidelines and criteria* (IMM, 1991), com a intenção de atender à demanda da *London Stock Exchange* (LSE), que passou a exigir a adesão das companhias listadas às diretrizes do sistema AAIM/AMIC, da mesma forma que a ASX.

As definições foram baseadas no Código JORC de 1989, mas tinham algumas diferenças sutis de terminologia. Armitage & Potts (1994) consideraram que estas discrepâncias poderiam gerar interpretações potencialmente ambíguas e enganosas aos investidores, a depender do sistema usado para declaração e enfatizaram a importância premente de padronização, com a adoção de um sistema único, globalizado.

Em 1991, o *Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum* (CIM), através de sua Sociedade de Economia Mineral, constituiu um Comitê Especial para Definições de Reservas, cujo relatório foi apresentado ao Conselho do CIM em maio de 1994, com publicação em outubro de 1994 (CIM, 2000).

Em janeiro de 1992 foi publicado nos Estados Unidos o *Guide for Reporting Exploration Information, Resources and Reserves*, como resultado do grupo denominado *Working Party #79*, criado em 1989 pela *Society for Mining, Metallurgy, and Exploration* (SME) - grupo este que, posteriormente se tornou o Comitê de Recursos e Reservas da SME.

Também em janeiro de 1992, a então Tchecoslováquia aboliu o sistema de classificação do Comecon e introduziu uma categorização própria, conforme indicado na Figura A.9 (JAKUBIAK & SMAKOWSKI, 1994).

Nesta definição, as reservas detectadas (Z-1) tinham que atender a condições de forma, dimensões, configuração e estrutura verificada por trabalhos exploratórios, com teor, características técnicas e metalúrgicas definidos por testes de pequena ou grande escala, com condições geológicas e geotécnicas que comprovassem que as reservas poderiam ser exploradas. A partir desta publicação, a Polônia e demais países do Comecon decidiram revisar o sistema de classificação.

	RESERVAS			RECURSOS
	DETECTADO Z-1	PROVÁVEL Z-2	POSSÍVEL Z-3	PROGNÓSTICO
RECUPERÁVEL E NÃO RECUPERÁVEL ECONOMICAMENTE				
NÃO ECONÔMICO				

Figura A.9 – Classificação de recursos e reservas da Tchecoslováquia
Fonte: Jakubiak & Smakowski (1994, tradução nossa).

Riddler (1994) enfatiza a importância da clareza na forma de categorização e verificação do que as nomenclaturas da classificação realmente significam, para garantir que as decisões se baseiem em um entendimento sólido dos critérios aplicados. Destaca:

O problema é que existem muitas abordagens nacionais diferentes para a classificação de recursos minerais que são inconsistentes e de padrões diferentes. (...) Embora o processo envolvido na etapa de análise dos dados, estimativa, modelagem e interpretação deva variar, uma vez que os dados são específicos do local / tecnologia / época, certamente há espaço para uma harmonização da nomenclatura usada para descrever as categorias resultantes de classificação dos recursos minerais após a conclusão dessa etapa. (RIDDLER, 1994, tradução nossa).

Em 1994, o *Council of Mining and Metallurgical Institutions* (CMMI) criou um grupo de trabalho para a padronização internacional das definições de declarações de Recursos e Reservas Minerais, com representantes dos países de maior relevância e organizações de padronização estabelecidas, as *National Reporting Organizations* (NRO): a SME dos Estados Unidos, a AusIMM da Austrália, o CIM do Canadá, o IMM do Reino Unido e a *Southern African Institute of Mining and Metallurgy* - SAIMM, da África do Sul. Este acordo deu-se em Sun City, na África do Sul, durante o 15º Congresso do CMMI. Neste evento foi criado, como parte do CMMI, o CRIRSCO (*Committee for Mineral Reserves International Reporting Standards*, inicialmente denominado *Combined Reserves International Reporting Standards Committee*), como um comitê rigorosamente constituído, regido por seus Termos de Referência e Estatutos Organizacionais.

Em setembro de 1996, o CIM publicou no CIM Bulletin a primeira versão de *Mineral Resource and Reserve Classification: Categories, Definitions, and Guidelines*, como um documento de recomendações e diretrizes para um sistema de classificação e informação de recursos e reservas (CIM, 2000).

No ano de 1997 eclodiu a mais famosa fraude na mineração de todos os tempos – o escândalo da empresa Bre-X Minerals Ltd. – que serviu para alavancar a efetiva padronização dos instrumentos internacionais que orientam as declarações públicas de empresas que captam investimentos no mercado financeiro. Os padrões eram reconhecidos como desejáveis há longa data, para facilitar as comunicações com linguagem comum e melhorar a qualidade das informações divulgadas ao público pela indústria de mineração, necessários para que decisões racionais sejam tomadas com base em informações bem compreendidas e confiáveis, pelos investidores, governos,

líderes comunitários, agências internacionais, órgãos reguladores e o público em geral. Embora se reconhecesse que os regulamentos por si só não poderiam ter impedido a farsa Bre-X de acontecer, a falta de padronização, de mecanismos e de procedimentos para garantia das informações foram percebidos como fatores contribuintes significativos (MISKELLY, 2003).

Em síntese, narrado detalhadamente por Nicholls (1999), Bre-X Minerals Ltd. era uma companhia de mineração canadense, listada na *Alberta Stock Exchange* (ASE) em 1989, cujas ações valiam apenas alguns centavos de dólar (*penny stocks*), detentora de alguns prospectos de pequeno porte no norte do Canadá. Em 1993, foi divulgada a ocorrência de ouro em sistema venular hidrotermal, na porção nordeste de Bornéu, Indonésia, em Busang. Em abril de 1996, a empresa fez a oferta pública inicial (*Initial Public Offering* - IPO) na Bolsa de Toronto (*Toronto Stock Exchange* – TSE, posteriormente TSX), com o preço das ações da negociadas a valores acima de US\$ 200 (com pico de US\$ 286 por ação, em abril de 1996, com valor de mercado de US\$ 6,2 bilhões) e reservas divulgadas em 47 milhões de onças (Moz).

A mídia e bancos diziam que era o **depósito de ouro mais rico de todos os tempos**. Mining (2015) destaca que em dezembro de 1996 “Lehman Brothers Inc. recomendou fortemente a compra da ‘descoberta de ouro do século”.

Diversas importantes corporações tentaram atuar como detentoras parciais de direitos ou acionistas majoritárias: Barrick Gold, Placer Dome, Freeport-McMoRan Copper & Gold, dentre outras. As suspeitas de irregularidades ameaçaram a credibilidade da companhia, e culminaram com a recomendação da expropriação da Bre-X em fevereiro de 1997, concomitantemente com fortes intervenções junto ao governo indonésio e o anúncio de *Joint Venture* (JV), com participação governamental. Neste momento de fusão foi feito anúncio de atualização de recursos, validados por uma consultoria internacional, em quase 71 Moz, posteriormente 200 Moz²⁰. Uma das empresas acionistas da JV iniciou a *due diligence*, cujos primeiros resultados não indicavam os montantes anunciados pela Bre-X. Após finalizar a reanálise das amostras, o relatório final afirmou que houve adulteração, sem precedentes na história e causou o colapso na confiança em projetos de mineração em todo o mundo (NICHOLLS, 1999).

Estes escândalos alteraram permanentemente o nível de confiança sobre as informações utilizadas para a classificação de recursos e reservas minerais no mundo, e muito foi feito desde então, para recuperar a credibilidade do setor.

A.1 - Padrões pós Bre-X

Após a descoberta da fraude da Bre-X, o CSA propôs em 1998 diversas mudanças nos requisitos dos relatórios a serem entregues pelas empresas de mineração. A partir de um relatório contendo os resultados da força-tarefa da *Ontario Securities Commission* (OSC) e TSE para definição de novos padrões, foram feitas

²⁰ Para efeito de comparação e referência deste fato na história, Robine et al. (2020) compararam alguns depósitos:

- O relatório anual da AngloGold Ashanti de 2019, 8ª empresa do ranking da produção de ouro mundial, publicou que suas reservas totais, em 10 países, somavam 43,9 Moz, sendo apenas no Brasil a totalidade de 2,17 Moz.
- O depósito Siberiano Sukhoi Log, da empresa Polyus, empresa russa que ocupa a 4ª posição global da produção de ouro, que detém a maior reserva de ouro do mundo, é estimado em 40 Moz.

recomendações para a criação de um instrumento nacional (que resultaria posteriormente no *National Instrument NI 43-101 Standards of Disclosure for Mineral Projects*), com adoção das Diretrizes do CIM pelo CSA, como o instrumento substituído às regras então vigentes, as *National Policies 2-A e 22* (CIM, 2020). O NI 43-101 baseia-se nos três pilares principais: 1) definições padronizadas para declarações públicas; 2) condução dos trabalhos por *Qualified Person*; e 3) relatórios técnicos conforme formato definido.

Em 20 de agosto de 1998, a TSX divulgou novas regras de listagem, que, dentre outros itens, distinguiram empresas *Majors* e *Juniors* conforme diversos atributos financeiros (como ativos tangíveis líquidos, lucratividade antes dos impostos, fluxo de caixa fiscal, recursos provados e prováveis e adequação do capital de giro). Isto reforçou a regulamentação para as juniores, que seria o caso da Bre-X, que estão "sujeitas a uma regulamentação mais rigorosa, que deveria receber a aprovação prévia do TSE antes de fazer qualquer alteração material" (TSX, 1998 apud NICHOLLS, 1999).

Em relatório publicado, em 1999, pela força-tarefa em padronização (TSE/OSC MSTF, 1999), as bolsas de valores canadenses fizeram a recomendação para todos os aspectos da exploração mineral, desde a condução dos trabalhos de campo até as estimativas, com o conceito-chave introduzido sob a responsabilidade do *Qualified Person*, como reflexo do *Competent Person* do Código JORC, com uma maior gama de atividades e responsabilidades. As recomendações consagradas nos regulamentos tiveram vigência a partir de fevereiro de 2001.

Em 1997, em reunião realizada em Denver (Colorado/USA), o *International Definitions Group* do CMMI finalizou um acordo preliminar, conhecido como *The Denver Accord*, onde os representantes concordaram com a necessidade premente da padronização das definições das principais categorias de recursos e reservas minerais, como incentivo à aplicação de boas práticas, de forma a resgatar a credibilidade do mercado financeiro. Este documento foi publicado no "CIM Bulletin" em fevereiro de 1998, conforme JORC (1999).

Em janeiro de 1999, o código JORC apresentou as bases consensuadas entre todos os países membros do CMMI, cujas definições foram subsequentemente incorporadas aos demais instrumentos existentes, em grande parte inalteradas, com exceção ao Canadá, por razões de necessidade de conciliação com os documentos regulatórios e legislação vigente (JORC, 1999).

Esta versão do código JORC consolidou orientações e diretrizes em cláusulas organizadas, para otimizar a compreensão dos leitores, com formatação adequada para enfatizar os pontos obrigatórios, quanto aos princípios transparência, materialidade e competência, as classes de recursos e reservas, fatores modificadores e demais definições padronizadas. Foi inserido, por exemplo, o termo ***Reasonable Prospects for Eventual Economic Extraction*** para definir recurso mineral, que é utilizado até hoje.

A *Table 1* do Código JORC foi atualizada, com a lista de verificação e diretrizes para serem utilizadas como referência para empresas que preparam relatórios públicos, como um padrão de recomendações mínimas. A Figura A.10 atualizou a relação entre as classes, de acordo com o aumento de conhecimento geológico e aplicação dos fatores modificadores.

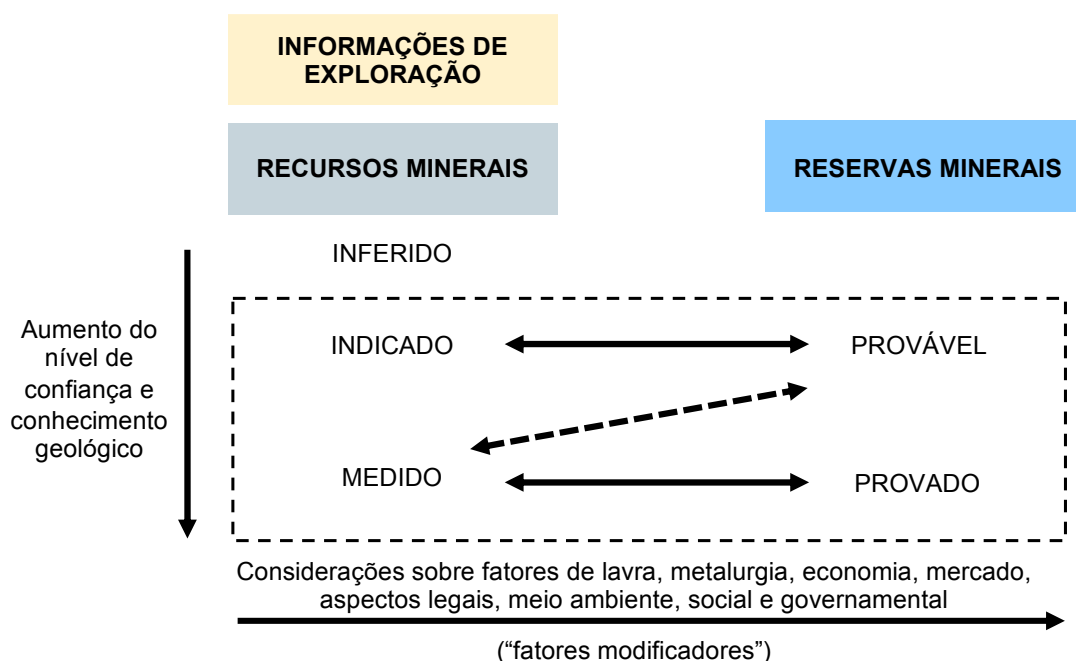


Figura A.10 – Relação entre resultados de exploração, recursos e reservas minerais
 Fonte: JORC (1999, tradução nossa).

Também em 1999, o SME publicou a versão revisada do seu guia, seguindo as recomendações do CMMI (SME, 1999). Entretanto, seu uso nos USA não foi adotado pelo *United States Securities and Exchange Commission* (U.S. SEC), que permanece utilizando a versão estabelecida desde 1981, da regulação da bolsa de valores, denominada *Industry Guide 7* (IG7), sob o tópico *Description of property by issuers engaged or to be engaged in significant mining operations* (Form S-18, Item 17A), ajustada e revisada de tempos em tempos. O IG7 não permite, por exemplo, o uso do termo *mineral resource*, dentre outras definições ausentes nesta regulamentação.

Em março de 2000 foi publicada a primeira versão do Código SAMREC (*The South African Code for Reporting of Mineral Resources and Mineral Reserves*), oficializada pelos conselhos da SAIMM e do *Geological Society of South Africa* (GSSA), adotada pelos *South African Council for Natural Scientific Professions* (SACNASP), *Geostatistical Association of South Africa* (GASA), *South African Geomatics Council* (SAGC) e *Institute of Mine Surveyors of Southern Africa* (IMSSA), tornando-se obrigatória para os membros destas organizações. O código SAMREC foi incorporado às regras de listagem da *Johannesburg Stock Exchange* (JSE) naquele mesmo ano (SAMREC, 2016).

Em agosto de 2000, o Conselho do CIM adotou o *CIM Standards on Mineral Resources and Reserves Definition and Guidelines*, preparado pelo *CIM Standing Committee On Reserve Definitions* (CIM, 2000), com esclarecimentos sobre *Qualified Person* e demais diretrizes e definições, destacadas e formatadas para melhor compreensão. A institucionalização das práticas se deu com a publicação do NI 43-101, desenvolvido pelo CSA, com sua oficialização em fevereiro de 2001 (e posteriores emendas em 2005 e revisões em 2011), tendo sido necessária a aprovação individualizada em cada legislatura provincial e territorial do Canadá. O NI 43-101 rege como as empresas divulgam informações técnico-científicas e técnicas sobre projetos minerais ao público, e os padrões de divulgação se aplicam a declarações orais, documentos escritos e publicações em *websites* (CSA, 2011). As

condutas do NI 43-101 aplicam-se às informações das empresas listadas nas bolsas de valores canadenses, o que inclui também empresas de prospecção e mineração estrangeiras que negociam no país, supervisionadas pelo CSA, ou que estejam listadas em outras bolsas de valores que adotem este padrão.

Em junho de 2001, o grupo que compreendia o britânico *Institution of Mining and Metallurgy* (IMM) (atualmente *Institute of Materials, Minerals and Mining*, IMMM ou IOM3), a *European Federation of Geologists* (EFG), o *Institute of Geologists of Ireland* (IGI) e a *Geological Society of London* (GSL) promulgou o Código IMM (IMM 2001), cujas definições foram incorporadas às regras de listagem da LSE, no *Yellow Book, Chapter 19 – Mineral Companies*, em outubro de 2003.

O *International Council on Mining and Metals* (ICMM) foi criado em 2001 para melhorar o desempenho social e ambiental da indústria mineral e metalúrgica, com a representação das maiores empresas de mineração do mundo e associações setoriais. Em 2002, o CRIRSCO estabeleceu a parceria com o ICMM e tornou-se reconhecido como a organização internacional que representa a indústria da mineração em questões relativas à padronização de códigos para declarações públicas, o que lhe conferiu alta credibilidade e responsabilidade (CRIRSCO, 2019), assumindo o grupo de trabalho do extinto CMMI. Além do reconhecimento pelo ICMM, o CRIRSCO também é acreditado pela *United Nations Economic Commission for Europe* (UN-ECE) e pelo *International Accounting Standards Board* (IASB), organização que congrega as bolsas de valores de todo o mundo e dita as regras contábeis, pelos padrões internacionais IFRS (*International Financial Reporting Standards*).

O CRIRSCO finalizou o primeiro modelo internacional de consolidação das terminologias e classificações em 2006, com a publicação do *International Reporting Template* (IRT) *for the Public Reporting of Exploration Results, Mineral Resources and Mineral Reserves* (CRIRSCO, 2006). Desde a primeira versão até a versão atual, publicada no final de 2019 (CRIRSCO, 2013; CRIRSCO, 2019), o ITR integra os padrões mínimos adotados nos códigos e padrões de relatórios nacionais/regionais em todo o mundo, com recomendações e diretrizes interpretativas e foi elaborado para contribuir para a disseminação e promoção de boas práticas eficazes e bem testadas, amplamente adotadas por meio de códigos e normas de relatórios nacionais e regionais, seguindo uma tendência para uma governança corporativa e regulamentação mais rigorosas, com a aplicação das melhores práticas em gestão de recursos minerais, embasado em declarações públicas de elevado padrão, em processos conduzidos por *Competent Persons* responsáveis. O ITR não substitui os padrões existentes; é considerado apenas consultivo e não constitui regulação ou força legal.

Na revisão do NI 43-101 em 2011, quando entrou em vigor o *Form 43-101F1 Technical Report*, foram atualizadas as orientações da organização dos capítulos a serem apresentados, o conteúdo necessário ao concluir um relatório técnico quanto ao sumário, terminologias, disponibilização e responsabilidade, dentre outras diretrizes. Os documentos são, desde então, arquivados nos repositórios oficiais (*The System for Electronic Document Analysis and Retrieval*²¹), com as informações científicas e técnicas relacionadas às atividades de exploração, desenvolvimento e produção de minerais em uma propriedade relevante para a empresa, além de toda documentação financeira corporativa.

²¹ www.sedar.com

A *Companion Policy 43-101CP*, apresenta as posições do CSA sobre a maneira pela qual interpreta e aplica certas disposições do NI 43-101 e do *Form 43-101F1*, referenciando as Diretrizes de Boas Práticas do CIM para Exploração Mineral e Recursos Minerais e Reservas Minerais, a serem seguidas pelo *Qualified Person* (CIM, 2020). Nesta mesma época, foi estabelecido o *Mining Technical Advisory and Monitoring Committee* (MTAMC), para fornecer consultoria ao CSA sobre questões técnicas relacionadas aos requisitos de divulgação do NI 43-101 para o setor de mineração e servir como um fórum para a comunicação contínua.

Em 2012, na atualização do Código JORC, foi inserida a expressão ***if not, why not***, que significa:

Cada item listado na seção relevante da *Table 1* deve ser discutido e se não for discutido o *Competent Person* deve explicar por que foi omitido da documentação. (JORC 2012, tradução nossa).

A inclusão desta expressão teve a finalidade de promover maiores esclarecimentos e trazer mais transparência ao processo de declaração pública. Também é indicado no Código, como explicação desta premissa, que

A divulgação adicional é particularmente importante quando dados inadequados ou incertos afetam a confiabilidade ou a confiança de uma declaração de Resultados da Exploração; por exemplo, baixa recuperação da amostra, baixa repetibilidade dos ensaios ou resultados de laboratório etc. (JORC 2012, tradução nossa)

As *Definition Standards for Mineral Resources and Mineral Reserves* do CIM (CIM, 2014) e outros documentos atualizaram e complementaram as definições e recomendações para exploração mineral e estimativa de recursos, além de orientações específicas para carvão, depósitos lateríticos, *placers*, potássio, diamante e urânio, todos alinhados aos padrões CRIRSCO. Desde então, vigoram vinculados oficialmente ao NI 43-101, 43-101CP e Form 43-101F1, sendo atualizados de tempos em tempos, como ocorreu recentemente com os Guias de Boas Práticas CIM (Exploração Mineral – CIM, 2018; Estimativas de Recursos Minerais – CIM, 2019).

A.2 - Outros padrões de classificação

Camisani-Calzolari (2003) segmenta em três grandes grupos os instrumentos para declaração pública de recursos e reservas minerais:

- classificações para declaração pública para investidores (associado neste trabalho aos padrões CRIRSCO, descritos anteriormente);
- classificações para declaração pública para governo – como a Estrutura Internacional das Nações Unidas (*United Nations International Framework - UNFC*); e
- classificações para declaração pública para agências “super-nacionais” – como a Agência Internacional de Energia Atômica (*International Atomic Energy Agency - IAEA*).

Os itens a seguir detalham estas duas últimas iniciativas, com o acréscimo de uma classe adicional, de características híbridas, feito pela autora.

A.2.1 - Classificação para governo

O inventário nacional de matérias-primas é apresentado como um balanço de reservas de todos os tipos de minerais que podem ser usados no cálculo do patrimônio líquido nacional (MALUKHIN, 2011) e por isso demanda particularizações e especificações quanto à classificação do que é considerado recurso ou reserva neste contexto.

Para a manutenção de estoques mundiais de *commodities* estratégicas, com o principal intuito de estabelecimento do completo cenário da atual e futura base de suprimento de energia fóssil e minerais para gerenciamento eficaz dos recursos, foi criado no começo da década de 1990 o grupo de especialistas da *United Nations Economic Commission for Europe* (UN-ECE), que se reuniu para promover a consolidação da classificação internacional. Esta estrutura, conhecida como *United Nations International Framework - Classification for Reserves / Resources for Solid Fuels and Mineral Commodities* (UNFC), foi apresentada pela primeira vez em novembro de 1996, inicialmente com grande complexidade e 10 diferentes categorias. Em 1998, após acordos entre CMMI e UN-ECE realizados no encontro em Genebra, o UNFC foi ajustado para cinco categorias de recursos e reservas, com o objetivo de utilização em inventários minerais nacionais, incorporando as definições padronizadas pelo CMMI nas categorias comuns aos dois sistemas (CIM, 2000).

Em 2009, a UNFC revisou sua classificação (Figura A.11) que havia sido estendida para hidrocarbonetos (petróleo e gás) e urânio em 2004, com maior objetivo para a gestão e sustentabilidade dos recursos – renováveis e não renováveis.

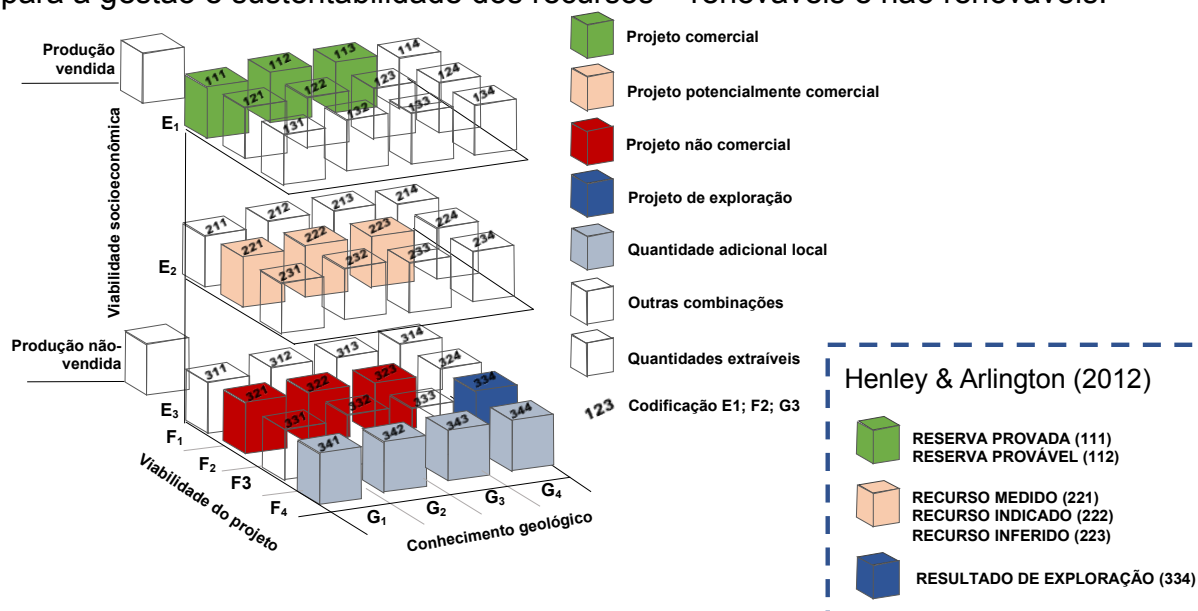


Figura A.11 – Classificação de reservas UNFC-2009

Fonte: UNECE (2013), traduzido pela autora, com destaque para a comparação com classificação CIRSCO, por Henley & Arlington (2013).

A UN-ECE destacou que sua classificação atendia às necessidades de uma economia globalizada, com a conciliação de estimativas precisas e consistentes de reservas e recursos de energia fóssil e minerais, coerentes com outras informações científicas, sociais e econômicas. Apresenta algumas similaridades com os demais sistemas de classificação sendo principalmente usado por países onde os depósitos minerais são originalmente desenvolvidos por financiamento governamental com

pequena ou nenhuma participação da iniciativa privada. Fundamenta-se em três eixos, de forma tridimensional: (E) viabilidade econômica e social | sustentabilidade; (F) *status* do projeto e viabilidade técnico-operacional; e (G) conhecimento geológico | confiança.

A Figura A.12 ilustra comparativamente os códigos CRIRSCO e UNFC-2009. Algumas categorias da classificação UNFC não são compatíveis com CRIRSCO, pois são de particular interesse a propostas de planejamento governamental, que incluem uso futuro da terra e inventários minerais quantitativos e estratégicos.

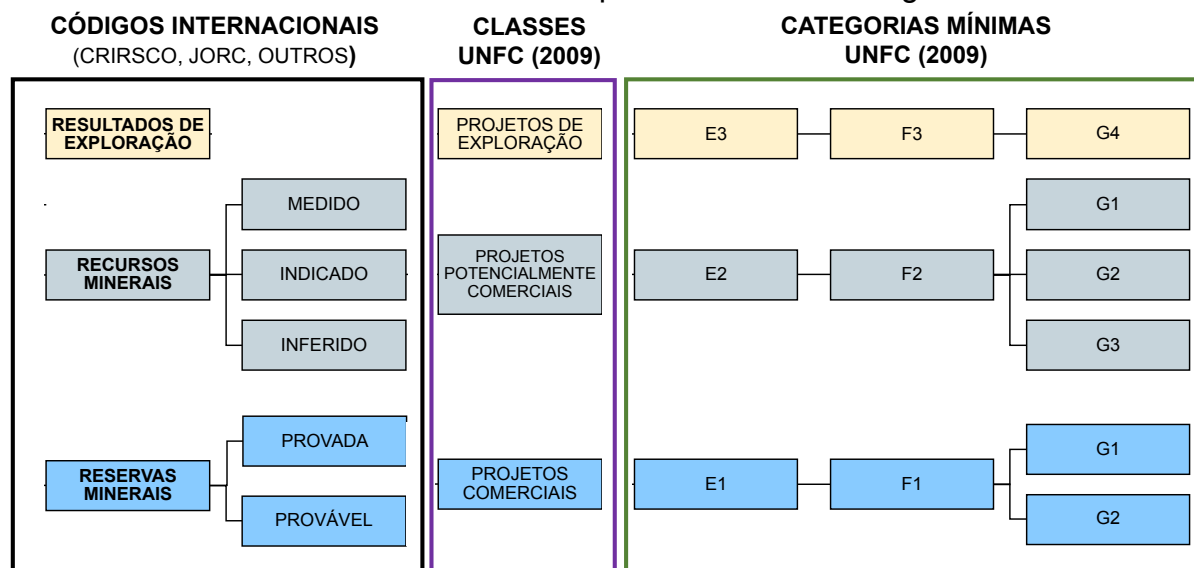


Figura A.12 – Correlações das categorias de classificação UNFC-2009 e CRIRSCO
Fonte: UNECE (2013, tradução nossa).

A.2.2 - Classificação para agências “super-nacionais”

Em 1998, a IAEA fez uma tentativa de harmonização dos sistemas de classificação vigentes para energia nuclear, com a síntese de estudos, consultorias e eventos realizados de 1992 a 1996, com destaque para as reservas mundiais de urânio. O objetivo foi definir quais mudanças eram necessárias para conciliar os diversos sistemas, fornecer uma classificação uniforme e significativa deste estratégico recurso mineral, para ajudar especialistas e formuladores de políticas dos países participantes, consistente com os padrões internacionais (IAEA, 1998).

Segundo Camisani-Calzolari (2003), os objetivos desta classificação eram promover a cooperação entre os governos membros nos aspectos regulatórios e de segurança do desenvolvimento nuclear, para avaliação do papel da energia nuclear como fator contribuinte para o futuro progresso econômico. As Figuras A.13 e A.14 ilustram, respectivamente, a classificação de urânio e a comparação com os outros sistemas.

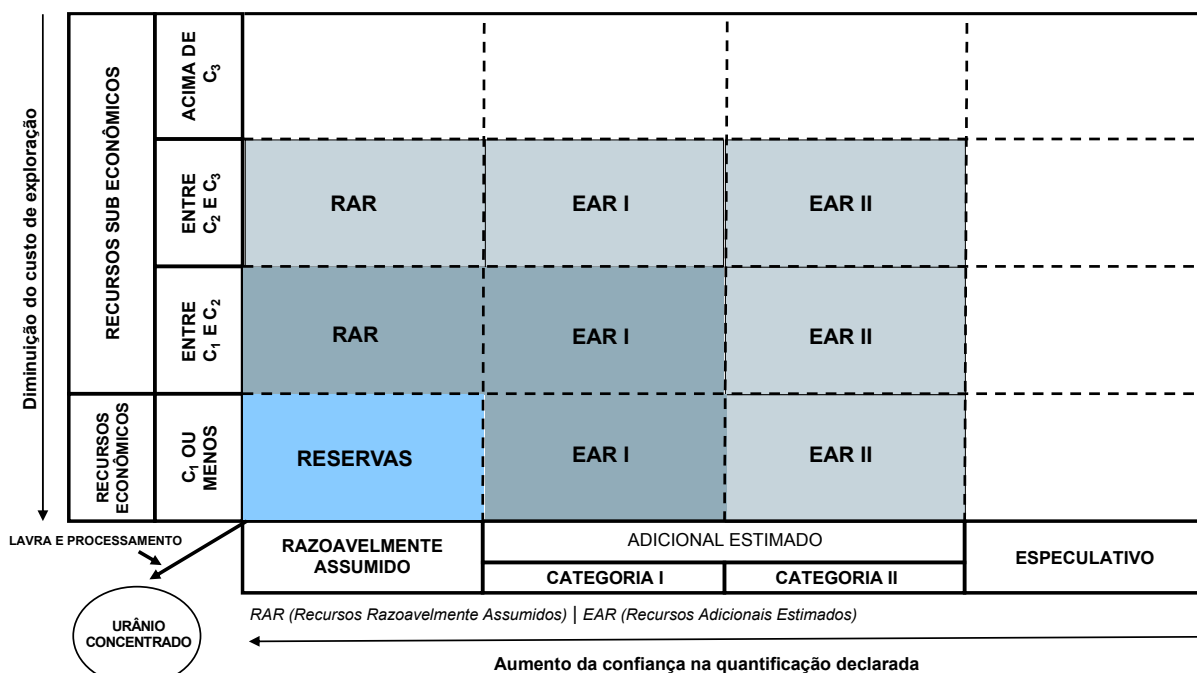


Figura A.13 – Esquema de classificação de urânio IAEA
 Fonte: WILLIAMS, R.M. (apud IAEA, 1998, tradução nossa).

NEA IAEA	RAZOAVELMENTE ASSUMIDO	ESTIMADO ADICIONAL I	ESTIMADO ADICIONAL II	ESPECULATIVO	
EMR CANADÁ	MEDIDO	INDICADO	INFERIDO	PROGNOSTICADO	ESPECULATIVO
CEA FRANÇA	RESERVAS I	RESERVAS II	PERSPECTIVAS I	PERSPECTIVAS II	
DOE USA	RESERVAS	POTENCIAL PROVÁVEL	POSSÍVEL E POTENCIAL ESPECULATIVO		

Figura A.14 – Correlação aproximada entre as terminologias de classificação de urânio
 Fonte: WILLIAMS, R.M. (apud IAEA, 1998, tradução nossa).

A.2.3 - Iniciativas híbridas

O sistema chinês foi apresentado inicialmente em 1977, com a introdução em 1992 de classes para metálicos e não metálicos e do conceito das subdivisões “*balanced*” para reservas econômicas com sequenciamento aprovado e “*sub-balanced*” para reservas potencialmente econômicas, conforme Stoker (2009). A classificação é feita com base em conhecimento geológico e continuidade interpretada, e com base na economicidade do projeto e *status* do estudo de viabilidade do relatório. Contém 16 categorias e inclui o conceito de “reserva básica”, que é a quantidade total de recurso *in situ* que forma a base da reserva recuperável, que pode ser considerada equivalente ao recurso mineral que é convertido em reserva pelo JORC e outros padrões CRIRSCO. As reservas não incluem uma provisão para diluição e perda de minério, reportando essencialmente material *in situ*. A distinção entre marginalmente econômico e subeconômico é a aplicação de condições variáveis de parâmetros de mercado, em vez de condições de teores de corte especificados (STOKER, 2009).

A atualização da classificação chinesa se deu em 1999, baseada na categorização UNFC, com classes que apresentam características quase equivalentes, ainda que não idênticas (Figura A.15).

CONFIANÇA GEOLÓGICA CLASSIFICAÇÃO E TIPO GRAU DE VIABILIDADE ECONÔMICA	RECURSOS MINERAIS TOTAIS IDENTIFICADOS			RECURSOS NÃO DESCOBERTOS
	MEDIDO	INDICADO	INFERIDO	RECONHECIMENTO
ECONÔMICO	RESERVA PROVADA LAVRÁVEL (111)			
	RESERVA BÁSICA (111B)			
	RESERVA PROVÁVEL LAVRÁVEL (121B)	RESERVA PROVÁVEL LAVRÁVEL (122)		
	RESERVA BÁSICA (111B)	RESERVA BÁSICA (122B)		
MARGINALMENTE ECONÔMICO	RESERVA BÁSICA (2M11)			
	RESERVA BÁSICA (2M21)	RESERVA BÁSICA (2M22)		
SUB-MARGINALMENTE ECONÔMICO	RECURSOS (2S11)			
	RECURSOS (2S21)	RECURSOS (2S12)		
INTRÍNSICAMENTE ECONÔMICO	RECURSOS (331)	RECURSOS (332)	RECURSOS (333)	RECURSOS (334)?

Notas: Como identificar o códigos (111-334)

Grau de viabilidade econômica – 1º dígito
 1 = econômico
 2M = marginalmente econômico
 2S = sub-marginalmente econômico
 3 = intrinsecamente econômico
 ? = interseção econômica indefinida

Fases de avaliação de viabilidade – 2º dígito
 1 = estudo de viabilidade
 2 = estudo de pré-viabilidade
 3 = estudos geológicos

Confiança geológica – 3º dígito
 1 = medido
 2 = indicado
 3 = inferido
 4 = reconhecimento
 b = antes da dedução de quantidades lavráveis perdidas no processo de planejamento de lavra.

Figura A.15 – Classificação de reservas chinesa, de 1999

Fonte: Weatherstone (2008, tradução nossa).

Em 2006, foi publicado o código russo pelo GKZ (*The Russian State Commission on Mineral Reserves*) com diferenças conceituais significativas. O sistema russo, desenvolvido inicialmente na URSS na década de 1960, visou alcançar objetividade total, com prescrição do processo de exploração, estimativa e declaração, com pouco ou nenhum espaço para aplicação de julgamento profissional, segundo Henley (2004). O sistema russo foi aplicado para desempenhar um papel importante na modelagem econômica estatal, uma vez que: os recursos e direitos minerais são de propriedade do Estado e todos os recursos minerais estão sujeitos à auditoria técnica estatal obrigatória; a extração mineral é autorizada somente após a verificação do Estado das estimativas de recursos; e a verificação é a base para a inclusão dos recursos no inventário de minerais do Estado. A operação individualizada da empresa de mineração altera o equilíbrio do balanço de reservas estatal, e entende-se que há uma carga presumida para a empresa em tomar medidas para restaurar o saldo das matérias-primas, na conversão de recursos e reservas e ampliação de pesquisas. Uma das particularidades é que os métodos de estimativa utilizados na época (métodos clássicos) eram predefinidos e fiscalizados pelos comitês regionais, com ressalvas ao uso da geoestatística (HENLEY, 2004).

A classificação russa era inicialmente dividida em sete categorias, baseadas no nível de trabalhos de exploração desenvolvidos: reservas ou recursos integralmente conhecidos (A, B, C1), recursos ou reservas avaliados (C2) e recursos prognósticos (P1, P2, P3), vide Figura A.16.

O código russo vigente atualmente, que foi publicado em 2011, está parcialmente integrado aos padrões CRIRSCO e ainda apresenta algumas particularidades e categorizações em relação aos demais códigos (Figura A.17), pois prescreve a densidade da malha de sondagens e trincheiras mínimas, dependendo do tipo de depósito, tamanho, forma e complexidade | variabilidade geológica, que são os parâmetros que determinam as classes (ILLIEVA, 2016).

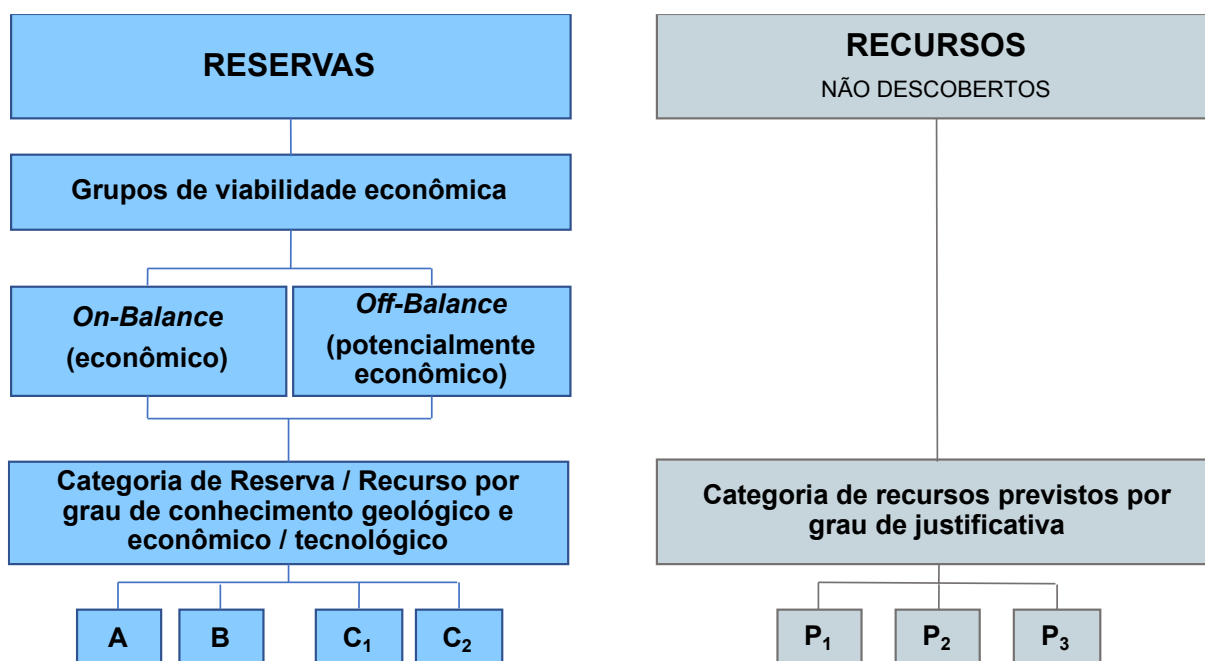


Figura A.16 – Classificação de recursos e reservas na Rússia, 2006
 Fonte: Weatherstone (2008, tradução nossa).

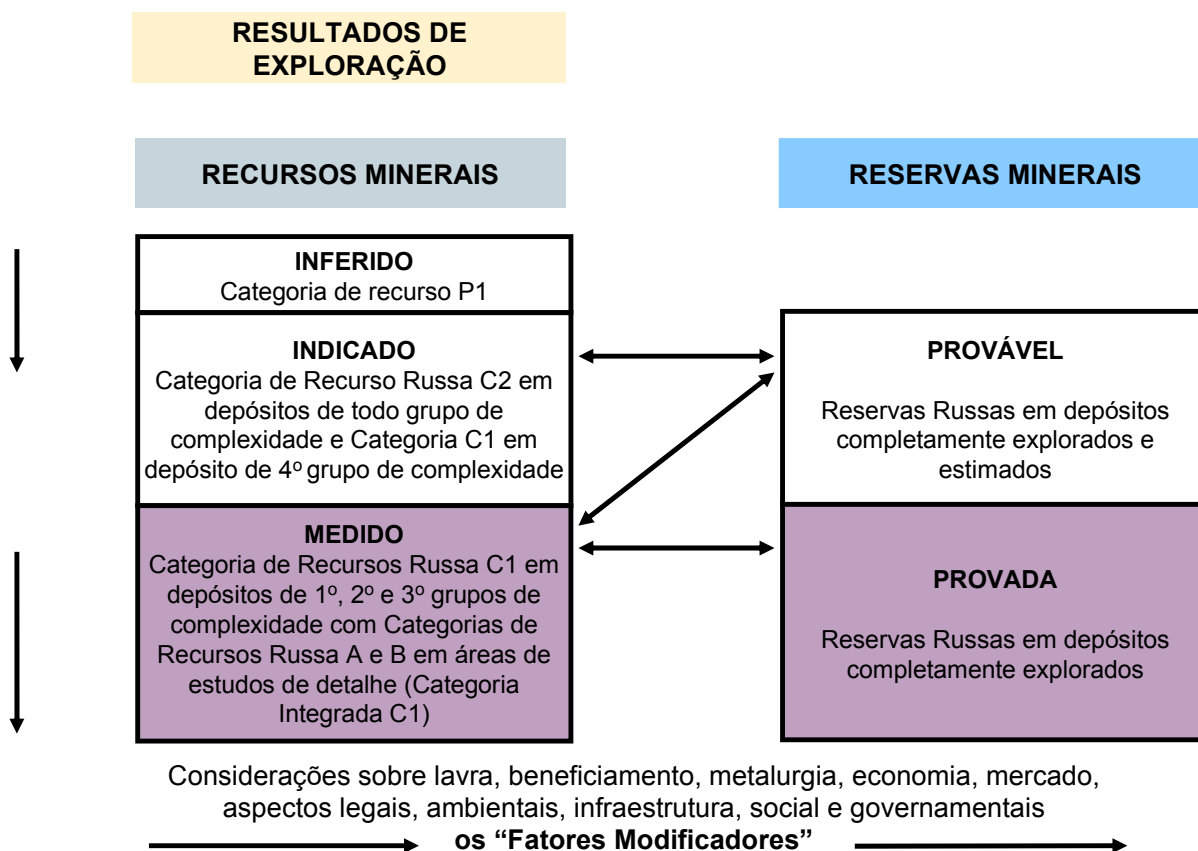


Figura A.17 – Classificação de recursos e reservas na Rússia, 2011
 Fonte: Illieva (2016, tradução nossa).

Um destaque desta metodologia é que, a depender da aplicação dos diversos parâmetros (teor de corte, espessura do minério, relação estéril/minério, dentre outras), a classe é definida, revisada e aprovada por um comitê do governo, que pode

incluir os dados no inventário mineral nacional, caso o comitê decida que o projeto possui uma quantidade significativa de material mineralizado a ser reportado como recurso ou reserva.

Este sistema de classificação foi a base para definições regionais, também adotadas no Quirguistão, Armênia e outros países da Europa Oriental e Ásia Central, incluindo a China.

Como o código NAEN é aceito pelo CRIRSCO, as correlações feitas a partir das demais categorizações associadas às classes padronizadas, é possível fazer a conversão de relatórios para os outros países (Figura A.18). A Figura A.19 apresenta outra correlação possível, feita por Henley (2004).

CRIRSCO (JORC / CIM / PERC / NAEN)	RECURSO		MEDIDO	INDICADO			INFERIDO		POTENCIAL DE EXPLORAÇÃO OU RESULTADO DE EXPLORAÇÃO
	RESERVA		PROVADO	PROVÁVEL					
CLASSIFICAÇÃO ESTATAL RUSSA	RESERVA		A, B, C	B, C1, C2			C2, P1		P2, P3
UNFC-2009 + CLASSE CHINESA E INDIANA	AVALIAÇÃO ECONÔMICA (100)	PLANO DE LAVRA COM PERDAS	RESERVA RECUPERÁVEL (111)	RESERVA PROVÁVEL RECUPERADA (121)		RESERVA PROVÁVEL RECUPERADA (122)			
		PLANO DE LAVRA SEM PERDAS							
	MARGINALMENTE ECONÔMICO (2M00)		RESERVA BÁSICA (2M11)	RESERVA BÁSICA (2M21)		RESERVA BÁSICA (122B)			
	SUB-ECONÔMICO (2S00)		RECURSO (2S11)	RECURSO (2S11)		RECURSO (2S22)			
	INTRINSICAMENTE ECONÔMICO (300)				RECURSO (331)		RECURSO (332)	RECURSO (333)	RECURSO (334)
	F	AVALIAÇÃO DE VIABILIDADE	VIABILIDADE (101)	PRÉ- VIABILIDADE (020)	ESCOPO (030)	PRÉ- VIABILIDADE (020)	ESCOPO (030)	ESCOPO (030)	ESCOPO (030)
	G	AVALIAÇÃO GEOLÓGICA	MEDIDO (001)			INDICADO (002)		INFERIDO (003)	PREDITO (004)

Figura A.18 – Comparação dos códigos CRIRSCO, NAEN (Rússia), UNFC e China
Fonte: Micon (apud ILLIEVA, 2016, tradução nossa).

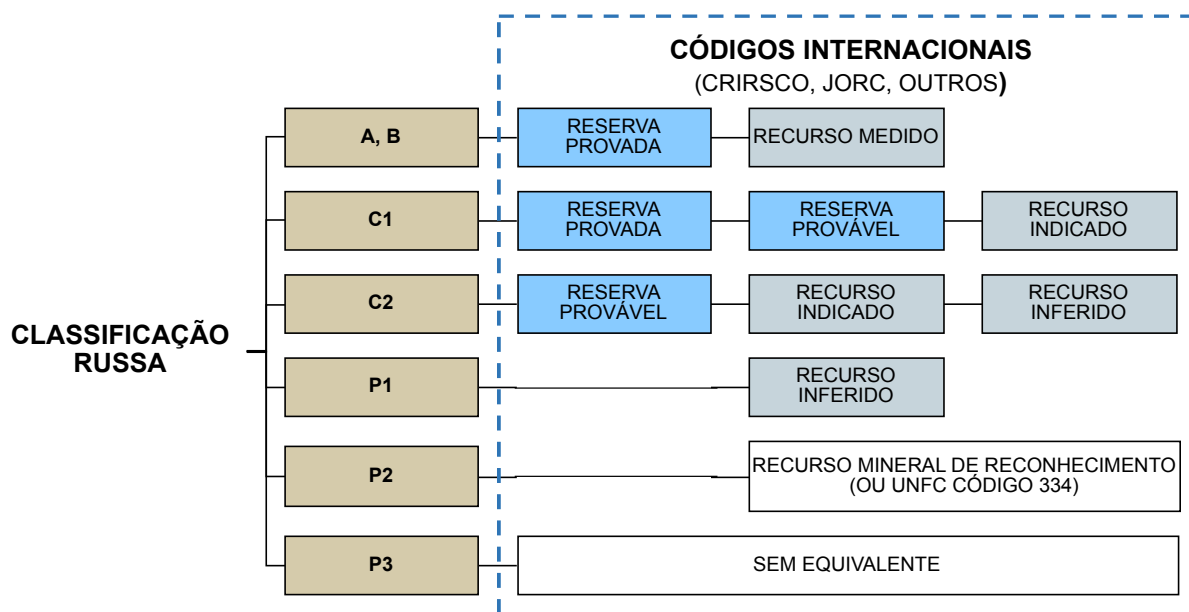


Figura A.19 – Correlações das categorias de classificação russa de 2006 e outras classificações
Fonte: Henley (2004, tradução nossa).

ANEXO B – Evolução da padronização no Brasil

Em 1992, o DNPM publicou o documento “Bases Técnicas de um Sistema Permanente de Quantificação do Patrimônio Mineral Brasileiro”, diante da necessidade de revisão da legislação e adequação dos conceitos de recursos e reservas, do qual saíram diversas sugestões e recomendações, sintetizadas nas Figuras B.1 e B.2.

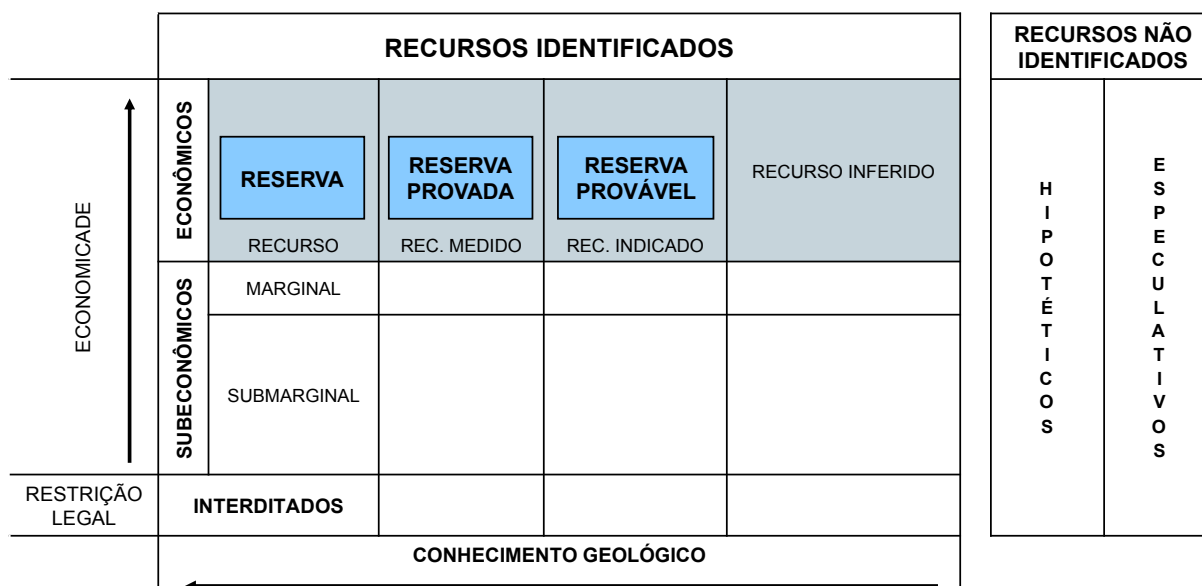


Figura B.1 – Sistema de classificação de depósitos minerais, proposto pelo DNPM em 1992
Fonte: DNPM (1992).

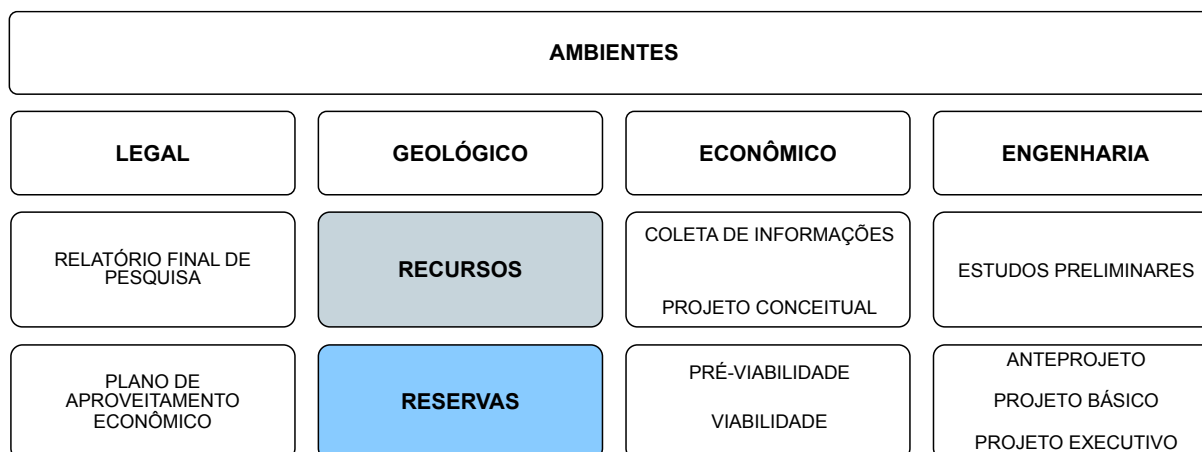


Figura B.2 – Quadro de correlação dos ambientes Legal, Geológico, Econômico e de Engenharia
Fonte: DNPM (1992).

Em 1995, Nery organizou as referências das práticas vigentes no mundo na sua dissertação de mestrado e, com base nas discussões do *Resources and Reserves Symposium*, que aconteceu em Sydney, Austrália em 1987, consolidou a Figura B.3, baseada em critérios geoestatísticos.

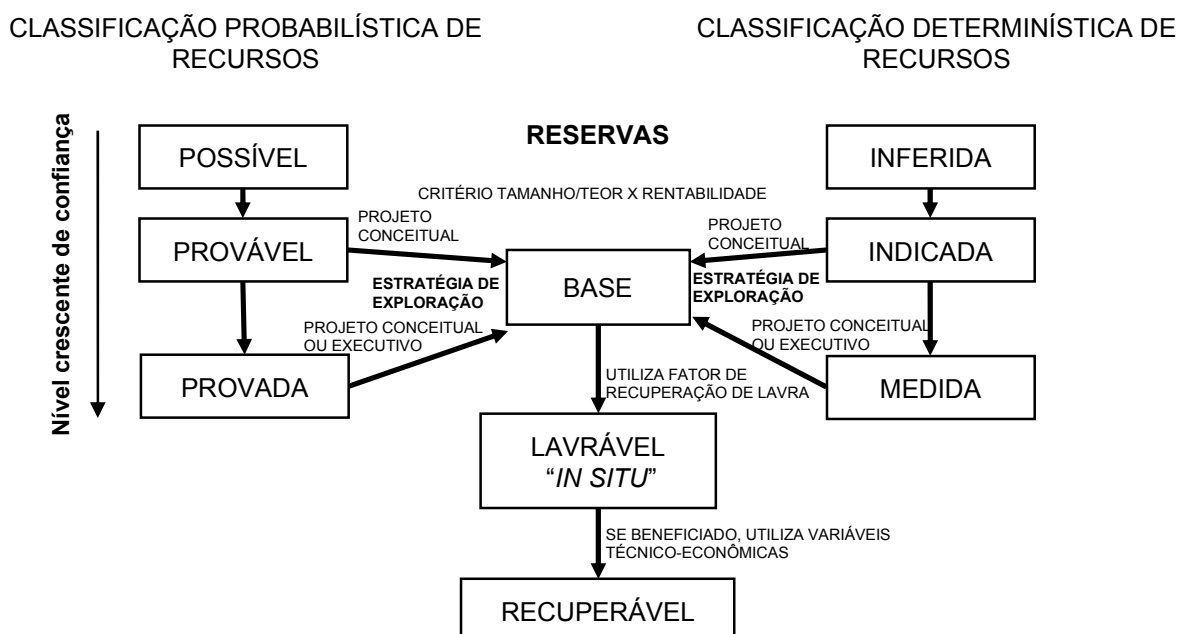


Figura B.3 – Classificação de recursos e reservas
Fonte: Nery (1995).

Parte destes critérios foram incorporados na publicação da ANM “O Processo Decisório na Pesquisa Mineral: Análise de Decisão Geoeconômica”, de 2001, cujo modelo foi incorporado às entregas de Relatórios Anuais de Lavra (Figura B.4).

AMBIENTES			
LEGAL	GEOLÓGICO	ECONÔMICO	ENGENHARIA
RELATÓRIO FINAL DE PESQUISA	RECURSOS MINERAIS	ESTUDOS PRELIMINARES PRÉ-VIABILIDADE	PROJETO CONCEITUAL
	RESERVA BASE	PRÉ-VIABILIDADE	ANTEPROJETO
PLANO DE APROVEITAMENTO ECONÔMICO	RESERVA LAVRÁVEL	VIABILIDADE EXEQUIBILIDADE	PROJETO BÁSICO
	RESERVA RECUPERÁVEL	PRÉ-INVESTIMENTO INVESTIMENTO	PROJETO EXECUTIVO

Figura B.4 – Modelo de classificação parcialmente adotado nos Relatórios Anuais de Lavra, a partir de 2001
Fonte: Nery (2021).

João Henrique Grossi Sad & Jorge Manuel da Gama Pinto Valente publicaram diversos estudos relacionados, como, por exemplo: Grossi & Valente (1996), Grossi & Valente (2000) e Grossi & Valente (2002). Participaram dos grupos de trabalho do IBRAM e DNPM, que formatou a “Nova Classificação Brasileira de Recursos e Reservas Minerais como Ferramenta de Fomento da Produção Mineral” apresentada em maio de 2003, com a adoção dos princípios fundamentais e terminologia compatíveis com os conceitos CRIRSCO vigentes. Nesta época, foi feita a publicação do “Guia Prático para Cálculo de Recursos e Reservas Minerais” (GROSSI & VALENTE, 2003), que, apesar de muito alinhados ao cenário internacional, não foram oficializados e compatibilizados com a legislação, tampouco adotados pelo mercado brasileiro.

Nery (2021) destacou, ainda, a proposta atualizada pelo Grupo de Trabalho do DNPM, IBRAM e ADIMB em 2010 – Figura B.5.

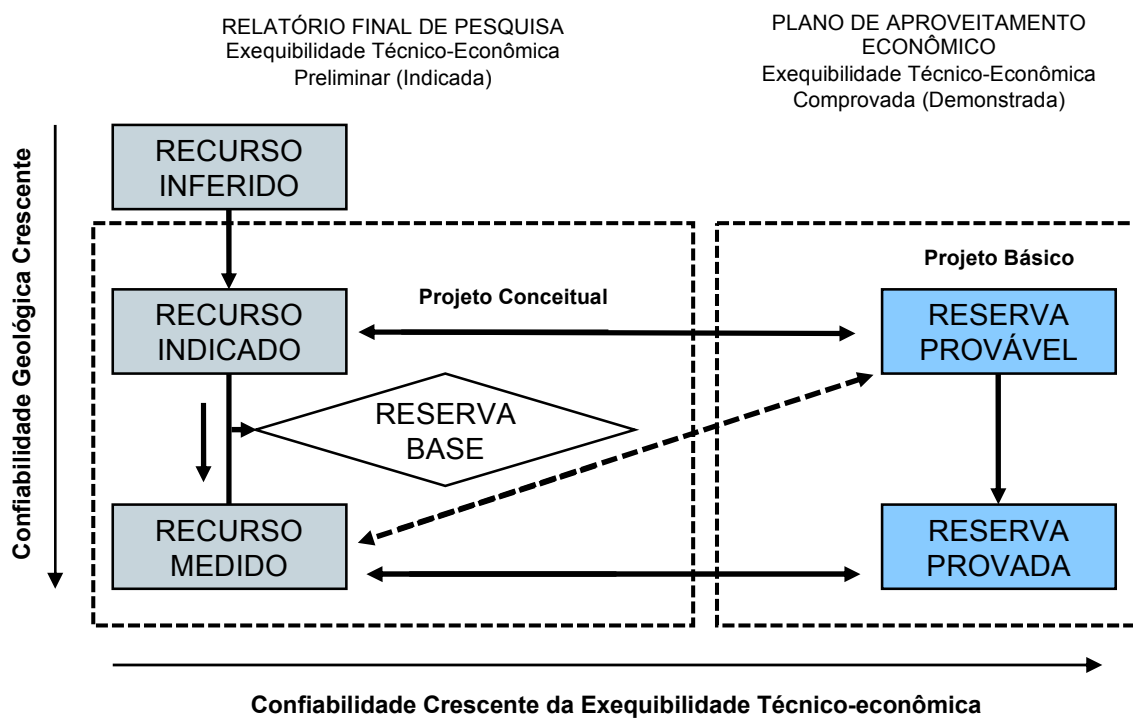


Figura B.5 – Modelo de classificação proposto pelo GT DNPM | IBRAM | ADIMB, 2010
Fonte: Nery (2021).

ANEXO C – Características dos estágios de desenvolvimento no ciclo de vida do projeto mineral

FASE	DESCRIÇÃO
Pesquisa mineral	<ul style="list-style-type: none"> • Fase de maior dificuldade para a atração de investimento, devido ao baixo conhecimento do projeto e maior risco dentro do ciclo de vida do projeto. • É uma das fases mais importantes, pois o insucesso poderá resultar na interrupção precoce do projeto no início do ciclo. Não é incomum outras equipes, com diferentes metodologias ou tecnologias, ou diferentes empresas, obterem resultados satisfatórios nos mesmos prospectos anteriormente pesquisados. • As descobertas inequívocas são normalmente o ponto de inflexão para o aumento da atratividade do projeto mineral e estão associadas à entrada de novos investidores no projeto, pois a complexidade e intensidade dos trabalhos pós-descoberta demandará grande investimento que, por outro lado, poderá resultar em retorno mais expressivo.
Definição de recursos e reservas	<ul style="list-style-type: none"> • O aumento progressivo do nível de conhecimento e confiança geológica destaca o sucesso deste estágio, com a definição dos recursos minerais e a confirmação da razoável perspectiva de extração econômica, o RPEEE (<i>Reasonable Prospects for Eventual Economic Extraction</i>). • Posteriormente, atividades multidisciplinares econômicas, sociais, ambientais, e, principalmente, de engenharia, analisarão todos os fatores modificadores que impactam o ativo, para definir as reservas e a viabilidade econômica do projeto. • Neste ponto são estabelecidos o potencial econômico e a dimensão do retorno aos investimentos já aportados e que ainda deverão ser acrescidos até o início de geração de receita.
Implantação	<ul style="list-style-type: none"> • Com os riscos bem mais previsíveis, a fase de implantação da mina é um momento de poucas surpresas ou novidades. • Por outro lado, é quando há investimento intensivo na aquisição de equipamentos e construção das instalações, mudando o perfil médio do investidor, em que o investimento especulativo dá espaço para um perfil mais maduro, menor risco e retorno em prazos mais longos.
Produção	<ul style="list-style-type: none"> • A partir do início de geração de receitas, o sucesso e valorização do projeto dependerá de fatores de mercado, como o preço médio do produto, a eficiência operacional em busca do melhor retorno do investimento, bem como as estratégias adotadas para a redução do impacto pelo fechamento da mina. • Marcando o encerramento desta fase, verifica-se uma bifurcação na ilustração (Figura 30): a) <i>upgrade</i> das reservas e aumento da vida útil ou b) depleção e inviabilidade econômica do depósito, quando se decide pelo descomissionamento.
Fechamento	<ul style="list-style-type: none"> • Etapa de reabilitação dos impactos ocasionados ao longo da operação. • Na maioria dos países mineradores, legislações mais rigorosas estabelecem como exigência a formulação de plano de fechamento de mina antes da implantação, exigindo garantias de que este esteja ancorado ao estabelecido na legislação, e de que os recursos financeiros para sua efetiva execução estejam garantidos.

Fonte: Cuchierato et al. (2021).

ANEXO D – Conceituação de termos do mercado financeiro utilizados no setor mineral

TERMO	DEFINIÇÃO
<i>Equity</i>	<ul style="list-style-type: none"> Venda de ações da companhia em troca de capital. Termo associado ao financiamento de empresas listadas em bolsas de valores, usualmente através do processo de abertura de capital através de ofertas públicas iniciais (IPOs), com venda de uma participação acionária para levantamento de fundos para fins comerciais.
<i>Initial Public Offering (IPO)</i>	<ul style="list-style-type: none"> Oferta Pública Inicial. Abertura da oferta de ações de uma empresa privada ao público em geral, em uma bolsa de valores pela primeira vez. Processo pelo qual se torna, oficialmente, empresa de capital aberto.
<i>Private Equity</i>	<ul style="list-style-type: none"> Realizados via empresas de participações privadas (que gerenciam fundos de <i>private equity</i>), que investem essencialmente em empresas que ainda não são listadas em bolsa de valores, ou seja, ainda estão fechadas ao mercado de capitais, com o objetivo de captar recursos para alavancar o desenvolvimento da empresa. Ideal para projetos em estágio inicial. Os prospectores, ao submeter seus planos a este tipo de investidor, devem ter planos para desenvolver o projeto nas várias fases e <i>gates</i> de avaliação, a fim de produzir estudos de viabilidade econômica.
<i>Royalties</i>	<ul style="list-style-type: none"> Financiamento alternativo em que o financiador (detentor de <i>royalties</i>) antecipa um valor fixo inicial a uma empresa, que, em troca, promete pagar uma porcentagem de suas receitas futuras ou lucros. Não há plano de pagamento fixo e os pagamentos dependem do desempenho do ativo. Além disso, diferentemente do financiamento acionário, a propriedade e o controle do pagador de <i>royalties</i> não são diluídos, pois não estão cedendo sua participação acionária. Tornou-se popular na última década, quando as empresas de exploração júnior ou de médio porte precisavam financiar suas necessidades de investimento.
<i>Streaming</i>	<ul style="list-style-type: none"> Venda antecipada da produção, com pagamento adiantado, por contrato feito para toda a vida útil da mina ou longo período.
<i>Off-take</i>	<ul style="list-style-type: none"> Acordo para compra de parte da produção (desconto sobre preço <i>spot</i>) e normalmente incluem pagamento por um determinado volume ou porcentagem de produção em um período determinado, geralmente com exclusividade, fornecida por clientes, comerciantes e provedores financeiros especializados.
<i>Debt</i>	<ul style="list-style-type: none"> Capital levantado em bancos ou instituições financeiras, com emissão de títulos de dívida. Nessa modalidade, o investidor se torna um credor e recebe de volta o valor principal integral acrescido de um prêmio de risco (juros). Empréstimo convencional.
<i>Flow-through share</i>	<ul style="list-style-type: none"> Incentivo de financiamento baseado em dedução de impostos, em que a empresa “renuncia” ao contribuinte um valor referente às despesas de exploração e desenvolvimento, sendo consideradas despesas do contribuinte para fins fiscais.
<i>Crowdfunding</i>	<ul style="list-style-type: none"> Método de obtenção de capital de indivíduos ou pequenos investidores, via plataforma de TI, que adquirem parcelas diminutas da empresa e recebem em contrapartida uma parcela proporcional de participação na empresa.
<i>Vendor financing</i>	<ul style="list-style-type: none"> Financiamento fornecido por empreiteiros da operação ou da planta, na forma de uso de equipamentos ou serviços, reembolsados por meio de custos operacionais que incluem uma parcela de reembolso de capital.
<i>Venture capital</i>	<ul style="list-style-type: none"> Capital de risco, de perfil empreendedor, modalidade de investimentos alternativos utilizada para apoiar negócios por meio da compra de uma participação acionária, geralmente minoritária, com objetivo de ter as ações valorizadas na posterior saída da operação. É considerada de risco pela aposta em empresas com elevado potencial de valorização e retorno, com grande incerteza na fase do projeto em que a empresa se encontra.

Fonte: Compilado pela autora, a partir de Lopičić & Arsić (2020), Seeger (2019), Marques (2016), Cumming (2015), Azevedo (2015), Auad (2017), PWC (2012).

ANEXO E – Sistemas de declaração pública

E.1 - Canadá

Na Figura E.1 é possível observar as entidades responsáveis pela regulação e aplicação dos códigos internacionais no Canadá, os guias e padrões adotados, a quais categorias são requeridas, e governança estabelecida entre eles.

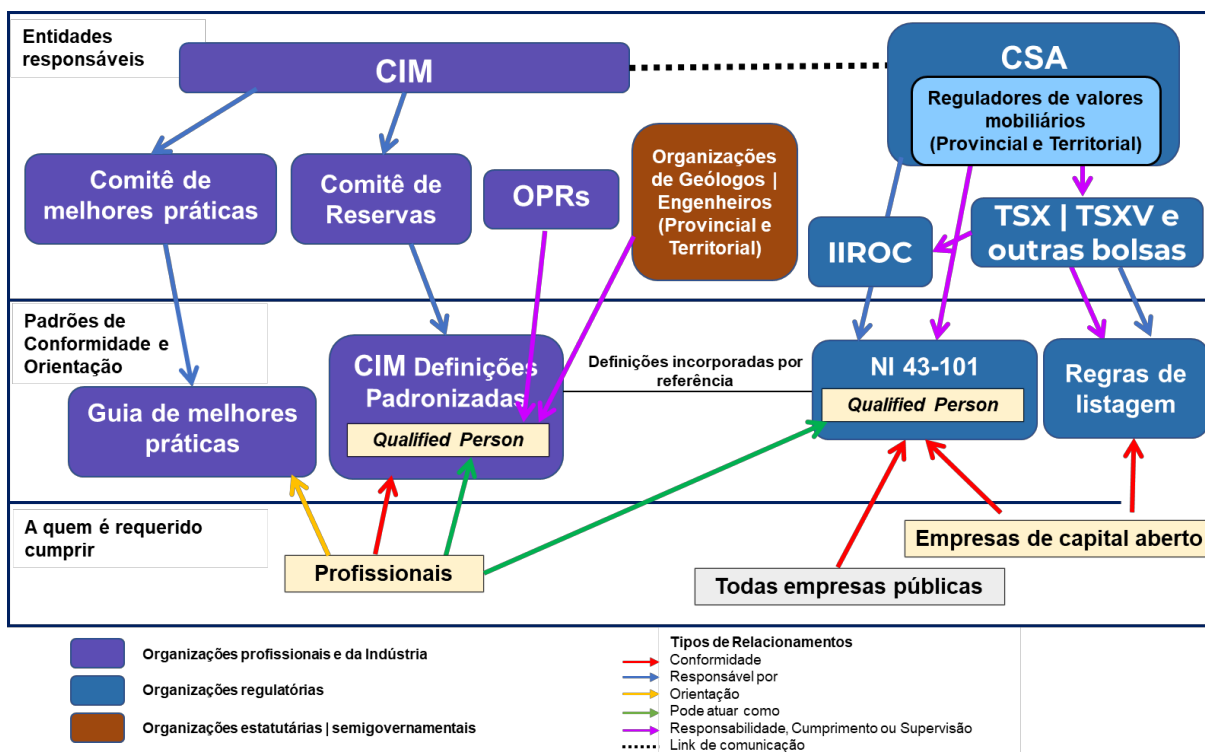


Figura E.1– Sistema de declaração pública do Canadá

Fonte: Brenner et al. (2016, tradução nossa).

O ambiente canadense destaca as interfaces e importância dos Comitês (Melhores Práticas e Reservas) do CIM para o estabelecimento das definições padronizadas e guias de boas práticas, além da importância de as bolsas de valores (TSX | TSX-V) terem vinculado as regras de listagem ao atendimento ao NI 43-101 e demais requisitos legais do CSA (STEPHENSON et al., 2008). Na imagem, ainda é visível a integração com as organizações provinciais ou territoriais de geólogos ou engenheiros.

E.2 - Austrália

Na Austrália, principal autoridade regulatória é a *Australian Securities and Investment Commission* (ASIC) e o relacionamento com as demais entidades pode ser visualizado na Figura E.2. A ASIC supervisiona a operação do ASX e administra a Lei Federal das Corporações (*Federal Corporations Act*) que estabelece as leis regulamentadoras da atividade de empresas australianas ou atividades corporativas exercidas na Austrália. Também é a entidade responsável pela emissão de regras de listagem e guias regulatórios, que, embora não façam parte da legislação australiana, atribuem um certo *status* legal (STEPHENSON et al., 2008). Este robusto corpo de

diretrizes faz com que o mercado de ações australiano seja visto como um dos mais seguros do mundo para empresas que atuem no setor mineral.

O Profissional Qualificado deve ser associado à AusIMM, à AIG ou a qualquer outra OPR que esteja incluída em uma lista promulgada periodicamente pela ASX, com as quais o Comitê JORC mantenha acordos de reciprocidade.

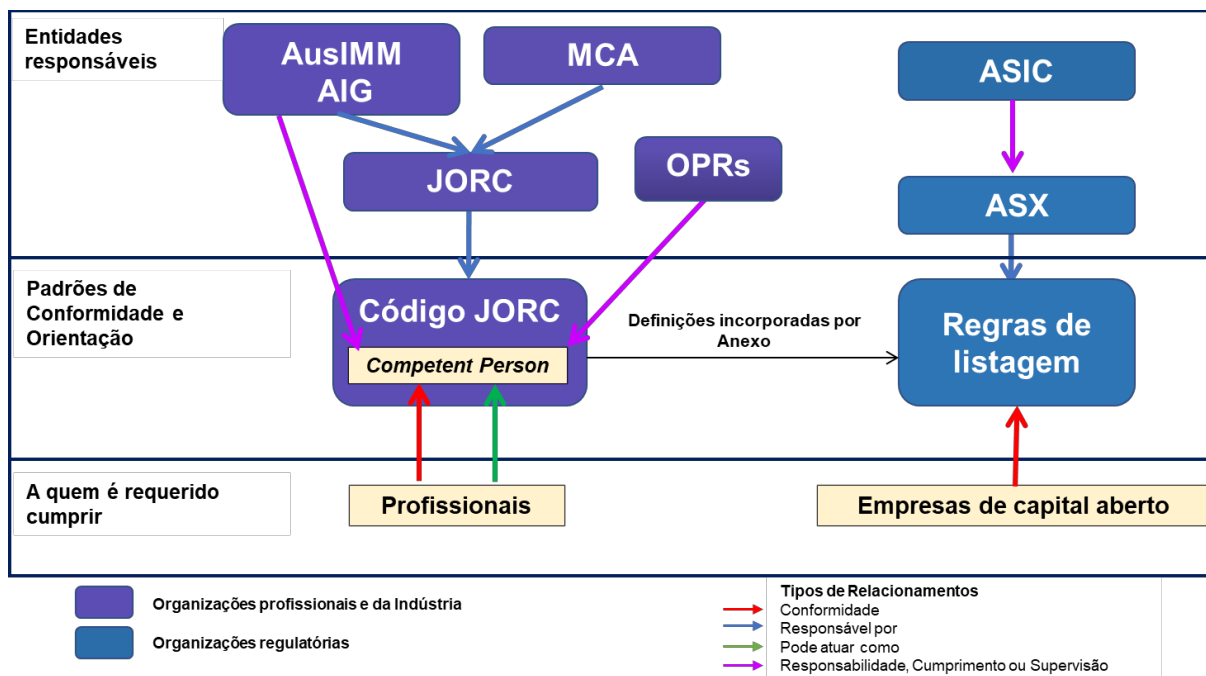


Figura E.2 – Sistema de declaração pública da Austrália
Fonte: Brenner et al. (2016, tradução nossa).

E.3 - Estados Unidos

Nos Estados Unidos, o ambiente regulatório está em transição e a Figura E.3 ilustra o arranjo atualizado. Anteriormente regulamentado pelo IG7, a U.S. SEC publicou em 2018 as novas regras da Regulação S-K 1300, com alinhamento de definições aos padrões CRIRSCO, após anos de discussões e pleitos internacionais.

Destaca-se que, comparativamente, o NI 43-101 é vinculado formalmente às definições padronizadas e boas práticas recomendadas pelo CIM por inclusão no instrumento. Da mesma forma, as regras de listagem da ASX incluem as diretrizes do Código JORC como anexo. Isto não ocorre com o S-K 1300 que, apesar de ter conexão com as práticas do CRIRSCO e algumas das definições terem sido incorporadas, não vincula seu atendimento ou aderência ao “Guia SME” (2017).

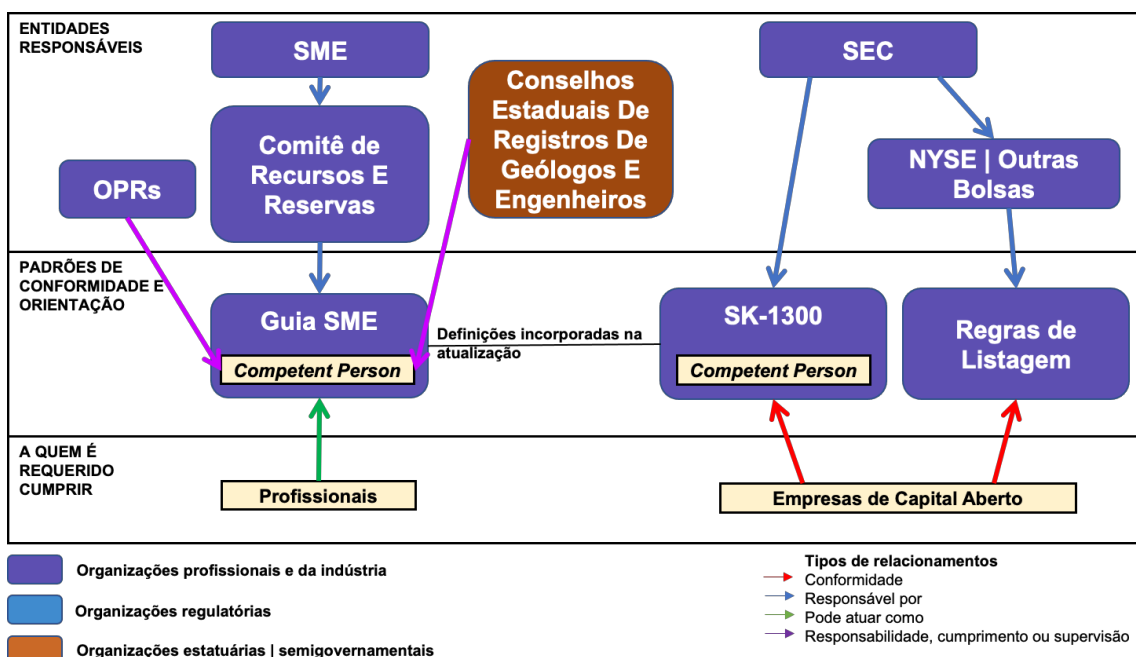


Figura E.3 – Sistema de declaração pública dos Estados Unidos
 Fonte: Brenner et al. (2016, tradução e modificação nossa).

E.4 - Brasil

O arranjo brasileiro está ilustrado na Figura E.4, que é recente e ainda está em acomodação, com a instituição dos regamentos da ANM. O(a) Profissional Qualificado(a) deve ser associado(a) à CBRR ou qualquer outra OPR que esteja incluída na lista publicada, com as quais o Comitê mantenha reciprocidade. A B3 não tem regras de listagem específicas para o setor mineral, tampouco atua no processo como membro.

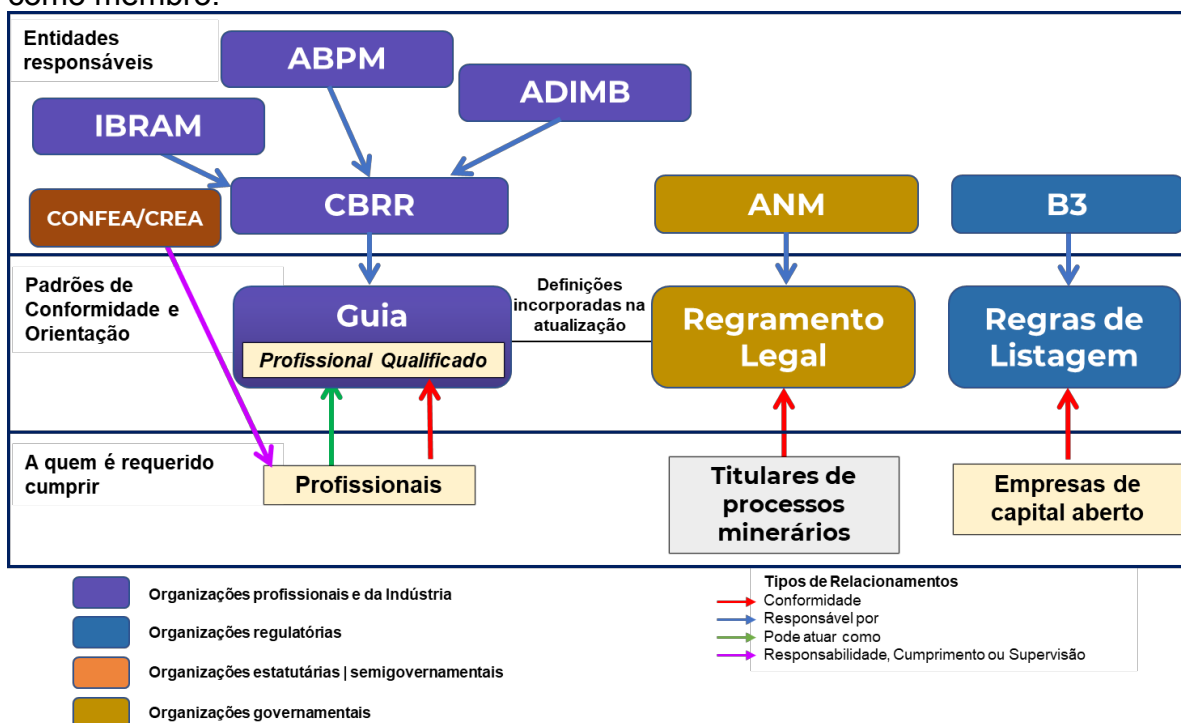


Figura E.4– Sistema de declaração pública do Brasil
 Fonte: Brenner et al. (2016, tradução e modificação nossa).

ANEXO F – Definições sobre a teoria da amostragem e termos correlatos

Termo	Definição
Amostra	Porção ou fragmento da população, obtida pela reunião de diversos incrementos ou frações do lote, devendo representar o lote nas operações subsequentes. Sua extração deve respeitar as regras estabelecidas pela Teoria da Amostragem. Uma amostra somente é correta se sua extração for equiprobabilística
Amostragem	Ato ou processo de seleção de amostra que se considera representar o todo (ou lote L na teoria da amostragem). Ou seja, dentro do conceito de amostragem está o conceito de representatividade e, portanto, uma amostra deve necessariamente ser representativa e, se não o for, não deve ser chamada de amostra, mas de espécime. Um processo de amostragem é considerado correto quando qualquer fragmento pertencente ao lote a ser amostrado possui a mesma probabilidade de seleção que qualquer outro, e qualquer fragmento que não pertence ao lote possui probabilidade zero de seleção.
Erro	Visto que as características das amostras e dos lotes dos quais elas são retiradas não são estritamente iguais, sempre existirão erros em qualquer processo de estimação. A qualidade de um método de amostragem pode ser estimada pela magnitude dos erros de amostragem envolvidos no processo. É de essencial importância discriminar individualmente cada erro de amostragem, pois esta é a chave para uma compreensão correta da teoria da amostragem. Com a exceção dos erros acidentais ou grosseiros, que afetam a integridade da amostra, todos os outros erros de amostragem são variáveis aleatórias, caracterizadas por uma dada média (diferente ou não de zero) e uma dada variância (diferente de zero). Quando fala-se sobre erros aleatórios (média igual a zero e variância diferente de zero) e sobre erros sistemáticos (média diferente de zero e variância igual a zero) é apenas por conveniência. Na realidade, todos os erros têm dois componentes: um componente aleatório caracterizado unicamente pela variância e um componente não-aleatório caracterizado unicamente pela média. <i>“O erro de amostragem é intrínseco ao material amostrado e não pode ser completamente eliminado (GY, 1982).”</i>
Erro fundamental	Quando uma amostra de massa M_S é coletada aleatoriamente, fragmento por fragmento com a mesma probabilidade, a partir de um lote de material fragmentado de massa M_L , surge um erro de amostragem entre o teor real (e desconhecido) da amostra e o teor do lote selecionado. Este erro é o menor erro existente para uma amostra coletada em condições ideais, e por isto é chamado de erro fundamental de amostragem. Esse erro é caracterizado por sua variância, calculada relativamente ao teor real do lote, utilizando-se a “fórmula de Gy”. Representa a heterogeneidade constitucional do material.
Homogeneidade	Condição de um lote no qual todos os elementos são idênticos.
Heterogeneidade	Condição de um lote no qual os elementos não são estritamente idênticos. Consequentemente, homogeneidade é a condição inatingível de zero heterogeneidade e, portanto, todo material particulado é necessariamente heterogêneo.
Protocolo de amostragem	Registro apresentado como fluxograma de todas as etapas de amostragem e preparação de amostras, para o qual foi realizado estudo para minimizar as diversas fontes de erros de amostragem
Representatividade	Uma amostra é representativa se as duas seguintes condições forem satisfeitas: <ul style="list-style-type: none"> o processo de amostragem é suficientemente acurado (correto) o processo de amostragem é suficientemente preciso (reproduzível)

Fonte: Chierigati (2018).

Termo	Definição
Lote	O volume total do material do qual se deseja estimar algum componente.
Componente	A propriedade a ser estimada a partir de uma amostra, como por exemplo o teor.
Amostra	Parte do lote a partir da qual a determinação de um componente será realizada. Cada parte do lote deve ter igual probabilidade de ser selecionada e, deste modo, uma amostra é representativa do lote.
Espécime	Parte de um lote a partir da qual a determinação do componente será realizada, sem respeito à regra da equiprobabilidade de seleção da amostra. Medidas tomadas de espécimes não podem ser usadas para tipificar os lotes dos quais foram coletados.
Incremento	Fração da amostra selecionada do lote por um único corte do dispositivo de amostragem. Diversos incrementos podem ser combinados para formar uma amostra.

Fonte: Long (2000, tradução nossa).

ANEXO G – Considerações sobre Governança de Dados e Governança Corporativa

A Figura G.1 organiza o escopo e objetivo de um programa de governança de dados, de acordo com as necessidades das empresas, conforme Barbosa & Lyra (2019).

Supervisão	<ul style="list-style-type: none"> • garantir que todas as áreas funcionais de governança de dados sigam os princípios orientadores em benefício da organização.
Estratégia	<ul style="list-style-type: none"> • definir, comunicar e direcionar a execução da estratégia e da governança de dados.
Política	<ul style="list-style-type: none"> • definir e aplicar políticas relacionadas ao gerenciamento, acesso, uso, segurança e qualidade de dados e metadados.
Padrões e qualidade	<ul style="list-style-type: none"> • definir e aplicar padrões de qualidade e arquitetura de dados.
Administração	<ul style="list-style-type: none"> • fornecer conduta prática, auditoria e correção nas principais áreas de qualidade, política e gerenciamento de dados.
Conformidade	<ul style="list-style-type: none"> • garantir que a organização possa atender aos requisitos de conformidade regulamentar relacionado a dados.
Gerenciamento de problemas	<ul style="list-style-type: none"> • identificar, definir, escalar e resolver problemas relacionados à segurança, acesso, qualidade, conformidade regulamentar, propriedade de dados, política, padrões, terminologia ou procedimentos de governança de dados.
Projetos de gerenciamento de dados	<ul style="list-style-type: none"> • patrocinar esforços para melhorar as práticas de gerenciamento de dados.
Avaliação de ativos de dados	<ul style="list-style-type: none"> • definir padrões e processos para demarcar consistentemente o valor estratégico dos ativos de dados.

Figura G.1 – Escopo e objetivos do Programa de Governança de Dados
Fonte: Barbosa & Lyra (2019).

Para a implementação da governança de dados, alguns conceitos adicionais, provenientes da Governança Corporativa, aplicadas ao contexto da indústria mineral, devem ser compreendidos, pois os(as) Profissionais Qualificados(as) têm um papel amplo no atendimento às principais práticas.

Conforme o Código das Melhores Práticas de Governança Corporativa (IBGC, 2015):

Governança corporativa é o sistema pelo qual as empresas e demais organizações são dirigidas, monitoradas e incentivadas, envolvendo os relacionamentos entre sócios, conselho de administração, diretoria, órgãos de fiscalização e controle e demais partes interessadas. As boas práticas de governança corporativa convertem princípios básicos em recomendações objetivas, alinhando interesses com a finalidade de preservar e otimizar o valor econômico de longo prazo da organização, facilitando seu acesso a recursos e contribuindo para a qualidade da gestão da organização, sua longevidade e o bem comum.

Os princípios básicos de governança corporativa (Figura G.2) permeiam, em maior ou menor grau, todas as práticas do Código, e sua adequada adoção resulta em um clima de confiança tanto internamente quanto nas relações com terceiros. (IBGC, 2015).

Transparência	Equidade	Prestação de Contas (accountability)	Responsabilidade Corporativa
<ul style="list-style-type: none"> • Consiste no desejo de disponibilizar para as partes interessadas as informações que sejam de seu interesse e não apenas aquelas impostas por disposições de leis ou regulamentos. • Não deve restringir-se ao desempenho econômico-financeiro, contemplando também os demais fatores (inclusive intangíveis) que norteiam a ação gerencial e que conduzem à preservação e à otimização do valor da organização. 	<ul style="list-style-type: none"> • Caracteriza-se pelo tratamento justo e isonômico de todos os sócios e demais partes interessadas (stakeholders), levando em consideração seus direitos, deveres, necessidades, interesses e expectativas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Os agentes de governança devem prestar contas de sua atuação de modo claro, conciso, compreensível e tempestivo, assumindo integralmente as consequências de seus atos e omissões e atuando com diligência e responsabilidade no âmbito dos seus papéis. 	<ul style="list-style-type: none"> • Os agentes de governança devem zelar pela viabilidade econômico-financeira das organizações, reduzir as externalidades negativas de seus negócios e suas operações e aumentar as positivas, levando em consideração, no seu modelo de negócios, os diversos capitais (financeiro, manufaturado, intelectual, humano, social, ambiental, reputacional etc.) no curto, médio e longo prazos.

Figura G.2 – Princípios da Governança Corporativa
Fonte: IBGC (2016).

Martins de Lima (2020)²² destaca que os processos são um mecanismo dinâmico para que as empresas possam auditar o que foi executado, em diferentes departamentos e em diferentes cadeias de valor. O atendimento e observância a este conjunto de regras é chamado *compliance*. O objetivo maior da área de governança é manter um grau satisfatório destas regras e cada empresa define um modelo de monitoramento e definição de nível de *compliance*. Destaca que o sucesso das ações corporativas de uma empresa de mineração está fundamentado em:

- estabelecimento de governança bem definida, patrocinado por *sponsors* da alta gestão, com adequada atribuição de responsabilidades;
- revisão de processos e condições para aquisição e gestão de dados;
- revisão de procedimentos operacionais, essenciais para a conformidade às práticas recomendadas pela indústria mineral; e
- gestão dos projetos, com priorização de ações pela equipe e alinhamento às estratégias corporativas, metas e diretrizes orçamentárias.

²² MARTINS DE LIMA, E. Governança corporativa e mapeamento de processos. Documento interno de projeto de consultoria confidencial. Rationiric/GeoAnsata, São Paulo: 2020.

A Figura G.3 ilustra alguns dos elementos usados para monitorar o nível de *compliance* da empresa e cada elemento contribui para estabelecer indicadores-chave de desempenho (KPI, *Key Performance Indicator*) nos processos da empresa. O monitoramento dos indicadores de performance propicia aos diversos departamentos das empresas a melhor forma de adequar suas práticas às rotinas de auditoria (interna ou externa).

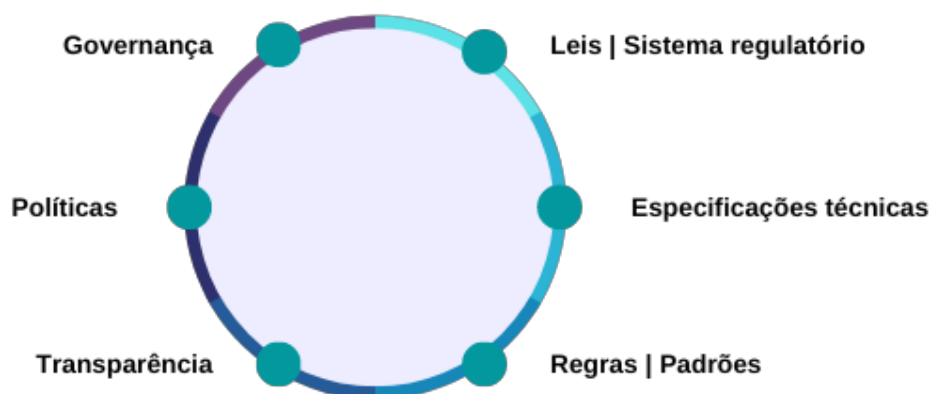


Figura G.3 – Elementos considerados pela área de governança corporativa para monitorar o nível de *compliance*

ANEXO H – Sumário da publicação de Long (2000), referência em QAQC

Capítulos	Temas referenciados
1	Introdução
2	Definições
3	Laboratórios
4	Obtenção ou elaboração de materiais de QAQC
5	Inserção de controles nos lotes de amostras
6	Procedimentos e critérios de controle de qualidade
7	Análise e apresentação de dados de QAQC
8	Erros de transferência de dados
9	Erros comuns e armadilhas
10	Controle de qualidade do banco de dados geológico
11	Considerações geotécnicas
12	Referências

Fonte: Long (2000, tradução nossa).

ANEXO I – Métodos de classificação que utilizam parâmetros de qualidade de informação

I. 1 - Classificação de recursos por quantificação de incerteza ***Resource classification by quantification of uncertainty***

Stephenson & Vann (2001) mencionam a famosa contribuição verbal de Harry Parker de 1998 – conhecida nos dias de hoje como a “regra dos 15%” ou a “regra de Harry Parker”. Esta metodologia de classificação é mais bem aplicada em projetos de exploração avançada ou em operação mineira, pois baseia-se em parâmetros de produção da mina e tamanho de blocos de recursos bem definidos.

De acordo com Dohm (2005), esta regra vem sendo discutida desde o começo dos anos 1990 e considerada a prática empírica que foi aceita e adotada pela indústria mineral. Refere-se a: “a % do erro na estimativa do bloco a ser classificado está dentro de 15% com 90% de confiança para um período de produção específico”.

A medida de confiança na estimativa de recursos é baseada em dois períodos de produção:

- um período de produção mensal para recursos medidos; e
- um período de produção anual para recursos indicados.

Esta técnica não substitui a estimativa de recursos, pois serve como uma ferramenta adicional para quantificar a confiança no modelo de avaliação de recursos. A diretriz de classificação final apresentada é baseada na avaliação de simulações condicionais que incorporaram a incerteza na interpretação dos limites geológicos, tonelagem, teor e, conseqüentemente, estimativas de teor de metal e prováveis períodos de produção.

I.2 - Sistema de classificação de confiabilidade de recursos ***Resource Reliability Rating System (RRR)*** **Dominy et al. (2002)**

Desenvolvido por Annels (1997) e Annels & Dominy (2002) (apud Dominy et al. 2002), o RRR é um sistema de classificação que pontua diversas características, e, segundo os autores, reflete mais precisamente o risco econômico combinado à estimativa de recurso e reserva. É baseado em:

- qualidade da recuperação do testemunho: perda, %, RQD;
- avaliação geológica: programa QAQC, densidade de dados, localização, mapeamento geológico, perfilagem, descrição, modelo geológico, construção e validação de banco de dados geológicos etc.;
- estimativa de tonelagem: programa QAQC, definição dos limites do minério, densidade etc.;
- estimativa de teor: programa QAQC, densidade de dados, localização, coleta e preparação de amostra, análises, construção e validação de banco de dados, definição dos domínios do corpo mineral, método de interpolação dos teores etc.; e
- estimativa final de recursos: programa de QAQC, validação e verificação, relatórios etc.

O Sistema RRR avalia a estimativa em escala de 0 a 100%. O Quadro K.1 ilustra a associação das classes do sistema com classificações internacionais, como o JORC, versão 1999.

Score	Confiança	Classe JORC
100 – 90	Muito alta	Recurso medido
89 – 90	Boa	Recurso indicado
79 – 60	Moderada	Recurso inferido
59 – 40	Pobre	-
< 40	Inaceitável	-

Quadro K.1 – Classificação RRR e correlação com Código JORC (1999)

Fonte: Dominy et al. (2002, tradução nossa).

I.3 - Índice de Qualidade da Amostragem

Sampling Quality Index (SQI)

Shaw et al. (2006)

Shaw et al. (2006) pontuam que o método de classificação “deve levar em conta as diferenças na geologia e que deve haver uma medida do conhecimento geológico e continuidade definida disponível para cada unidade geológica”. Em seu trabalho, aplicado na avaliação da Codelco em todo mundo, discutem que é relevante apresentar uma tabela descritiva das unidades geológicas utilizadas para a estimativa e atribuir avaliações objetivas (sobre a continuidade geológica, estabelecida por variografia) e subjetivas (sobre a continuidade e risco assumidos e assinados pelo(a) Profissional Qualificado(a)).

Enfatizam que a classificação é baseada igualmente na qualidade da amostragem, do conhecimento geológico e das estimativas. Para definir o Índice de Qualidade da Amostragem (SQI), são atribuídas classes para diversos parâmetros. A Figura K.1 indica a aplicação destes parâmetros, que criou a matriz de critérios de associação do SQI, definidos em (A) Bom, (B) Moderado ou (C) Pobre, aplicados para cada intervalo amostral, com ilustração de um exemplo de aplicação da matriz para amostras de sondagem diamantada de um projeto hipotético.

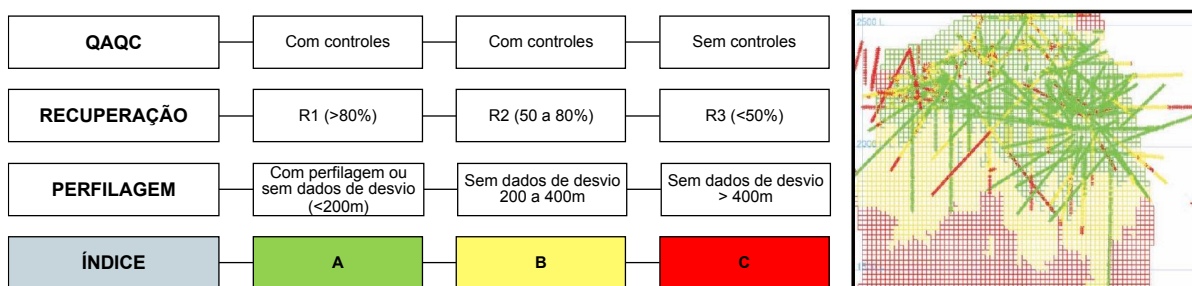


Figura K.1 – Matriz de critérios de associação do Índice de Qualidade da Amostragem (SQI)

Fonte: Shaw et al. (2006, tradução e modificação nossa).

Após definir o SQI de cada amostra, o índice foi associado às compósitas usadas para a estimativa de recursos e, posteriormente, para revisar a classificação dos recursos como medidos, indicados ou inferidos. O SQI foi, então, usado para calcular a porcentagem de amostras do tipo A, B e C usadas para estimar cada bloco, ponderada pelos pesos de estimativa que são atribuídos a cada dado (por exemplo, pelo sistema de krigagem), de forma a contabilizar o peso de cada amostra no processo de classificação.

Os blocos foram classificados como medidos, indicados ou inferidos de acordo com um conjunto de regras e parâmetros, calibrada por diversos cenários de simulação condicional, que podem ser verificados no artigo de Shaw et al. (2006).

I.4 - Classificação de Recursos Minerais *Mineral Resources Classification (MineReC)* Souza et al. (2009)

Os autores destacam que uma “estimativa confiável é crucial para estudos de viabilidade e para a operação diária de uma mina” e que as empresas utilizam métodos pertencentes a um dos grupos indicados na Figura K.2.

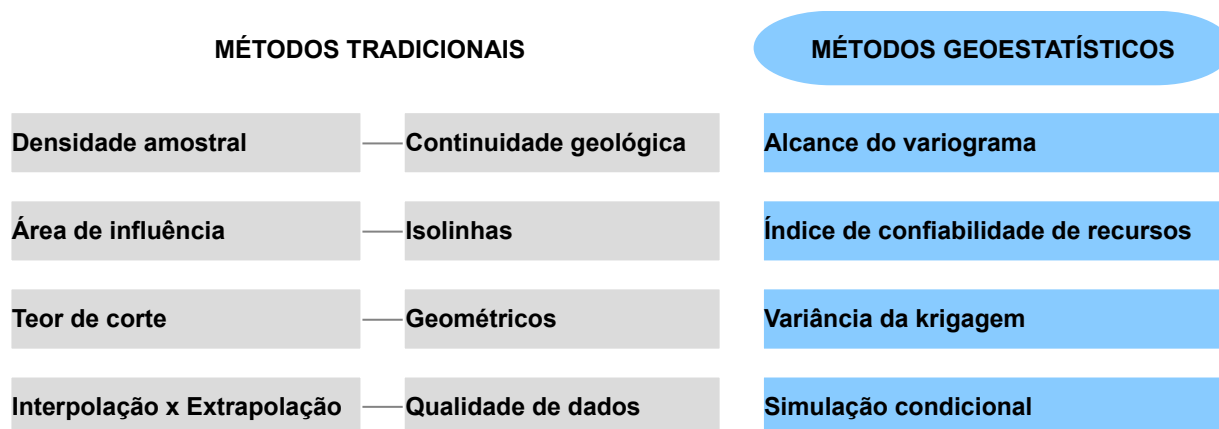


Figura K.2 – Principais métodos para classificação de recursos minerais
Fonte: Souza et al. (2009, tradução nossa).

Nesse trabalho, desenvolveram uma metodologia de análise quantitativa e qualitativa para avaliar a incerteza associadas às estimativas, de acordo com as técnicas e metodologias adotadas para classificação, de forma a verificar o impacto da utilização (análise de sensibilidade) de cada uma delas nos inventários finais e relatórios de recursos e reservas. Foi criado um programa computacional (MineReC), desenvolvido em Visual Basic e Fortran 90 em uma plataforma integrada.

I.5 - *Balanced Scorecard Approach for Resource Classification* Dohm (2010)

Christina Dohm desenvolveu o procedimento de classificação de recursos minerais da Anglo American baseado na metodologia *Balanced Scorecard* (BSC)²³.

Para aplicar este método, definiu os fatores considerados significativos, os *ratings* de cada um deles, bem como a ponderação combinada dos fatores em relação ao total. O princípio deste método é norteado nos pilares:

- compreensão geológica do depósito;
- confiança no levantamento da geometria do corpo de minério;
- confiança em dados analíticos, posicionais, geométricos;
- correlação espacial;
- garantia da integridade dos dados;
- qualidade dos dados históricos;
- metodologia de estimativa; e

²³ O *Balanced Scorecard* (BSC) é uma metodologia de medição e gestão de desempenho desenvolvida em 1992, por Robert Kaplan e David Norton, Doutores na *Harvard Business School*. Este método e sistema de gerenciamento apoia a tomada de decisões e otimiza a avaliação de desempenho da empresa em relação à estratégia planejada, em quatro perspectivas: financeira, mercados | clientes, processos internos e aprendizado | crescimento pessoal.

- importância da disponibilidade de dados de densidade para as litologias de interesse.

Adicionalmente às práticas tradicionais, que utilizam fatores como espaçamento dos furos e variância de krigagem, a abordagem do BSC incorpora diversos outros critérios (confiança geológica, continuidade geológica e de teor, parâmetros metalúrgicos, disponibilidade e qualidade de todos os conjuntos de dados) nos cálculos de estimativa.

Para definir o *score*, Dohm (2010) utilizou os passos:

- atribuir ponderações específicas e não lineares, de forma a assegurar a distinção das classes em termos de confiança - baixo (1), médio (3) ou alto (5).
- multiplicar cada fator por um *rating* de confiança - escala de 0 (sem confiança) a 5 (alta confiança).
- adicionar os *scores* para todos os fatores no modelo de blocos para produzir um índice de classificação de recursos total para cada bloco.
- comparar o índice de classificação de recursos com intervalos predefinidos para Recursos Inferidos, Indicados e Medidos.
 - Para a classificação de recurso inferido, a pontuação total seja equivalente a pelo menos baixa confiança (*rating* 2) para cada um dos fatores selecionados.
 - Para a classificação de recurso indicado, pelo menos metade da pontuação total possível deve ser atingida.

Este método é variável de acordo com especificidade do depósito e distingue diferentes campanhas de coleta de dados, o que é um aspecto essencial ao lidar com uma grande quantidade de dados históricos, que foram obtidos com níveis de precisão, geralmente, menores do que os padrões atuais.

I.6 - 15% + Scorecard Parker & Dohm (2014)

No evento Finex 2014 (*The Julius Wernher Lecture*), organizado pelo IOM3 e *The Geological Society* em Londres, Harry Parker e Christina Dohm detalharam suas metodologias, individualmente descritas nos itens anteriores. Nesta oportunidade de discussão, os autores destacam alguns pontos da utilização da metodologia da medida de confiança na estimativa de recursos baseada em períodos de produção, organizadas na Figura K.3, utilizando os seguintes componentes:

- período de tempo ou incremento de produção;
- intervalo de confiança e probabilidade dentro do intervalo; e
- magnitude: $\pm\%$.

RECURSOS			RESERVAS	
INFERIDOS	INDICADOS	MEDIDOS	PROVÁVEIS	PROVADAS
Conhecimento geológico insuficiente para estabelecer níveis de confiança	± 15% de precisão com 90% de aumento na confiança sobre a produção anual	± 15% de precisão com 90% de aumento na confiança sobre a produção trimestral	± 15% de precisão com 90% de aumento na confiança sobre a produção trimestral	± 15% de precisão com 90% de aumento na confiança sobre a produção mensal
★☆☆	★☆☆	★★★	🥉	🏆

Figura K.3 – Critérios para uso da “regra dos 15% | regra de Harry Parker”
Fonte: Parker & Dohm (2014, tradução nossa).

Outras menções dos autores quanto às classificações de recursos minerais:

- medido: os valores realizados estarão entre 85 e 115% da estimativa, durante 90% do tempo (mensal) e são usados para planejamento dos fluxos de caixa do orçamento operacional. Se o erro for inferior a 15%, é possível retrabalhar o plano de mina e evitar perdas;
- indicado: os valores realizados estarão entre 85 e 115% da estimativa, durante 90% do tempo (anual) e os incrementos de produção anual são normalmente usados para fluxos de caixa de pré-viabilidade e viabilidade. É possível que ficar abaixo de 85% da estimativa, na razão de 1:20 (1 ano a cada 20 anos), sendo considerado o risco normal do negócio. Se o valor realizado for inferior a 85%, muitas vezes a mina terá uma perda; e
- inferido: quando não atender critérios acima.

Os autores discutem sobre a melhor forma de determinar a incerteza nas estimativas, e recomendam o uso de simulações, da seguinte maneira:

- executar múltiplas realizações do modelo de blocos, obtendo histograma e variância para cada bloco;
- executar um *pit design* para cada realização de teor, mantendo as outras entradas iguais. Onde houver variância muito alta entre as realizações, a classificação do recurso será baixa; e
- planejar a realização de sondagens adicionais nas áreas de alta incerteza para sua redução.

Sobre o método *Balanced Scorecard* (BSC), os autores destacam que o utilizam para avaliar os principais aspectos da estimativa de recursos e facilitar revisão por pares, de forma a aumentar a transparência em declarações públicas. Recomendam que, dentre os vários fatores-chave considerados para avaliação e uso do BSC na classificação, devem compreender os aspectos listados no Quadro K.2.

Parâmetro	Descrição
Geometria do corpo de minério	<ul style="list-style-type: none"> • Detalhar a confiança geológica, com base na compreensão da geometria e complexidade estrutural • Indicar os métodos de sondagem • Detalhar o nível de confiança nos dados de perfilagem, locação e profundidade do furo • Apresentar os dados de acordo com a malha de sondagem (espaçamento)

(cont.)

(cont.)

Integridade de dados	<ul style="list-style-type: none"> • Detalhar as campanhas de amostragem e resultados analíticos • Apresentar os resultados de QAQC • Descrever as medidas para garantir a segurança dos dados
Correlação espacial	<ul style="list-style-type: none"> • Indicar a qualidade dos variogramas, covariogramas e correlogramas
Metodologia de estimativa	<ul style="list-style-type: none"> • Discutir a incerteza da estimativa (eficiência de krigagem, <i>slope of regression</i>) • Apresentar as técnicas de validação utilizadas
Densidade	<ul style="list-style-type: none"> • Descrever método de determinação • Discutir a estimativa da densidade (p. ex. global ou local)
Outros fatores que podem ser relevantes	<ul style="list-style-type: none"> • mineralogia • elementos de penalidade • dados geometalúrgicos

Quadro K.2 – Classificação pelo método *Balanced Scorecard*

Fonte: Parker & Dohm (2014, tradução nossa).

I.7 - Silva & Boisvert (2014)

Silva & Boisvert (2014) realizaram uma pesquisa com 120 relatórios técnicos NI 43-101 (recém-publicados no Canadá, naquele momento) para avaliar quais eram as práticas mais adotadas para a classificação de recursos, e obtiveram os resultados indicados na Tabela K.1 segmentados por método e tipo de malha de sondagem (regular ou irregular).

Tipo	% de relatórios	Malha de sondagem regular (%)	Malha de sondagem irregular (%)
SN	50	3	97
DHS	30	75	25
SN + DHS	3	42	58
SN + KV	3	0	100
KV	3	0	100
Other	10	8	92

Tabela K.1 – Critérios de qualidade da informação, sintetizadas por Dutra e Barbosa (2017)

SN - *Search Neighbourhood*: busca do vizinho mais próximo | DHS – *Drill Hole Spacing*: espaçamento do furo de sondagem | KV - *Kriging Variance*: variância de krigagem

Fonte: Silva & Boisvert (2014, tradução nossa).

As técnicas geométricas são as mais comuns, sendo DHS preferível quando a malha de sondagem é regular, geralmente na fase de operação. Essas técnicas não levam em consideração a continuidade espacial das variáveis nem a redundância entre os dados, resultando em critérios de classificação menos sensíveis aos parâmetros de modelagem. Todas as metodologias são consideradas pelos autores como alternativas viáveis para classificação de recursos, sendo responsabilidade do PQ a avaliação e adequação do resultado final, com base no conhecimento do depósito. Os autores discutem as vantagens e desvantagens de cada método, inclusive quando usados em combinação, e propõem duas novas técnicas:

A primeira é baseada na variância da krigagem, com remoção dos furos com os maiores pesos durante a realização da krigagem e uso da variância da krigagem resultante para classificação. A segunda é baseada na simulação condicional e usa uma abordagem de janela móvel para classificação na resolução da SMU (*Selective Mining Unit* ou Unidade Seletiva de Lavra) desejada com base em critérios de maior volume de produção. (SILVA & BOISVERT, 2014, tradução nossa).

I.8 - Sistema de Classificação de Recursos Minerais *Mineral Resource Classification System (MRCS)* Duggan et al. (2017)

A metodologia *Balanced Scorecard* (BSC) é utilizada para classificação de diamantes pela De Beers há muitos anos, de forma semi-quantitativa e ajustada ao negócio, tendo sido testada em diversos tipos de depósitos e mineralizações e consensuada por muitos especialistas e consultores, para atender aos princípios de transparência, materialidade e competência dos códigos internacionais, em múltiplas jurisdições onde a empresa atua. A Figura K.4 ilustra a metodologia desenvolvida e no artigo são detalhados os passos padronizados que devem ser executados durante o processo de classificação, que inclui a atribuição do projeto ao(a) Profissional Qualificado(a), revisão por pares (*peer review*) e auditoria independente.

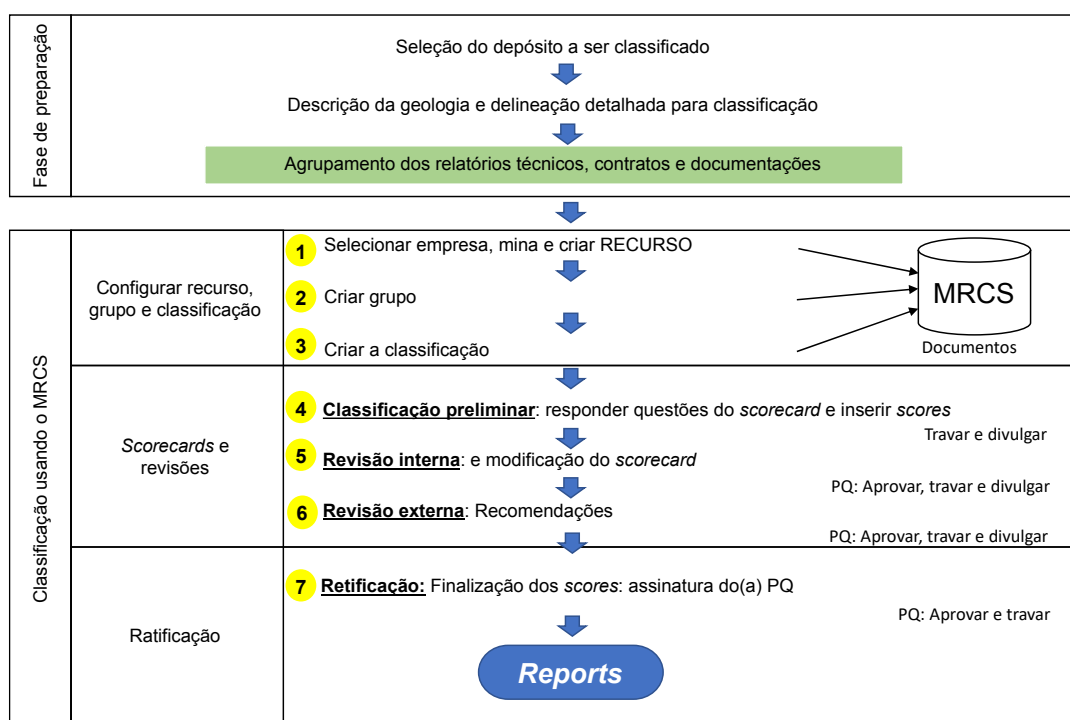


Figura K.4 – Metodologia de classificação de recursos minerais da De Beers
Fonte: Duggan et al. (2017, tradução nossa).

Desenvolvido pela consultoria Z* Star Mineral Resource exclusivamente para a De Beers, devido às particularidades do segmento de diamantes, o MRCS é uma ferramenta concebida para apoiar Profissionais Qualificados(as) em processos de auditoria, projetado para simplificar o processo de classificação de recursos minerais e garantir a governança apropriada. Além de fazer as ponderações, cálculos e ranqueamento pelo BSC, o MRCS é um sistema que armazena todos os produtos do processo de classificação de recursos, de todas as operações da De Beers, com gerenciamento da documentação utilizada (inclusive procedimentos de amostragens, modelos geológicos, relatórios de estimativas, auditorias e revisões, em diversos formatos de arquivos) e justificativas para cada decisão tomada. Os dados e documentos são armazenados no banco de dados Microsoft SQL Database Central em plataforma Windows.

A concepção do sistema incluiu algumas opções e vínculos adicionais, tais como a avaliação precisa do desempenho da empresa, com base em dados históricos de produção, com a associação do(a) Profissional Qualificado(a) a cada ciclo de declaração, por operação ou projeto específico, e tema sob responsabilidade.

O método de pontuação (*scoring*) é baseado na atribuição de 84 questões distribuídas em cinco variáveis (Geologia | Teor | Receita | Volume | Densidade), agrupadas em oito subcategorias.

Cada questão tem uma pontuação diferente, que deve ser respondida conforme níveis de confiança graduados (Sem confiança | Parcialmente | Extensivamente | Completamente). Com o preenchimento do nível de atendimento, o sistema indica o *score* individual de cada uma das questões.

A Figura K.5 apresenta um exemplo de aplicação da Questão 6, da Subcategoria Integridade da Amostra, sobre a precisão da perfilagem. Existem algumas dicas de preenchimento para cada questão e é registrada a resposta discursiva, com atribuição de confiança.

A Figura K.6 apresenta o exemplo da atribuição dos pesos de acordo com as variáveis e as subcategorias. A pontuação total de cada variável é 100. Cada modelo atinge uma pontuação agregada e uma média geral ponderada, cujos intervalos e limites de *scores* são lustrados na Figura K.7.

INTEGRIDADE DA AMOSTRA (15 pontos)

Questão 6

Quão exato o posicionamento topográfico da boca do furo foi conduzido e utilizado para cada técnica de amostragem de teor?

Dica:

Posicionamento exato para dados de teor são imperativos. É aplicável a:

- (i) *As coordenadas da superfície da boca do furo (Collars), excavações em trincheiras ou qualquer método de amostragem; e*
- (ii) *O desvio da trajetória do furo (perfilagem), preferencialmente pelo método Gyro.*

Resposta:

A boca do furo foi medida por Schramm, os furos são verticais. Amostras de grande volume apenas pelo centroide do bloco.

Nível de confiança: 10 (Máximo 15)

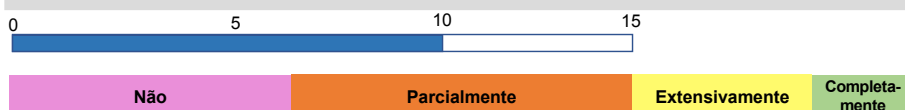


Figura K.5 – Exemplo de aplicação da questão sobre integridade da amostra

Fonte: Duggan et al. (2017b, tradução nossa).

SUBCATEGORIAS	VARIÁVEIS				
	GEOLOGIA	TEOR	RECEITA	VOLUME	DENSIDADE
	Peso 3	Peso 3	Peso 3	Peso 2	Peso 1
Técnicas de conhecimento (*)	20				
Integridade dos dados amostras (**)	20	15	30	30	20
Representatividade das amostras	20				
Precisão das amostras (***)		15			
Programa de amostragem		15			
Metodologia de estimativa		20	30	20	20
Definição do modelo geológico	40				
Outras técnicas de análise de risco		40	40	40	40
TOTAL	100	100	100	100	100

Figura K.6 – Exemplo de aplicação dos scores para cada um dos grupos de questões, relevantes para cada variável, com indicação do peso.

Notas: (*) técnicas de conhecimento se referem à aplicação de métodos apropriados | (**) integridade da amostra (e dos dados) está associada a procedimentos, questões de segurança, métodos de registro, precisão de posicionamento etc. | (***) precisão de amostragem se refere a como amostra foi medida e reproduzida.

Fonte: Duggan et al. (2017b, tradução nossa).

DEPÓSITO	RECURSO INFERIDO	RECURSO INDICADO	RECURSO MEDIDO
0	30	70	90 100

Figura K.7 – Classes de recursos minerais, de acordo com a aplicação do MRCS

Fonte: Duggan et al. (2017b, tradução nossa).

A Figura K.8 ilustra o modelo de saída da aplicação do MRCS, com a indicação da classificação resultante, em um certificado assinado pelo(a) PQ.

RESUMO MRSC			
Operação: ORAPA			
Projeto: XYZ			
Grupo: Dados históricos			
Classificação: XYZ_ago2014			
Status: Retificado			
Data do Relatório: 11/05/2016			
MODELO	SCORE	PESOS	SCORE FINAL
DENSIDADE	80	1	80
GEOLOGIA	80	3	240
TEOR	77	3	231
RECEITAS	74	3	222
VOLUME	78	2	156
TOTAL	78		77
Categoria de classificação do recurso mineral: INDICADO			
Assinatura:			
Data:			

Figura K.8 – Modelo do resumo da aplicação do MRCS, com a indicação da classificação
 Fonte: Duggan et al. (2017b, tradução nossa).

I.9 - Control-to-Quality (CTQ) Sans & Trotet (2010)

Sans & Trotet (2010) foram os primeiros autores (talvez únicos?) a apresentarem uma metodologia inovadora e abrangente, projetada para melhorar a qualidade, integridade e representatividade dos dados geológicos coletados durante as atividades da sondagem e estabelecerem padrões de garantia e controle de qualidade (QAQC), para otimizar e garantir execução das boas práticas durante a operação das campanhas no campo, e, conseqüentemente, aprimorar o processo de classificação de recursos.

O processo de aquisição de dados foi modelado (com descrição da responsabilidade, método, procedimento, equipamento e materiais) e subdividido em seis etapas, indicadas no Quadro K.3, as quais foram devidamente monitoradas e avaliadas quanto ao seu desempenho.

Processo	Descrição	Saídas
P1 Preparação da campanha de sondagem	<ul style="list-style-type: none"> Preparar os acessos e praças de sondagem Definir nomes dos furos 	<ul style="list-style-type: none"> Nome dos furos e coordenadas das bocas Acessos e praça de sondagem
P2 Sondagem	<ul style="list-style-type: none"> Sondar todos os furos planejados na campanha Monitorar a qualidade do testemunho enquanto o furo está sendo sondado e colocado nas caixas 	<ul style="list-style-type: none"> Caixas de testemunho Coordenadas das amostras
P3 Descrição do testemunho, amostragem, acondicionamento e etiquetagem	<ul style="list-style-type: none"> Fazer a completa descrição dos testemunhos Marcar amostras, colocar nos sacos e etiquetar 	<ul style="list-style-type: none"> Descrição geológica Sacos de amostras etiquetados Duplicatas e padrões organizados
P4 Despacho para laboratório Recebimento do laboratório	<ul style="list-style-type: none"> Preparar lotes das amostras ensacadas Completar a folha de requisição para a preparação de amostras e determinação analítica Despachar os lotes para o laboratório Receber os resultados analíticos e os rejeitos do laboratório 	<ul style="list-style-type: none"> Resultados analíticos Avaliação de precisão e exatidão Rejeitos
P5 Validação dos dados	<ul style="list-style-type: none"> Realizar cheques e validações 	<ul style="list-style-type: none"> Base de dados validada Relatório de validação
P6 Armazenamento no banco de dados	<ul style="list-style-type: none"> Armazenar os dados com segurança e fazer <i>backups</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Banco de dados seguro

Quadro K.3 – Descrição dos processos de aquisição de dados de sondagem e principais produtos gerados

Fonte: Sans & Trotet (2010, tradução nossa).

A metodologia proposta por Sans & Trotet (2010) executa os seguintes passos para cada processo:

- 1) Mapear o processo e identificar as atividades e tarefas que geram os dados geológicos;
- 2) Revisar as saídas do processo e os requisitos de qualidade e desenvolver padrões e regras de qualidade;
- 3) Identificar o pessoal responsável, equipamentos e materiais necessários para realizar a sondagem, de acordo com a especificação;
- 4) Identificar controladores (“drivers”) de qualidade de processo e características Críticas para a Qualidade (CTQ – *Critical-to-Quality*);
- 5) Desenvolver um sistema de pontuação para avaliar os CTQs em relação aos padrões definidos;
- 6) Fazer grupos de qualidade de CTQs que sejam consistentes com os controladores de qualidade de processo;
- 7) Criar uma tabela de qualidade na qual cada pontuação do grupo de qualidade recebe uma ponderação e obtém uma classificação de processo entre 0 e 10;
- 8) Desenvolver uma folha de verificação que armazene as pontuações do CTQ e calcule a classificação do processo;
- 9) Criar um indicador de desempenho do processo a ser plotado em um gráfico de controle; e
- 10) Desenvolver procedimentos operacionais e instruções de trabalho de QAQC apropriados. (SANS & TROTET, 2010, tradução nossa).

Os Quadros K.4 e K.5 ilustram o detalhamento dos CTQs de dois controladores, do Processo P2.

Controladores de processo	Caraterísticas CTQ	Padrões definidos
O furo de sondagem está "no alvo"	Coordenadas Leste e Norte	A plataforma está localizada exatamente conforme marcado no solo
	Mergulho e azimute da haste Profundidade do final do furo	Mergulho e azimute são definidos com precisão de 1 grau Conforme planejada. Caso contrário, é necessária uma justificativa
O furo é "bem sondado"	Recuperação do testemunho	Maior ou igual à recuperação definida
	Contaminação Intervalo de 1 m por haste barrilete	Sem contaminação A profundidade indicada no taquinho é igual à medida (+ ou – uma tolerância definida).
As características geológicas de mineralizado são preservadas	Qualidade dos contatos entre as litologias	Os contatos são nítidos Sem mistura de litologias Sem perda de material no contato entre duas litologias

Quadro K.4 – Exemplo dos CTQs para a atividade “*Drill a hole*” (P2)

Fonte: Sans & Trotet (2010, tradução nossa).

Controladores do processo	Caraterísticas CTQ	Padrões definidos
Tipo e condição das caixas de testemunho	Tamanho da caixa	A caixa está adequada ao diâmetro do testemunho (NQ, HQ.)
	Condição antes de ser usada	As caixas de testemunho estão livres de contaminação e em bom estado
Identificação e manuseio de caixas de testemunho	Numeração das caixas	A numeração está correta e legível Sem queda das caixas de testemunho
	Manuseio seguro de caixas	A disposição das caixas de testemunho na praça de sondagem é segura
Colocação do testemunho nas caixas	Posição do testemunho	A posição do testemunho na caixa atende à regra
	Posição dos taquinhos	A posição dos taquinhos atende à regra
	Contaminação Numeração	Sem contaminação Todas as caixas são numeradas e os números aumentam com a profundidade

Quadro K.5 – Exemplo dos CTQs para a atividade “Colocar o testemunho nas caixas”

Fonte: Sans & Trotet (2010, tradução nossa).

Ao término de cada uma das atividades descritas, um formulário é preenchido pelo responsável quanto às características CTQ, com a indicação se o procedimento foi atendido ou não, para validação da variável QA. Para a variável QC, avalia-se se foi gerado algum produto defeituoso ou com mal funcionamento para todos os requisitos identificados no modelo, conforme critérios indicados na Figura K.9. O Quadro K.5 apresenta um exemplo da pontuação aplicada.

Alguns critérios são aplicados apenas uma vez por furo, outros devem ser verificados metro a metro, ou em frequências predefinidas. Cada requisito tem um peso de acordo com a percepção significativa para a qualidade total e depois, normalizada para uma pontuação global de 0 a 10. Após atribuir a pontuação para cada furo da campanha, de forma cronológica, é possível monitorar os parâmetros de QAQC, conforme ilustrado nas Figuras K.10 e K.11.

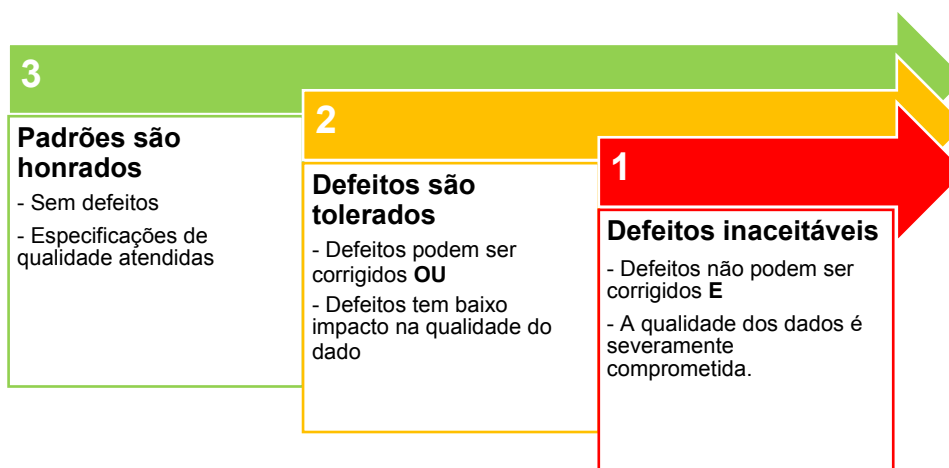


Figura K.9 – Sistema de pontuação
 Fonte: Sans & Trotet (2010, tradução nossa).

Controlador do processo	Caraterísticas CTQ	Padrões definidos	Score
Colocação do testemunho nas caixas	Contaminação	Sem contaminação	3 se o padrão é atendido
			2 se a contaminação foi resolvida
			1 se a contaminação não pode ser resolvida

Quadro 22 – Exemplo de sistema de pontuação
 Fonte: Sans & Trotet (2010, tradução nossa).

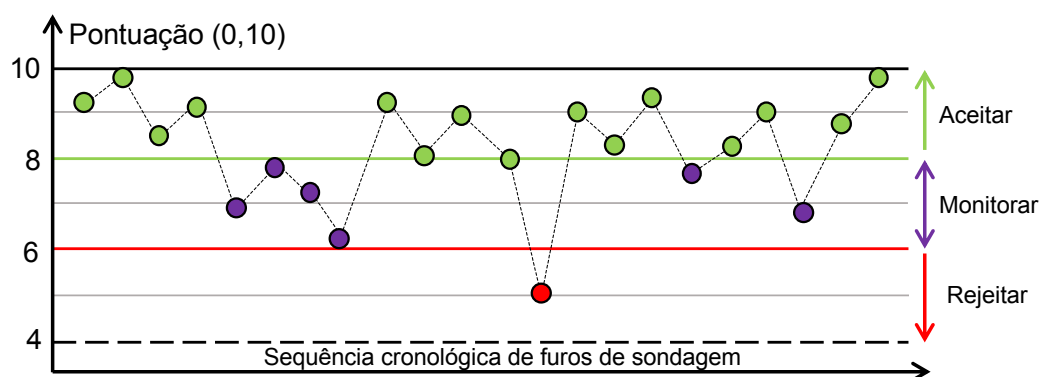


Figura K.10 – Exemplo de pontuação global do P2
 Fonte: Sans & Trotet (2010, tradução nossa).

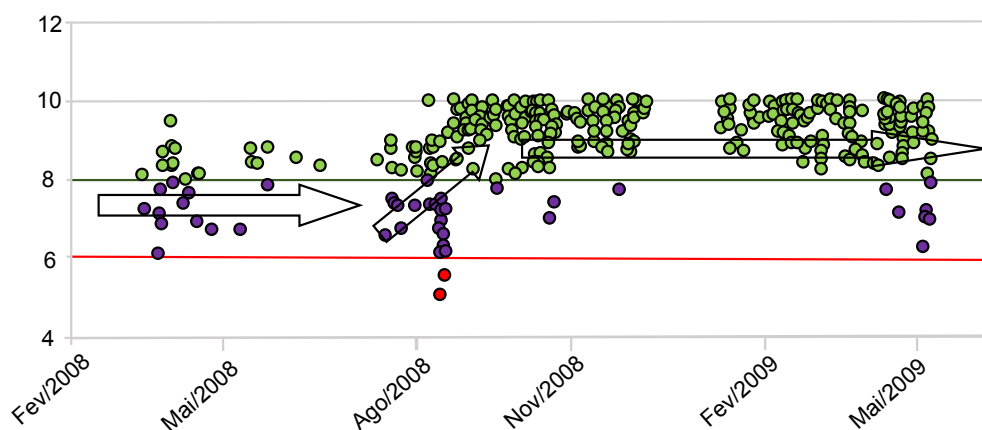


Figura K.11 – Exemplo de monitoramento cronológico da pontuação global do P2
 Fonte: Sans & Trotet (2010, tradução nossa).

Com o monitoramento da qualidade, foi possível identificar os problemas, verificar possíveis causas, preparar planos de ações corretivas para cada etapa e avaliar as consequências.

Os autores concluíram que os resultados mostraram que a implantação desta metodologia aumentou a confiabilidade, integridade e rastreabilidade dos dados e contribuiu para a redução dos custos da sua aquisição, com a correção de desvios em tempo real, além de otimizar o planejamento das campanhas, reduzir riscos associados à definição dos modelos de recursos, aumentar a eficiência do uso da informação, dentre outros ganhos.

ANEXO J – Definições padronizadas dos códigos internacionais, segundo Guia CBRR (2016)

Termo		Definição padronizada
Português	Inglês	
Mineral*	<i>Mineral</i>	Mineral é qualquer substância, extraída para aproveitamento econômico, que ocorre naturalmente na, ou sobre a Terra, na água ou submersos ou em rejeitos, resíduos ou pilhas, tendo sido formada por, ou submetida a um processo geológico, excluindo água, petróleo e gás.
Declarações públicas	<i>Public Reports</i>	Declarações públicas são preparadas para informar investidores ou potenciais investidores e seus conselheiros sobre os Resultados de Exploração, Recursos Minerais ou Reservas Minerais. Elas incluem, mas não se limitam a relatórios anuais ou trimestrais das entidades, notas à imprensa, memorandos informativos, documentos técnicos, publicações em <i>websites</i> e apresentações públicas.
Profissional qualificado	<i>Competent Person</i>	Profissional da indústria mineral registrado junto à Comissão Brasileira de Recursos e Reservas (CBRR) ou de uma Organização Profissional Reconhecida (OPR), presente na lista disponível no Anexo 3. A CBRR e as OPRs têm processos disciplinares executórios aplicáveis, incluindo os poderes para suspender ou excluir membros. Um Profissional Qualificado registrado junto a CBRR deve ter no mínimo 10 (dez) anos de experiência profissional e no mínimo 5 (cinco) anos de experiência relevante no estilo de mineralização e tipo de depósito considerado e na atividade sobre a qual a pessoa assume responsabilidade, incluindo pelo menos 3 (três) anos em Posição de Responsabilidade.
Fatores modificadores	<i>Modifying Factors</i>	Fatores Modificadores são considerações usadas para converter Recursos Minerais em Reservas Minerais. Isso inclui, mas não se limitam a considerações sobre: a lavra, o processamento, a metalurgia, a infraestrutura, a economicidade, o mercado, os aspectos legais, ambientais, sociais e governamentais.
Resultado de Exploração	<i>Exploration Results</i>	Resultados de Exploração incluem dados e informações gerados por programas de exploração mineral que podem ser úteis a investidores, mas que não fazem parte de uma declaração de Recursos Minerais ou Reservas Minerais.
Potencial Exploratório	<i>Exploration Targets</i>	Uma estimativa de Potencial Exploratório com base em Resultados de Exploração relativos a um corpo mineralizado para o qual não houve ainda exploração suficiente para estimar Recursos Minerais, é expressa como intervalo de tonelagens e de teores (ou qualidade).
Recurso Mineral	<i>Mineral Resources</i>	Um Recurso Mineral é uma concentração ou ocorrência de material sólido de interesse econômico dentro ou na superfície da crosta terrestre onde forma, teor ou qualidade e quantidade apresentem perspectivas razoáveis de extração econômica. A localização, quantidade, teor ou qualidade, continuidade ou outras características geológicas do Recurso Mineral são conhecidos, estimados ou interpretados a partir de evidências e conhecimento geológicos específicos, incluindo amostragem.
Recurso Mineral Inferido	<i>Inferred Mineral Resources</i>	Um Recurso Mineral Inferido é aquela parte de um Recurso Mineral para o qual a quantidade e o teor ou qualidade são estimados com base em evidências geológicas e amostragem limitadas. Evidências geológicas são suficientes para sugerir, mas não para atestar a continuidade geológica e o teor ou qualidade. Um Recurso Inferido tem um nível de confiabilidade mais baixo do que aquele que se aplica a um Recurso Mineral Indicado e não deve ser convertido em uma Reserva Mineral. É razoável esperar que a maioria dos Recursos Minerais Inferidos possa ser convertida para Recursos Minerais Indicados com a continuidade da exploração.
Recurso Mineral Indicado	<i>Indicated Mineral Resources</i>	Um Recurso Mineral Indicado é a parte de um Recurso Mineral para o qual a quantidade, o teor ou qualidade, a densidade, a forma e as características físicas são estimadas com confiabilidade suficiente para permitir a aplicação de Fatores Modificadores em detalhe suficiente para embasar o planejamento de mina e a avaliação da viabilidade econômica do depósito. Evidências geológicas são derivadas de exploração, amostragem e testes com detalhamento adequado e são confiáveis e suficientes para assumir a continuidade geológica e o teor ou qualidade entre os pontos de observação. Um Recurso Mineral Indicado tem um nível mais baixo de confiabilidade do que o aplicado a um Recurso Mineral Medido e pode ser convertido apenas em Reserva Mineral Provável.

Termo Português	Inglês	Definição padronizada – Guia CBRR (2016)
Recurso Mineral Medido	<i>Measured Mineral Resources</i>	Um Recurso Mineral Medido é a parte de um Recurso Mineral para a qual a quantidade, o teor ou qualidade, as densidades, as formas e as características físicas são estimadas com confiança o suficiente que permitam a aplicação dos Fatores Modificadores para embasar o planejamento de mina detalhado e uma avaliação final de viabilidade econômica do depósito. Evidências geológicas são derivadas de exploração, amostragem e testes detalhados e confiáveis e são suficientes para confirmar a continuidade geológica e o teor ou qualidade entre os pontos de observação. Um Recurso Mineral Medido tem um nível mais alto de confiabilidade do que aquele aplicado tanto a um Recurso Mineral Indicado quanto a um Recurso Mineral Inferido. Ele pode ser convertido em Reserva Mineral Provada ou em Reserva Mineral Provável.
Reserva Mineral	<i>Mineral Reserves</i>	Uma Reserva Mineral é a parte economicamente lavrável de um Recurso Mineral Medido e/ou Indicado. Isso inclui diluição e perdas que podem ocorrer quando o material é lavrado ou extraído e é definido apropriadamente pelos estudos nos níveis de Pré-Viabilidade ou de Viabilidade que incluem a aplicação de Fatores Modificadores. Tais estudos demonstram que, no momento da declaração, sua extração pode ser adequadamente justificada. Deve-se demonstrar o ponto de referência no qual as Reservas são definidas. Normalmente é o ponto onde o minério é entregue na planta de beneficiamento. É importante, em todas as situações onde esse ponto de referência é diferente, tal como para um produto vendável, que um esclarecimento seja incluído para garantir que o leitor está totalmente informado sobre o que está sendo declarado. Uma Reserva Mineral Provável é a parte economicamente lavrável de um Recurso Mineral Indicado e, em algumas circunstâncias, de um Recurso Mineral Medido.
Reserva Mineral Provável	<i>Probable Mineral Reserves</i>	A confiabilidade nos Fatores Modificadores aplicados a uma Reserva Mineral Provável é mais baixa do que nos fatores aplicados a uma Reserva Mineral Provada.
Reserva Mineral Provada	<i>Proved Mineral Reserves</i>	Uma Reserva Mineral Provada é a parte economicamente lavrável de um Recurso Mineral Medido. Uma Reserva Mineral Provada implica em um alto grau de confiança nos Fatores Modificadores.
Estudo Conceitual	<i>Scoping Study</i>	Um Estudo Conceitual é um estudo de ordem de magnitude técnica e econômica da potencial viabilidade de Recursos Minerais que inclui avaliação adequada de Fatores Modificadores realisticamente considerados junto com quaisquer outros fatores operacionais relevantes que sejam necessários para demonstrar no momento da declaração que a progressão para Estudos de Pré-Viabilidade pode ser satisfatoriamente justificada.
Estudo de Pré-Viabilidade	<i>Pre-Feasibility Study</i>	Estudos de Pré-Viabilidade são estudos abrangentes de uma gama de opções para viabilidade técnica e econômica de um projeto mineral que tenha atingido um estágio em que um método preferencial de lavra, no caso de mina subterrânea, ou uma configuração de cava, no caso de mina a céu aberto, tenha sido estabelecido e um método efetivo de processamento mineral tenha sido definido. Isso inclui uma análise financeira baseada em premissas razoáveis sobre os Fatores Modificadores e a avaliação de quaisquer outros fatores relevantes que sejam suficientes para um Profissional Qualificado determinar, razoavelmente, se todo ou parte do Recurso Mineral pode ser convertido em Reserva Mineral no momento da declaração. Estudos de Pré-Viabilidade estão em um nível mais baixo de confiabilidade do que os Estudos de Viabilidade.
Estudo de Viabilidade	<i>Feasibility Study</i>	Estudos de Viabilidade são estudos técnicos e econômicos abrangentes da opção de desenvolvimento selecionada para o projeto mineral que inclui avaliações detalhadas e adequadas de Fatores Modificadores aplicáveis junto com quaisquer outros fatores operacionais e análises financeiras detalhadas, que sejam necessárias para demonstrar, no momento da declaração, que a extração é satisfatoriamente justificada (economicamente lavrável). Os resultados do estudo podem servir de forma razoável como base para uma decisão final de um proponente ou instituição financeira para proceder com ou financiar o desenvolvimento do projeto. O nível de confiabilidade do estudo será mais elevado do que aquele dos Estudos de Pré-Viabilidade.

(*) este termo faz parte das definições padronizadas do ITR CRIRSCO (2019), mas estava indicada no Guia CBRR (2016), tendo sido traduzido e acrescentado neste estudo.

ANEXO K – Itens da lista de verificação do ITR CRIRSCO (2019)

Seções	Item
Introdução	Geral
Seção 1: Escopo do Projeto	1.1 Localização
	1.2 Descrição da propriedade
	1.3 Propriedades adjacentes
	1.4 Histórico
	1.5 Aspectos legais e licenciamentos
	1.6 <i>Royalties</i>
	1.7 Responsabilidades legais
Seção 2: Arcabouço Geológico, Depósito, Mineralização	2.1 Arcabouço Geológico, Depósito, Mineralização
Seção 3: Exploração e Sondagem, Técnicas e Dados de Amostragem	3.1 Exploração
	3.2 Técnicas de Sondagem
	3.3 Método de amostragem, coleta, captura e armazenamento
	3.4 Preparação de amostras e análises
	3.5 Governança da amostragem
	3.6 Controle de Qualidade / Garantia de Qualidade
	3.7 Densidade
	3.8 Amostragem de grande volume e/ou lavra experimental
Seção 4: Estimativa e Declaração de Resultados de Exploração, Recursos Minerais e Reservas Minerais	4.1 Modelo geológico e interpretação
	4.2 Estimativa e técnicas de modelagem
	4.3 Perspectivas razoáveis para eventual extração econômica
	4.4 Critérios de classificação
	4.5 Declaração
Seção 5: Estudos Técnicos	5.1 Introdução
	5.2 Plano de lavra
	5.3 Testes metalúrgicos
	5.4 Infraestrutura
	5.5 Meio Ambiente e Licença Social
	5.6 Estudos de mercado e critérios econômicos
	5.7 Análise de risco
	5.8 Análise econômica
Seção 6: Estimativa e Declaração Reservas Minerais	6.1 Estimativa e técnicas de modelagem
	6.2 Critérios de classificação
	6.3 Declaração
Seção 7: Auditorias e Revisões	7.1 Auditorias e Revisões
Seção 8: Outras informações relevantes	8.1 Outras informações relevantes
Seção 9: Profissional Qualificado	9.1 Qualificação de Profissional(is) Qualificado(s) e equipe técnica chave
	9.2 Relacionamento com o emissor

Fonte: CRIRSCO (2019, tradução nossa).

ANEXO L – Boas práticas e recomendações dos padrões internacionais

L.1 - Amostragem, Preparação e Análise

Fonte	Definição oficial
CBRR (2016)	<ul style="list-style-type: none"> • Descrição do tipo de amostra e método de coleta de amostra. • Discussão da qualidade da amostra, tamanho, representatividade (recuperação amostral, amostragem enviesada, contaminação ou perda seletiva, e quaisquer outros fatores que possam resultar em enviesamento das amostras). • A quantidade e a qualidade dos dados amostrais são fundamentais para a confiabilidade das estimativas de recursos e devem ser bem documentados. • Verificação da adequação da preparação da amostra é necessária.
CIM (2019)	<ul style="list-style-type: none"> • Todos os programas de amostragem devem ser realizados com cuidado e diligência, usando práticas de amostragem cientificamente estabelecidas, projetadas e testadas para garantir que os resultados sejam representativos e confiáveis. • Os procedimentos de preparação de amostras usados em cada programa de exploração mineral devem ser apropriados para os objetivos do programa. Quando o volume de amostras de campo é reduzido antes do envio a um laboratório para análise, procedimentos de divisão não enviesados devem ser testados, verificados e, em seguida, aplicados, para obter subamostras representativas. • Os procedimentos de preparação da amostra devem ser apropriados ao material testado e aos elementos analisados.
CRIRSCO (2019)	<ul style="list-style-type: none"> • Descrição da natureza e qualidade da amostragem, sem que esses exemplos limitem o amplo significado de amostragem. • Descrição dos processos de amostragem, incluindo estágios de subamostragem, para maximizar a representatividade das amostras, e considerar se os tamanhos das amostras são apropriados para a granulometria do material amostrado e qualquer composição da amostra. • Descrição de cada conjunto de dados (por exemplo, geologia, teor, densidade, qualidade, características geometalúrgicas etc.), tipo de amostra, seleção de tamanho de amostra e métodos de coleta. • Natureza da geometria da mineralização em relação ao ângulo do furo de sondagem (se conhecido). • A orientação da amostragem, para obter uma amostragem imparcial de possíveis estruturas, considerando o tipo de depósito. Indicação do ângulo de interseção. • Descrição do método de registro e avaliação das recuperações de amostras de testemunho e <i>chip</i> e dos resultados, medidas tomadas para maximizar a recuperação da amostra e garantir a natureza representativa das amostras, se existe uma relação entre a recuperação da amostra e o teor e se o viés da amostra pode ter ocorrido devido à perda / ganho preferencial de material fino / grosso. • O corte de uma amostra de testemunho (p. ex., se foi dividida ou serrada e se um quarto, metade ou o testemunho inteiro foi submetido à análise). • Amostragem não testemunhada (p. ex., se a amostra foi dividida por quarteamento ou por divisão rotativa etc.); se foi amostrado a úmido ou a seco; o impacto do lençol freático na recuperação e eventual introdução de vieses de amostragem ou contaminação das camadas de cima. • O impacto de diâmetros variáveis de furos (p. ex., pelo uso de caliper). • Identificação do(s) laboratório(s), status de acreditação e número de registro. • As medidas tomadas pelo profissional qualificado para garantir que os resultados de um laboratório não acreditado sejam de qualidade aceitável. • O método analítico, sua natureza, a qualidade e adequação dos processos e procedimentos de ensaio e laboratório usados e se a técnica é considerada parcial ou total. • Descrição do processo e método usado para preparação de amostra, subamostragem e redução de tamanho, e as possibilidades de inadequação ou não representatividade (p.ex., redução de tamanho imprópria, contaminação, tamanhos de peneiras, granulometria, balanço de massa etc.)

(cont.)

(cont.)

<p>NI 43-101 (2011)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Fatores que podem resultar em enviesamento da amostra; • Informações relevantes sobre a localização, número, tipo, natureza e espaçamento ou densidade das amostras coletadas e o tamanho da área coberta; • Quaisquer fatores de sondagem, amostragem ou recuperação que possam impactar materialmente a precisão e a confiabilidade dos resultados; • Métodos de preparação de amostras e medidas de controle de qualidade empregadas antes do envio de amostras para um laboratório, o método ou processo de divisão e redução de amostras e as medidas de segurança tomadas para garantir a validade e a integridade das amostras colhidas; • Informações relevantes sobre a preparação de amostras, procedimentos de análise utilizados, o nome e a localização dos laboratórios, a relação do laboratório com o emissor, e se os laboratórios são certificados por qualquer entidade padronizadora e as particularidades de qualquer certificação; • Resumo da natureza, extensão e resultados dos procedimentos de controle de qualidade empregados e ações de garantia de qualidade tomadas ou recomendadas para fornecer confiança adequada na coleta e processamento de dados; e • A opinião do autor sobre a adequação da preparação da amostra, segurança e procedimentos analíticos.
<p>S-K 1300 SEC (2018)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Descrever métodos de amostragem e qualidade da amostra, incluindo se as amostras são representativas e quaisquer fatores que possam ter resultado em viés. • Descrever a localização, número, tipo, natureza, espaçamento e densidade das amostras coletadas, e o tamanho de cobertura da área. • Descrever resultados significativos. • Métodos e procedimentos de preparação de amostras e medidas de controle de qualidade empregadas antes de enviar amostras para laboratórios analíticos, métodos de divisão e redução de amostras e as medidas de segurança tomadas para garantir a validade e a integridade das amostras. • A relação com o laboratório, e se os laboratórios são certificados por qualquer associação de padronização e os detalhes de tal certificação. • A adequação dos procedimentos de preparação de amostras, segurança e análise, na opinião do PQ. • Se os procedimentos analíticos usados não forem parte da prática convencional da indústria mineral, o(a) PQ deve justificar por que considera o procedimento apropriado.

Fonte: Citadas na coluna à esquerda, traduzido pela autora.

L.2 - QAQC e Governança

Fonte	Definição oficial
CBRR (2016)	<ul style="list-style-type: none"> • Procedimentos de QAQC adotados para coleta de amostra incluindo corte de testemunho e quarteramento de amostras devem ser implementados logo no início da exploração. • Discussão da qualidade da amostra, tamanho, representatividade (recuperação amostral, amostragem enviesada, contaminação ou perda seletiva, e quaisquer outros fatores que possam resultar em enviesamento das amostras). • Discussão se foram usadas amostras duplicadas ou métodos alternativos de amostragem para verificar a qualidade da amostra. Descrição dos métodos indiretos de medida (métodos geofísicos) e cuidados com erros (reais ou potenciais) ou desvios na interpretação. • Identificação do laboratório e do método analítico (<i>fire assay</i>, absorção atômica, espectroscopia de emissão etc.). Discussão de acreditação do laboratório, precisão e exatidão, incluindo o uso de programas de controle de qualidade (brancos, duplicatas, materiais de referência padrão ou certificados) e envio de amostras para outros laboratórios para verificação. Determinação de elementos traço, análises globais e avaliação de possíveis elementos deletérios. • Verificação das técnicas analíticas e programas de controle de qualidade são necessários. • Verificação por laboratórios independentes da preparação e análise química das amostras. • Avaliação quantitativa dos dados de QAQC. • Análise de todos os elementos de interesse e penalidades; testes físicos pertinentes a cada especificação de produto. • Discussão dos métodos usados para detectar presença de elementos deletérios ou minerais que afetarão a lavra, processamento, programas ambientais ou segurança do trabalhador.
CIM (2018, 2019)	<ul style="list-style-type: none"> • Os protocolos de QAQC devem incluir análises duplicadas de amostras de campo, britadas e pulverizadas, com inserção de brancos e materiais de referência certificados, incluídos no conjunto de amostras com frequência suficiente para fornecer confiança estatística nos resultados. • O monitoramento regular dos ensaios por um laboratório independente é considerado a melhor prática. • Descrever os critérios de aprovação / reprovação dos lotes e as ações tomadas para lidar com os resultados que estão fora dos limites de aceitação. • Procedimentos adequados de QAQC para o ensaio de determinação de densidade devem ser estabelecidos para monitorar e corrigir leituras anômalas e manter um conjunto de dados de alta qualidade. • Dados de densidade pré-existentes devem ser validados. Os procedimentos de validação incluem a duplicação de medições, o uso de procedimentos alternativos ou o uso de materiais de densidade conhecida.
JORC (2012)	<ul style="list-style-type: none"> • Procedimentos de controle de qualidade adotados para todos os estágios de subamostragem para maximizar a representatividade das amostras. • Natureza dos procedimentos de controle de qualidade adotados (por exemplo, padrões, brancos, duplicatas, cheques laboratoriais externos) e se níveis aceitáveis de exatidão (ou seja, ausência de viés) e precisão foram estabelecidos.
PERC (2021)	<ul style="list-style-type: none"> • Discussão da governança da campanha e do processo de amostragem, para garantir a qualidade e a representatividade das amostras e dados, como recuperação de amostras, alta classificação, perdas seletivas ou contaminação, diâmetro do testemunho / furo, QAQC interno e externo e quaisquer outros fatores que pode ter resultado ou identificado viés amostral. • Descrição dos procedimentos de validação usados para garantir a integridade dos dados, por exemplo, transcrição, entrada ou outros erros, entre sua coleta inicial e seu uso futuro para modelagem (por exemplo, geologia, teor, densidade etc.) • Descrição do processo e a frequência da auditoria (incluindo as datas dessas auditorias) e divulgação de quaisquer riscos materiais identificados. • Demonstração de que as técnicas adequadas de verificação do processo de amostragem de campo (QAQC) foram aplicadas, por exemplo a taxa de inserção de duplicata, branco e material de referência padronizado, auditorias de processo, análises etc. • Indicação das medidas tomadas para garantir a representatividade da amostra e a calibração apropriada de quaisquer ferramentas ou sistemas de medição usados. • Os procedimentos de QAQC usados para verificar se os bancos de dados aumentados com dados 'novos' não resultaram em corrupção de versões anteriores contendo dados 'antigos' armazenados. • Documentação do uso de qualquer laboratório de verificação independente (amostras de verificação do árbitro). Identificar o laboratório independente e detalhes de sua acreditação.

Fonte: Citadas na coluna à esquerda, traduzido pela autora.

L.3 - Qualidade dos Dados

Fonte	Definição oficial
CBRR (2016)	<ul style="list-style-type: none"> • A quantidade e a qualidade dos dados amostrais são fundamentais para a confiabilidade das estimativas de recursos e devem ser bem documentados. Deve ser dada especial atenção a esta informação. • Medidas tomadas para garantir que dados não foram corrompidos, por exemplo, pela transcrição ou por erros de identificação. • Procedimentos usados para QAQC e validação de dados. • Segurança dos dados do projeto (<i>backups</i>). • Protocolos para alteração de dados na base de dados.
CIM (2018, 2019)	<ul style="list-style-type: none"> • Manter o banco de dados em um formato digital armazenado eletronicamente usando um formato padrão documentado e um meio confiável que permita o armazenamento seguro, controles de acesso, documentação de quaisquer alterações feitas nos dados inseridos e recuperação futura fácil e completa dos dados. • Todos os dados primários coletados devem ser registrados, mesmo que não sejam usados para uma estimativa. • Os registros de dados devem possuir identificadores exclusivos (por exemplo, nome do furo de sondagem e números de amostra). Devem ser feitas distinções entre as amostras coletadas por diferentes metodologias (por exemplo, furos de circulação reversa versus furos de sondagem diamantada etc.) e uma explicação deve ser fornecida sobre como esses conjuntos de dados são integrados. • Os resultados das análises químicas devem ser registrados no banco de dados nas unidades de medida recebidas do laboratório (por exemplo, grandes valores de ppm não devem ser relatados como porcentagens). • Para resultados analíticos, um programa de verificação de dados também deve ser implementado para confirmar a precisão dos dados. • Protocolos de <i>backup</i> devem ser implementados para garantir que a qualidade, integridade e segurança do banco de dados sejam mantidas. • Os métodos analíticos e os procedimentos de preparação das amostras podem ter um efeito importante nos valores relatados e devem ser documentados. • Uma série de protocolos de gerenciamento de banco de dados que descrevem os padrões, procedimentos e medidas de segurança usados para gerenciar e atualizar o banco de dados deve ser preparada e mantida regularmente. O protocolo também deve incluir disposições para validar a precisão dos dados recém-inseridos, verificações de validação para garantir que nenhuma alteração não intencional tenha ocorrido nos dados inseridos e documentadas quaisquer alterações ou edições feitas. Este protocolo deve ser projetado para validar, armazenar e proteger não apenas dados analíticos, mas todos os dados, bem como outras informações técnicas e científicas que são usadas na preparação de estimativas de Recursos Minerais. • Sempre que várias pessoas realizam tarefas semelhantes ou quando os dados foram coletados durante um período de tempo, o geocientista deve usar um sistema de verificações e controles que assegure a qualidade e consistência dos dados que estão sendo produzidos. • Recomenda-se o armazenamento seguro fora do local, junto com <i>backups</i> frequentes de todos os dados digitais. Uma cópia arquivada do banco de dados, documentação e todos os dados de suporte usados para preparar a estimativa de recursos minerais deve ser armazenada, para fins de referência e auditoria.
CRIRSCO (2019)	<ul style="list-style-type: none"> • Elementos de dados primários (observações e medições) usados para o projeto e uma descrição da gestão e verificação desses dados ou do banco de dados. • Descrição dos seguintes processos relevantes: aquisição (captura ou transferência) validação integração controle armazenamento recuperação <i>backup</i>. • Procedimentos de validação usados para garantir a integridade dos dados, por exemplo, transcrição, entrada ou outros erros, entre sua coleta inicial e seu uso futuro para modelagem (por exemplo, geologia, teor, densidade etc.). • Descrever: <ul style="list-style-type: none"> ○ Densidade, distribuição e confiabilidade dos dados e se a qualidade e a quantidade das informações são suficientes para embasar declarações, feitas ou inferidas, sobre o depósito. ○ Métodos de aquisição de dados ou técnicas de exploração, natureza, nível de detalhe e confiança nos dados geológicos usados. ○ Conjuntos de dados com todos os metadados relevantes, como número de amostra exclusivo, massa de amostra, data de coleta, localização espacial etc. ○ Se os dados não forem armazenados digitalmente, apresentação de tabelas impressas à mão com dados e informações bem-organizados. ○ Reconhecimento e avaliação de dados de outras partes e referência a todos os dados e informações usados de outras fontes.

Fonte: Citadas na coluna à esquerda, traduzido pela autora.

L.4 - Densidade

Fonte	Definição oficial
CBRR (2016)	<ul style="list-style-type: none"> • Discussão de como a densidade foi determinada (assumida, medida ou estimada). • Se assumida, quais suposições foram feitas e em que bases. • Se for medida, por qual método e quão abundante e representativos são os dados de densidade. • Se estimada, qual metodologia foi usada para estimar a densidade. • Discussão se diferentes valores de densidade foram utilizados em diferentes partes do depósito e por quê. • Indicação se foi declarada em base seca ou úmida.
CIM (2018, 2019)	<ul style="list-style-type: none"> • A coleta de informações de densidade, desde o início do programa de exploração, deve ser feita não apenas para o material mineralizado, mas também para o material não mineralizado adjacente. • A densidade de amostras representativas deve ser medida e registrada em intervalos apropriados, usando um método apropriado para o tipo da amostra. • A escolha dos métodos para determinação da densidade de um determinado depósito dependerá das características físicas da mineralização e do método de amostragem disponível. • A determinação dos valores de densidade para o depósito é uma parte tão importante da estimativa quanto a determinação do volume ou teor da mineralização. • Os métodos usados para determinar os valores de densidade devem ser descritos em detalhes e devem levar em consideração quaisquer espaços vazios ou cavidades que possam estar presentes para evitar a superestimativa da tonelagem. • Fatores como mineralogia, intemperismo, alteração primária e teor de umidade podem ser altamente variáveis e ter controle significativo sobre a densidade. • O número de medições necessárias depende da variabilidade da densidade para cada tipo de material e para qualquer depósito mineral, sendo preferível a medição direta da densidade para cada amostra. • A densidade do estéril também deve ser determinada. • Em certos casos, a densidade de uma amostra pode ser estimada usando uma fórmula que depende da química ou da mineralogia da amostra. Os dados e métodos usados para derivar tal fórmula devem ser claramente documentados. • O monitoramento da coleta de valores de densidade e a aplicação de procedimentos de controle de qualidade são recomendados para novos dados coletados. • Documentar todos os procedimentos de coleta e medição de densidade.
CRIRSCO (2019)	<ul style="list-style-type: none"> • O método de determinação da densidade com referência à frequência das medições, o tamanho, a natureza e a representatividade das amostras. • Estimativas preliminares ou base de suposições feitas para a densidade aparente. • A representatividade das amostras de densidade. • A medição da densidade aparente para material fragmentado usando métodos que consideram adequadamente os espaços vazios (cavidades, porosidade etc.), umidade e diferenças entre rochas e zonas de alteração dentro do depósito.

Fonte: Citadas na coluna à esquerda, traduzido pela autora.

L.5 - Cadeia de Custódia e Retenção das Amostras

A rastreabilidade da amostra, desde sua coleta até a entrada no laboratório é garantida por boas condutas em toda a cadeia de custódia. Desde a sondagem, quando da colocação dos testemunhos em caixas, durante sua identificação, e o transporte até galpões, devem ser coletadas informações dos profissionais responsáveis pelo manuseio, descrição, amostragem, recebimento, armazenamento e análise, com rastreabilidade de todo o processo.

Fonte	Definição oficial
CBRR (2016)	<ul style="list-style-type: none"> • Descrição da política de retenção e armazenamento de amostras físicas (por exemplo, testemunhos, rejeitos de amostra etc.). • As medidas tomadas para garantir a segurança de amostra e cadeia de custódia devem ser documentadas. • Retenção de rejeito de amostra, polpas e testemunho remanescente.
CIM (2018)	<ul style="list-style-type: none"> • Um geocientista deve supervisionar a coleta de amostra e garantir que uma cadeia de custódia das amostras seja estabelecida e registrada. • O programa deve reter e arquivar uma fração representativa do material do furo de sondagem para referência futura. • No estágio de exploração, deve-se reter parte do testemunho e o rejeito da amostra não utilizada, remanescente do processo analítico. Sempre que o material não for retido, o geocientista deve documentar o motivo pelo qual não foi retido. • Estabelecer os procedimentos para necessidades futuras de testes e estudos metalúrgicos, geotécnicos e ambientais. • O uso de etiquetas de metal é recomendado para identificar o furo de sondagem, caixa de testemunho e intervalo contido. Uma etiqueta deve ser fixada com firmeza por um meio resistente às intempéries na parte externa de cada caixa do testemunho e em um local consistente dentro da caixa do testemunho. • Para treinamento e referência, o projeto deve reter um conjunto de amostras de testemunho (diamantada) ou <i>chip</i> (circulação reversa) que exibam as características representativas das rochas hospedeiras, assinaturas de alteração e estilos de mineralização relevantes para a propriedade.
CRIRSCO (2019)	<ul style="list-style-type: none"> • As medidas tomadas para garantir a segurança da amostra e a Cadeia de Custódia. • O processo e a frequência da auditoria (incluindo as datas) e divulgação de quaisquer riscos materiais identificados.
JORC (2012)	<ul style="list-style-type: none"> • Medidas tomadas para garantir a segurança da amostra. • Processo de auditoria acreditado. • Se as amostras foram seladas após a coleta. • Amostras de auditoria tratadas em instalações alternativas. • Validação cruzada de pesos de amostra, úmidos e secos, com volume e densidade do furo, fator de umidade.
NI 43-101 (CSA, 2011)	<ul style="list-style-type: none"> • Medidas tomadas para garantir a validade e integridade das amostras coletadas. • A opinião do autor sobre a segurança.

Fonte: Citadas na coluna à esquerda, traduzido pela autora.

L.6 - Sondagem, Geologia e outros requisitos relevantes

Fonte	Definição oficial
CBRR (2016)	<ul style="list-style-type: none"> • Deve-se prestar especial atenção à localização da sondagem e de outros dados geológicos, medidas de desvio, incluindo perfilagem. • Se a localização das amostras não for bem conhecida, o efeito sobre as estimativas de recursos deve ser considerado. • A localização da boca do furo deve ser precisa e a adequação da técnica de medida de desvio deve ser revista e comentada. Se mais de um sistema de coordenadas estiver em uso no projeto, a relação entre os sistemas precisa ser estabelecida e verificada. • Mudanças na declinação magnética com o tempo devem ser contabilizadas e documentadas.
CIM (2019)	<ul style="list-style-type: none"> • Os levantamentos de desvio da trajetória do furo de sondagem devem ser realizados em intervalos regulares usando técnicas e instrumentação adequadas ao tamanho do furo, ângulo e comprimento dos furos e à natureza magnética das rochas hospedeiras. • As recuperações do testemunho ou da amostra devem ser anotadas nas descrições. • Todas as informações geológicas coletadas nos <i>logs</i> dos furos de sondagem devem usar legenda geológica padrão que seja consistente com as informações da propriedade. • As informações de posicionamento de dados devem ser relativas a um sistema de coordenadas comum e devem incluir a metodologia e a precisão usadas para obter essas informações. A localização precisa dos pontos de dados é essencial, e procedimentos adequados de levantamento de desvios e sistemas de controle de qualidade devem ser estabelecidos para garantir um alto grau de confiança. Se os pontos de dados estiverem localizados em relação a um mapa particular ou sistema de coordenadas, esses dados de referência devem ser incluídos como parte do banco de dados, o mapa devidamente identificado e o sistema de coordenadas claramente declarado. Os sistemas de projeção usados também devem ser descritos. • O registro do testemunho de sondagem ou chips de amostras deve ser realizado por pessoal qualificado e competente que tenha o treinamento adequado e experiência suficiente. • Os logs requerem uma descrição das litologias, tipos e intensidades de alteração, tipos e intensidades de mineralização, tipo, quantidade e distribuição de minerais ou materiais potencialmente econômicos, tipos e intensidades estruturais, dados hiperespectrais e informações geotécnicas. • Fotografias do testemunho antes da divisão também devem ser tiradas como parte do processo de descrição e armazenadas para referência futura. • Os ângulos de interseção de determinadas estruturas geológicas, medidos em relação ao eixo ou perpendicular ao furo, também são registrados como parte do programa. Para depósitos que são estruturalmente controlados, o testemunho orientado fornece uma melhor descrição espacial de características estruturais e melhora os valores preditivos de modelos com base em medições estruturais.
CRIRSCO (2019)	<ul style="list-style-type: none"> • Os métodos para levantamento da boca do furo e do desvio da trajetória, técnicas e precisões esperadas de dados, bem como o sistema de coordenadas usado. • Discussão sobre a suficiência do espaçamento e distribuição dos dados para estabelecer o grau de continuidade geológica e de teor apropriado para o(s) procedimento(s) de estimativa e classificação aplicados. • Apresentação de modelos representativos e / ou mapas e seções transversais ou outras ilustrações bidimensionais ou tridimensionais de resultados mostrando a localização de amostras, posições precisas dos furos de sondagem, levantamentos de desvio da trajetória, poços de exploração, trabalhos subterrâneos, dados geológicos relevantes etc. • Tipo de sondagem realizada e detalhes (p. ex. diâmetro do testemunho, se o testemunho é orientado e, em caso afirmativo, por qual método etc.). • Descrição geológica e geotécnica dos testemunhos e amostras de <i>chip</i> de acordo com o nível de detalhe para apoiar a estimativa de recursos minerais, planos de lavra e metalurgia. • Natureza da descrição (qualitativo ou quantitativo) e o uso da fotografia dos testemunhos. • Comprimento total e a porcentagem das interseções relevantes descritas. • Resultados de quaisquer medidas de desvio da trajetória do furo de sondagem.
S-K 1300 SEC (2018)	<ul style="list-style-type: none"> • Descrever os procedimentos e parâmetros para registro do posicionamento e desvio dos furos. • Apresentar a interpretação do(a) PQ sobre as informações da exploração mineral. • O(a) PQ deve fornecer informações sobre todas as amostras ou furos de sondagem que suportaram a declaração. Se alguma informação for excluída, deve identificar a informação omitida e explicar por que a informação não é material. • O TRS deve incluir mapas da propriedade indicando a localização de todos os furos de sondagem e outros locais de amostragem.

Fonte: Citadas na coluna à esquerda, traduzido pela autora.

L.7 - Classificação de recursos minerais

Fonte	Definição oficial
CBRR (2016)	<ul style="list-style-type: none"> • Descrição e justificativa dos critérios utilizados para classificar o recurso, incluindo a relação com as premissas de teores de corte. • Para classificar um recurso como Medido ou Indicado, deve haver um nível razoavelmente elevado de confiança em relação à qualidade das informações utilizadas para estimar este recurso, bem como na interpretação dessas informações.
CIM (2019)	<ul style="list-style-type: none"> • Visto que cada estimativa contém seu próprio conjunto único de condições, a seleção dos critérios pelos quais o recurso mineral é atribuído a cada categoria depende do julgamento e da experiência dos PQs, que devem ter uma compreensão clara das limitações práticas do cenário operacional conceitual. • Aspectos espaciais, como a continuidade do teor e a localização, tipo e densidade espacial dos dados declarados são considerações importantes de critérios de classificação. • A seleção da categoria de confiança deve considerar a incerteza e o risco existentes na estimativa dos recursos minerais.
CRIRSCO (2019)	<ul style="list-style-type: none"> • A classificação dos recursos minerais é uma questão de julgamento especializado e os PQs devem levar em consideração os itens da Table 1 (Lista de verificação de avaliação de critérios de declaração), que se relacionam à confiança na estimativa dos recursos minerais. • Os critérios e métodos são usados como base para a classificação dos Recursos Minerais em várias categorias de confiança.
JORC (2012)	<ul style="list-style-type: none"> • Descrever a base para a classificação dos recursos minerais em várias categorias de confiança, incluindo: <ul style="list-style-type: none"> - Se foram considerados todos os fatores relevantes (ou seja, confiança relativa nas estimativas de tonelagem / teor, confiabilidade dos dados de entrada, confiança na continuidade geológica e valores de metal, qualidade, quantidade e distribuição dos dados). - Se o resultado reflete adequadamente a visão do PQ sobre o depósito.
S-K 1300 SEC (2018)	<ul style="list-style-type: none"> • Ao determinar os recursos minerais, o PQ deve subdividir os recursos minerais, de acordo com o aumento da confiança geológica, em minerais inferidos, indicados e medidos. • O PQ deve fornecer a classificação utilizada para definir recursos minerais inferidos, indicados e medidos, declarar os critérios usados e justificar a classificação. • Deve discutir a incerteza na estimativa dos recursos medido, indicado e inferido e explicar as fontes de incertezas e como elas foram consideradas na incerteza da estimativa. O PQ deve considerar todas as fontes de incerteza (métodos de sondagem e amostragem, processamento e manuseio de dados, modelagem geológica e estimativas) associadas a cada classe de recursos minerais.

Fonte: Citadas na coluna à esquerda, traduzido pela autora.

ANEXO M – Compartimentação das classes

M.1 - Recursos minerais, conforme aumento de confiança na geologia e na estimativa

Confiança	CLASSE DE RECURSOS MINERAIS		
	Inferido	Indicado	Medido
Na evidência geológica (1)	Suficiente para sugerir, mas não verificar continuidade geológica e de grau ou qualidade.	Suficiente para permitir a aplicação de fatores modificadores em detalhes suficientes para apoiar o planejamento da mina e a avaliação da viabilidade econômica do depósito.	Suficiente para permitir a aplicação de Fatores Modificadores para apoiar o planejamento detalhado da mina e a avaliação final da viabilidade econômica do depósito.
Na evidência geológica (2)	Limitada	Adequada	Conclusiva
Na estimativa (1)	Não é suficiente para permitir que os resultados da aplicação de parâmetros técnicos e econômicos sejam utilizados no planejamento.	Suficiente para permitir a aplicação de parâmetros técnicos e econômicos e para permitir uma avaliação da viabilidade econômica.	Suficiente para permitir a aplicação de parâmetros técnicos e econômicos e para permitir uma avaliação da viabilidade econômica com alto nível de confiança.
Na estimativa (3)	O nível de incerteza geológica é muito alto para aplicar fatores técnicos e econômicos relevantes que possam influenciar as perspectivas de extração econômica de uma maneira útil para a avaliação da viabilidade econômica.	O nível de certeza geológica é suficiente para permitir que uma pessoa qualificada aplique fatores modificadores em detalhes suficientes para apoiar o planejamento da mina e a avaliação da viabilidade econômica do depósito.	O nível de certeza geológica é suficiente para permitir que uma pessoa qualificada aplique fatores modificadores, em detalhes suficientes para apoiar o planejamento detalhado da mina e a avaliação final da viabilidade econômica do depósito.
Na densidade dos dados (4)	Baseado em informações geológicas e dados amplamente espaçados e potencialmente isolados.	Baseado em informações geológicas e dados com espaçamento moderado.	Baseado em informações geológicas e dados com espaçamento próximo. Também pode incluir desenvolvimento subterrâneo e amostragem em grande volume / lavra experimental.
Na continuidade geológica (4)	Continuidade global assumida (em 2D ou 3D), mas não estabelecida. Problemas de continuidade local não resolvidos. Continuidade local potencialmente resolvida ao longo dos furos de sondagens, mas não entre eles. Estimativa semi-quantitativa da tonelagem global com elevada margem de erro.	Continuidade global parcialmente realizada em 3D. Problemas de continuidade local provavelmente resolvidos parcialmente. Continuidade local resolvida ao longo dos furos de sondagem. Estimativa global / local de tonelagem com margem de erro média.	Continuidade global realizada em 3D. Continuidade local resolvida. Estimativa global / local de tonelagem com baixa margem de erro.
Na continuidade de teores (4)	Nenhuma continuidade estabelecida, exceto ao longo dos eixos dos furos de sondagem. Natureza aproximada do(s) corpo(s) de minério definida(s) (assumida), mas não estabelecida. Estimativa semi-quantitativa do teor global com alta margem de erro.	A continuidade local pode ser parcialmente estabelecida. Continuidade local resolvida ao longo dos furos. Alguma resolução da distribuição e geometria do teor do(s) corpo(s) de minério. Estimativa quantitativa do teor global / local com uma margem média de erro.	Continuidade local bem estabelecida. Resolução detalhada da distribuição de teor e geometria dos corpos de minério. Estimativa quantitativa de teor e estimativa local, com baixa margem de erro.

Fonte: (1) CRIRSCO 2019, (2) Awuah-Offei (2020) (3) SEC (2022), (4) Dominy et al. (2002), traduzidos pela autora.

M.2 - Reservas minerais, de acordo com a confiança nas estimativas e aplicação de fatores modificadores

Confiança do PQ	CLASSE DE RESERVAS MINERAIS	
	Provável	Provada
Nas estimativas de tonelagem e teor ou qualidade (1)	No mínimo, equivalente àquele associado como recurso indicado.	Equivalente àquele associado como recurso medido.
Nos fatores modificadores (2)	Nível de confiança mais baixo do que uma Reserva Provada, mas é de qualidade suficiente para servir de base para uma decisão sobre o desenvolvimento do depósito.	Os PQs devem estar cientes das consequências de declarar o material da categoria de confiança mais alta antes de se certificarem de que todos os parâmetros de recursos e Fatores Modificadores relevantes foram estabelecidos em um nível de confiança igualmente alto.
Nos fatores modificadores (3)	É inferior ao que é suficiente para uma classificação como Reserva Provada, mas ainda é suficiente para demonstrar que, no momento do relatório, a extração da reserva mineral é economicamente viável sob um investimento razoável e suposições de mercado.	Alto grau de confiança.

Fonte: (1) Awuah-Offei (2020), (2) CRIRSCO 2019, (3) SEC (2022), traduzidos pela autora.