

ALBERTO ROGÉRIO BENEDITO DA SILVA



# MINERAÇÃO NA ESCOLA

**CETEM**  
CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL

Ministério da  
Ciência, Tecnologia  
e Inovação

## **PRESIDÊNCIA DA REPÚBLICA**

**Dilma Vana Rousseff**

Presidente

**Michel Miguel Elias Temer Lulia**

Vice-Presidente

## **MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO**

**Celso Pansera**

Ministro

**Emília Maria Silva Ribeiro Curi**

Secretária-Executiva

**Kayo Julio Cesar Pereira**

Coordenador-Geral das Unidades de Pesquisa

## **CETEM – CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL**

**Fernando Antonio Freitas Lins**

Diretor

**Arnaldo Alcover Neto**

Coordenador de Análises Mineraias (COAM)

**Cláudio Luiz Schneider**

Coordenador de Processos Mineraias (COPM)

**Durval Costa Reis**

Coordenador de Administração (COAD)

**Cosme Antonio de Moraes Regly**

Coordenador de Planejamento, Gestão e Inovação (CPGI)

**Francisco Wilson Hollanda Vidal**

Coordenador de Apoio Tecnológico às Micro e Pequenas Empresas (CATE)

**Ronaldo Luiz Corrêa dos Santos**

Coordenador de Processos Metalúrgicos e Ambientais (CPMA)

ALBERTO ROGÉRIO BENEDITO DA SILVA

**MINERAÇÃO NA ESCOLA**

Rio de Janeiro  
CETEM/MCTI  
2015

Copyright © 2015 CETEM/MCTI

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação de copyright (Lei 5.988).

Autor

Alberto Rogério Benedito da Silva

O conteúdo deste trabalho é de responsabilidade exclusiva do autor.

Alberto Rogério Benedito da Silva e Gilmar dos Santos  
Gráficos

Edson Berbary  
Revisão

Samira Bestene Campos  
Normalização

Valéria Cristina de Souza  
Editoração Eletrônica

Ivo Amaral Publicidade  
Projeto Gráfico

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

Informações:

CETEM – Centro de Tecnologia Mineral  
Av. Pedro Calmon, 900 – Cidade Universitária  
21941-908 – Rio de Janeiro – RJ  
Homepage: [www.cetem.gov.br](http://www.cetem.gov.br)

Silva, Alberto Rogério Benedito da;  
Mineração na Escola/Alberto Rogério Benedito da Silva. – Rio de Janeiro:  
CETEM/MCTI, 2015.

138p. : il.

1. Minas e recursos minerais. 2. Mineração. 3. Estudo e ensino. I. Centro de  
Tecnologia Mineral. II. Silva, Alberto Rogério Benedito da. III. Título.

ISBN 978-85-8261-032-9

CDD – 622.7

## **APRESENTAÇÃO**

A Terra e o seu entorno muito representam para todos nós. Ao habitar a última fase da era geológica, que, se comparada a um dia de 24 horas, seria o tempo equivalente ao último segundo do dia, o ser humano é quem usufrui, com mais eficiência, de seus recursos naturais. Dentre eles estão os minerais.

A distribuição geográfica dessa riqueza é errática e escassa. Em todo mundo, poucas são as regiões que as detêm. Na Amazônia, o Estado do Pará representa uma dádiva, por causa dos bens existentes em seu subsolo, em que se destaca a província mineral de Carajás que concentra depósitos invejáveis de recursos e reservas capazes de abastecer segmentos importantes da sociedade.

O grande desafio não é só explorá-los, mas colocar esses recursos em benefício de todos. Para que isso ocorra, é necessário que cada um tenha consciência de que o minério possui safra única, diferentemente da mineração que pode se reproduzir por intermédio de transformações de suas matérias primas e reciclagem. Portanto, nada melhor do que conhecer como a natureza se formou e, principalmente, como as riquezas minerais são extraídas e comercializadas. Para tal, é necessário que tais recursos sejam removidos dentro de padrões de sustentabilidade, cujo foco é um grande desafio tanto ao governo, como às empresas e à sociedade.

Ilustrado com 189 figuras e cinco tabelas, este livro “Mineração na Escola”, de autoria do renomado especialista, geólogo, Alberto Rogério da Silva, tenta mostrar tal realidade em seus doze capítulos: Sistema Solar, Água, Vida na Terra, Geologia, Rochas, Minerais, Petróleo e Gás Natural, Mineração, Garimpos, Sustentabilidade na Mineração, Mineração no Dia a Dia, e a Mineração e o Futuro.

O CETEM, com a edição deste livro, espera contribuir para a divulgação da atividade mineral no país, especialmente para os estudantes do ensino fundamental e médio, mas também será de utilidade para os não especialistas que pretendam obter uma visão panorâmica da mineração.

Rio de Janeiro, dezembro de 2015.

Fernando A. Freitas Lins  
Diretor do CETEM



## PREFÁCIO

Um dos grandes desafios da indústria mineral é torná-la conhecida e assimilada como um ramo essencial do setor industrial como um todo pelo cidadão comum.

O cidadão, em geral, tem da mineração uma percepção negativa, ou indiferente, ausente!

Se negativa, por quê?

Porque trata-se de um "bem natural não renovável" e, por isso, sujeito a uma grande, e devida, preocupação por parte dos governantes, empresas e sociedade!

Ora, ainda que seja, de fato, um "bem natural não renovável", tal situação em si não preclui sua utilização e industrialização, desde que seja um "bem natural sustentável", ainda que "não renovável".

Como?

Na verdade, vários "bens naturais renováveis" já desapareceram da face do planeta, ainda que nenhum "bem natural não renovável" o tenha!

Mas como levar a mensagem e o conhecimento, e para quem, mesmo sendo a mineração e seus produtos de transformação parte integral do dia a dia deste mesmo cidadão, desta mesma sociedade, embora não percebidos como tais?

Creio eu, nada mais apropriado, e mesmo urgente, do que divulgá-la junto às crianças e juventude, tornando-as aptas a analisá-la em toda sua extensão e plenitude, pois os jovens de hoje, por óbvio, serão os executivos e governantes de amanhã.

É notório que ao colocar os bens minerais e seus produtos de transformação em benefício de toda a sociedade de uma forma sustentável é um desafio presente dos cidadãos de qualquer país, notadamente daqueles países que detêm tais riquezas geológicas e dos profissionais que se dedicam ao conhecimento geológico-minerometalúrgico, sejam eles de empresas, governos e escolas.

A Amazônia, esta nossa região brasileira tão ampla, quanto desconhecida, e nela o Pará, com a descoberta do seu enorme potencial geológico-mineral, guarda, por isso mesmo, um íntimo relacionamento com a atividade da mineração, perdurando ao longo dos tempos.

Este livro "Mineração na Escola", escrito pelo eminente colega Alberto Rogério, de grande tradição e presença à causa mineral no Pará, na Amazonia e no Brasil, preenche a lacuna existente na divulgação e discussão sobre a atividade mineral, sobretudo numa região pragmática do Brasil, contribuindo para o melhor entendimento e análise da indústria mineral, inclusive na sua também função de melhora dos indicadores socioeconômicos da região.

Roberto Cerrini Villas Bôas  
Pesquisador Emérito  
do CETEM



## NOTA DO AUTOR

Após concluir o livro “A Indústria Mineral no Pará”, achei que a minha missão em contribuir para a sociedade com publicações havia sido encerrada; entretanto, após profunda reflexão, recordando a cartilha “A Comunidade e a Mineração” feita para a Vale, em 2001, cheguei à conclusão de que poderia fazer uma similar àquela, voltada para estudantes de níveis fundamental e médio, dentro do espírito de contribuir para melhor se conhecer a mineração, como segmento econômico e social. Então formatei em minha mente uma possível nova publicação, focada na meta proposta. Em seguida fiz um pequeno “draft” do que poderia ser o novo livro.

Sabedor de que minha neta Gabby (Gabrielle Jimenez da Silva) é uma apaixonada por cristais, resolvi presentear-lá com uma agenda sobre gemas que ganhei quando estava elaborando o “Perfil Analítico do Ouro”, feito em parceria com o saudoso amigo Marcos Maron. Ao folheá-la, ela me disse que gostava de ver cristais em livros da Biblioteca Pública de Vancouver-British Columbia, Canadá, onde reside, e prometeu-me mostrar esses livros. Incontinentemente fomos à seção infantil que fica no subsolo da biblioteca. Lá ela me apresentou cinco diferentes livros, dentre eles o *Atlas of Geology and Landforms*. Ele era exatamente como eu havia previsto para a obra que estava pensando criá-la.

A partir desse contato, reprogramei o projeto, contemplei parte do que havia observado naquele livro, procurando adaptá-la à realidade amazônica. O resultado é que busquei escrever a presente obra com bastantes informações sobre um segmento importante da economia e de nosso dia a dia, didaticamente acompanhadas de suas respectivas ilustrações. Os jovens, que nele vierem buscar conhecimentos, certamente os encontrarão, de maneira mais técnica e agradável.

Pelo menos foi assim que, ao tomar conhecimento do que eu produzia, meu amigo, geólogo e deputado Gabriel Guerreiro, com sua sabedoria e clarividência, se expressou: “*Além de divulgar a mineração, este teu livro contribuirá para que a educação tenha mais e melhores conhecimentos*”. Intempestivamente, Guerreiro deixou este mundo para continuar sua missão em outras esferas.

O Brasil necessita avançar em seus índices para se tornar cada vez mais competitivo. A ciência e a tecnologia caminham a passos largos e devemos estar, cada vez mais, sintonizados com o futuro, cuja base maior são os jovens de hoje.

Em recentes estatísticas da **Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE)**, através do Programa Internacional de Avaliação de Alunos (em inglês: Programme for International Student Assessment - PISA), que é uma rede mundial para avaliar o desempenho escolar com vistas a melhorar as políticas e os resultados educacionais, realizada pela primeira vez em 2000 e repetido a cada três anos, indica que estudantes brasileiros não vão bem; em 2012, ocuparam a 57ª posição, entre 65 países. Na avaliação anterior, estavam em 53º lugar. As primeiras colocações ficaram com os asiáticos: Xangai, Singapura e Hong Kong, respectivamente. Assim, se cada um entre os brasileiros puder dar sua contribuição para melhorar a performance de nossos estudantes, estará contribuindo para o futuro do país e cumprindo com mais um dever cívico.



## SUMÁRIO

<b>1. SISTEMA SOLAR</b>	13
<b>2. ÁGUA</b>	16
2.1. Considerações Gerais	16
2.2. Água após a Rio/92	17
2.3. As Reservas Mundiais de Água	19
2.4. O Brasil e a Água	20
<b>3. VIDA NA TERRA</b>	21
<b>4. GEOLOGIA</b>	29
4.1. Continentes em Movimentos	29
4.2. Mudanças na Superfície Terrestre	31
4.3. Terremotos	32
4.4. Vulcões	33
4.5. Distribuição Geográfica dos Vulcões	34
4.6. Formação de Montanhas	34
4.7. Vales e Elevações	35
4.8. Erosão e Intemperismo	36
4.9. Solos e Paisagens	36
4.10. Desertos	38
4.11. Cavernas	38
4.12. Fósseis	39
4.13. Gelo	40
4.14. Rios	41
4.15. Lagos	43
4.16. Litorais	43
4.17. Oceanos	44
4.18. Ilhas	45
4.19. Mapas	46

<b>5. ROCHAS</b>	48
5.1. Rochas Ígneas	49
5.2. Rochas Sedimentares	51
5.3. Rochas Metamórficas	51
<b>6. MINERAIS</b>	52
6.1. Definição de Minerais	52
6.2. Elementos Nativos	53
6.3. Silicatos	54
6.4. Óxidos	56
6.5. Gemas	57
6.6. Sulfetos	57
6.7. Sulfatos	58
6.8. Halita	58
6.9. Carbonatos e Fosfatos	58
6.10. Origem dos Minerais	59
6.11. Uso dos Minerais	59
6.12. Minerais Decorativos	60
6.13. Decorações	62
6.14. Metais	63
<b>7. PETRÓLEO E GÁS NATURAL</b>	64
7.1. Definição e Uso	64
7.2. Distribuição Geográfica	65
<b>8. MINERAÇÃO</b>	66
8.1. Aspectos Gerais	66
8.2. Mineração na Amazônia	71
8.3. Evolução da Mineração na Amazônia	73
8.4. Principais Indicadores da Mineração na Amazônia	81

<b>9. GARIMPOS</b>	97
9.1. Evolução da Atividade	99
9.1.1. Fase Pré-78	99
9.1.2. Fase Pós-78	100
9.1.3. Fase Pós Anos-90	101
9.2. Comercialização	103
9.3. Serra Pelada	103
<b>10. SUSTENTABILIDADE NA MINERAÇÃO</b>	105
10.1. Aspectos Gerais	105
10.2. Indicadores de Sustentabilidade	107
10.3. Desenvolvimento Sustentável e a Questão Mineral	108
10.4. Sustentabilidade dos Projetos Minerai	110
10.4.1. Projeto Juruti	110
10.4.2. Projeto Trombetas	113
10.4.3. Projeto Rio Capim	115
10.4.4. Projeto Carajás	117
10.4.5. Projeto Paragominas	119
10.4.6. Projeto Palito	122
10.4.7. Projeto Alumina Rondon	122
<b>11. A MINERAÇÃO NO DIA A DIA</b>	123
<b>12. A MINERAÇÃO E O FUTURO</b>	131
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	137



## 1. SISTEMA SOLAR

Muitos cientistas acreditam que o Universo se originou há 15 bilhões de anos, a partir de grande explosão, denominada de *big bang*. A explosão criou o material do universo e causou expansão que ainda persiste até hoje. Milhões de anos depois, uma fina camada de nuvem se expandiu em forma de gás nas galáxias, formando pequenas nuvens e tornando-se estrelas, dando origem à Terra (Figura 1).

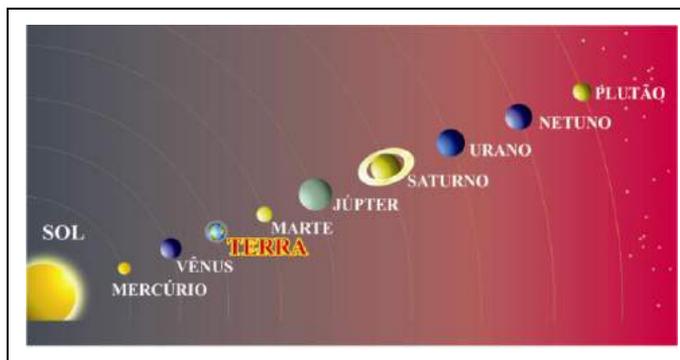


**Figura 1.** Formação da Terra.

Fonte: Atlas of Geology and Landforms.

A Via Láctea é formada por uma família de estrelas existentes no espaço e que podem ser visualizadas em noite bem clara, ou por aparelhos especiais denominados de telescópios. Esse conjunto forma a nossa galáxia. Envolvendo todas as estrelas existem camadas de nuvens, compostas de gás e pó, as quais podem dar origem às novas estrelas e planetas. O Sol, pertencente à Via Láctea, se originou há cerca de cinco bilhões de anos e representa o centro do Sistema Solar onde vivemos. A Terra é um dos seus nove planetas e possui forma arredondada, e corpo, predominantemente sólido, formado por rochas que, por sua vez, são constituídas de minerais. Os minérios extraídos desses minerais e rochas têm importância especial para a humanidade e fazem parte de nosso dia a dia. Deles podem ser retiradas substâncias tanto metálicas como não metálicas, utilizadas em larga escala pelo ser humano.

O Sistema Solar é composto por nove planetas (Figura 2). Terra, Mercúrio, Vênus e Marte são conhecidos como planetas terrestres, estão mais próximos do Sol, e são constituídos por rochas, minerais e metais. Júpiter, Saturno, Urano, Netuno e Plutão são conhecidos como planetas gigantes, estão mais afastados do centro do Sistema Solar e exceto Plutão, por ser composto de rochas e gelo, os demais têm composição gasosa (hidrogênio, hélio e derivados de hidrogênio).



**Figura 2.** Sistema solar.

Fonte: Ilustração elaborada pelo autor.

A Terra possui em seu entorno cometas e asteroides, como a lua e outros objetos, cuja estrutura também pertence ao Sistema Solar, em que, seu centro, o Sol, estrela de quinta grandeza, os conecta por uma força invisível, denominada de gravidade.

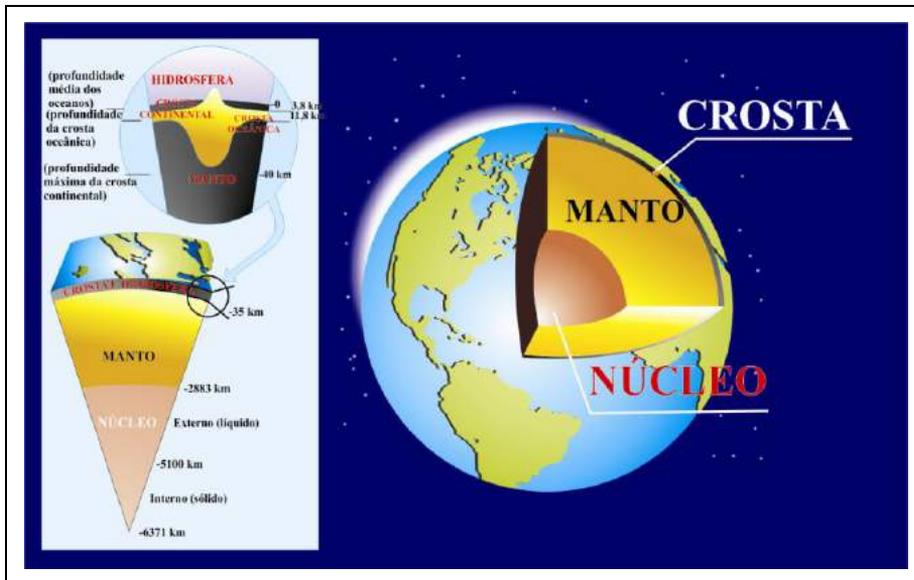
A Terra não é estática; ao contrário, está em constante mudança e movimento, como, aliás, tudo que existe no universo. Por exemplo, dos cinco continentes hoje existentes (América, Europa, Ásia, África e Oceania), há cerca de 200 milhões de anos estavam todos unidos, formando o que se denominou de Pangéia, mas, com o passar do tempo, se dividiu. Primeiro em duas partes, uma ao norte, denominada de Laurásia, e outra, ao sul, conhecida como Gondwana, que, em sua grande parte, é ocupada pelo Brasil. Aos poucos, outras partes também se fracionaram, até chegar à configuração atual.

A Terra possui alguns números definidos, como:

- raio médio: 6.371 km;
- raio equatorial: 6.378 km;
- raio polar: 6.357 km;
- circunferência equatorial: 40.077 km;
- volume:  $1.083.230 \times 10^{24}$  kg e
- densidade: 5,5 g/cm<sup>3</sup> (grama por centímetro cúbico).

Nosso planeta é externamente envolvido por camadas de gases divididas em atmosfera, hidrosfera e biosfera, e constituído por quatro camadas. Algumas pessoas podem pensar que a Terra é sólida, todavia, isso não é verdade, pois existe sobre ela uma camada gasosa denominada de atmosfera que, por sua vez, é dividida em cinco outras camadas de acordo com sua temperatura, cujos gases vão ficando menos densos quanto maior for a distância da superfície terrestre, e são compostos, principalmente, de nitrogênio e oxigênio, além de pequenas quantidades de outros gases.

A Terra é dividida em camadas (Figura 3) - *núcleo*, *manto* e *crosta* - e há milhões de anos nela existia um único continente - uma grande placa - que depois foi se dividindo em blocos. Essa divisão foi provocada pela movimentação desses blocos, ou placas, em processo de altas temperaturas e pressões. Os deslocamentos que ocorreram - e ocorrem ainda hoje - se dão nos sentidos vertical e horizontal, podendo originar fissuras e falhas entre as placas. E os vulcões, ao entrarem em erupção, podem lançar substâncias do manto da Terra. Todo esse processo leva a formação dos depósitos minerais (áreas com concentração de minérios).



**Figura 3.** Camadas da Terra.

Fonte: Arquivo do autor.

De forma didática, pode se comparar a Terra como um ovo, formado por gema, clara e casca. A gema equivaleria à parte mais interior da Terra, conhecida nos meios acadêmicos e científicos como *Núcleo*, composto de níquel e ferro. A parte intermediária, correspondente à clara do ovo, possui imensa camada pastosa, denominada de *Magma*, representando o Manto da Terra, cuja composição é rica em silício, ferro e magnésio. A porção mais superficial, onde vivem todas as espécies, correspondente à casca do ovo, é a *Crosta*, com espessura média de 35 km e abundância de silício e alumínio.

A superfície da Terra equivale a 510 milhões de quilômetros quadrados e sua maior parte é coberta por oceanos e mares, distribuídos em 362 milhões de quilômetros quadrados, que representam cerca de 70% do total. Os restantes, em torno de 30%, são compostos por continentes, que ocupam 148 milhões de quilômetros quadrados. É nesta camada superficial que vive o ser humano, o animal mais inteligente da Terra.

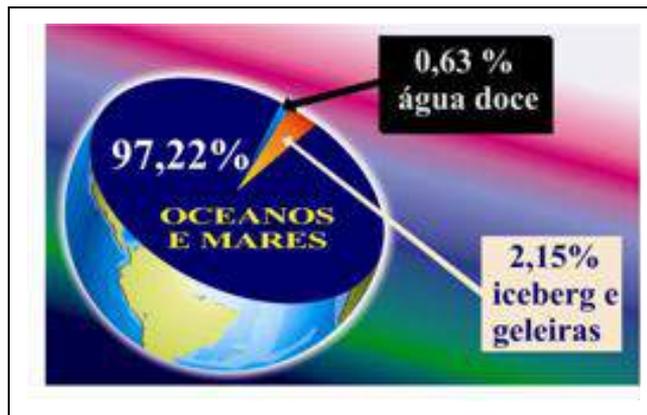
## 2. ÁGUA

### 2.1. Considerações Gerais

Como já citado, a maior parte da superfície do Planeta Terra é composta por água, elemento mineral imprescindível à vida. Mas nem toda água pode ser consumida em seu estado natural.

A água que envolve a maior parte do nosso planeta possui a seguinte distribuição:

- 97,22% nos oceanos e mares;
- 2,15% nas geleiras e icebergs polares; e
- 0,63% nos reservatórios naturais de água doce; esta pequena parte serve para o consumo humano e encontra-se na superfície, subsolo e atmosfera da Terra, correspondendo a 8,5 milhões de quilômetros quadrados (Figura 4).

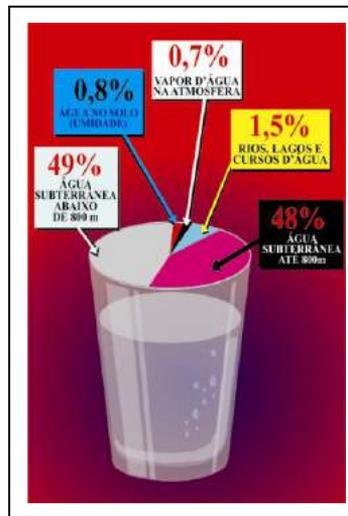


**Figura 4.** Localização da água na Terra.

Fonte: Ilustração elaborada pelo autor.

Resumindo, a água disponível para o consumo é bem pequena do total existente na Terra e tem a seguinte distribuição (Figura 5):

- 1,5% rios, lagos e cursos d'água;
- 48% água subterrânea, até 800 m de profundidade;
- 49% água subterrânea, abaixo de 800 m de profundidade;
- 0,8% água contida no solo (umidade); e
- 0,7% vapor d'água na atmosfera.



**Figura 5.** Distribuição da água na Terra.

Fonte: Ilustração elaborada pelo autor.

A partir da Rio/92, devido aos recursos hídricos destinados ao consumo serem bastante reduzidos, a Conferência das Nações Unidas para o Desenvolvimento e Meio Ambiente priorizou a água. Como consequência, foi elaborada a Agenda 21 que definiu as prioridades para o mundo inteiro.

## 2.2. Água após a Rio/92

Em junho de 1997 foi realizada, em Nova York, a reunião da Cúpula da Terra, com representantes não só dos países mais ricos, como daqueles em desenvolvimento do mundo inteiro. No encontro foi acatada proposta do Banco Mundial (Bird) que destacava dez metas importantes para o futuro da humanidade:

- reduzir o chumbo da gasolina;
- eliminar as CFCs;
- defender o mercado de gás carbônico;
- tornar a água um recurso econômico;
- melhorar as condições de vida na cidade;
- conservar os ecossistemas;
- fomentar dinheiro novo para GEF (fundo global);
- criar novas alianças para transformar os mercados;
- promover a consistência na avaliação ambiental e social; e
- incrementar a contabilidade verde e eliminar os subsídios.

Dos dez pontos destacados, quatro, direta ou indiretamente, estão relacionados com a água.

Em 1999, cerca de cem países dedicaram as comemorações do Dia Mundial do Meio Ambiente às ameaças que pesam sobre o futuro do Planeta Terra. Para comemorá-lo, a Organização das Nações Unidas (ONU) criou o slogan “*a Terra é nosso futuro, vamos salvá-la*”.

Ainda em 1999, nas comemorações do Dia Mundial da Água (22 de março), o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA) lançou o filme “*Todos vivem rio abaixo*”, um documentário que mostra a interdependência existente entre as comunidades, vilas ou grandes cidades, no que se refere ao uso da água. O filme, lançado pela BBC-Londres, foi assistido por 135 milhões de residências, em 111 países.

A ONU definiu quatro prioridades para o milênio atual: energia, água, emprego e moradia.

As metas do milênio da ONU envolvem oito itens: erradicar a extrema pobreza e a fome; atingir o ensino básico universal; promover a igualdade de gênero e a autonomia das mulheres; reduzir a mortalidade infantil; melhorar a saúde materna; combater o HIV/aids, a malária e outras doenças; garantir a sustentabilidade ambiental; e estabelecer uma parceria mundial para o desenvolvimento. Mesmo não estando explícita a água, a maioria delas tem a ver com o líquido precioso.

Nos dias 27 e 28 de setembro de 1999 foi realizada, em São Paulo, na sede da Federação das Indústrias do Estado de São Paulo (Fiesp), a *H<sub>2</sub>O Summit* (Conferência Internacional de Recursos Hídricos e Saneamento). O encontro conclamou autoridades e especialistas do setor de saneamento para propor soluções ao uso adequado da água.

O governo brasileiro criou o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, com a implantação da Agência Nacional de Águas (ANA), vinculada ao Ministério do Meio Ambiente (MMA).

O relatório anual das Nações Unidas faz projeções preocupantes para o futuro da humanidade. Em 2050, mais de 45% da população mundial não poderão contar com a porção mínima individual de água para necessidades básicas. Atualmente, para a ONU, existem mais um bilhão e meio de pessoas praticamente sem acesso à água doce; e daqui a 40 anos, será pior, quando a população atingirá a cifras de 10 bilhões de indivíduos.

Desde 1992, 80% dos países iniciaram reformas para melhorar o ambiente propício para a gestão dos recursos hídricos. Em muitos casos, as reformas hídricas têm produzido impactos significativos sobre o desenvolvimento, incluindo melhorias de acesso à água potável, saúde e eficiência hídrica na agricultura.

Na Rio + 20, a boa notícia foi que o mundo alcançou o Objetivo de Desenvolvimento do Milênio (ODM), cuja meta era reduzir pela metade a proporção de pessoas sem acesso à água potável no fim de 2010, bem antes do prazo de 2015, do ODM. Entre 1990 e 2010, mais de dois bilhões de pessoas obtiveram acesso a fontes de água potável, isto é, abastecimento por tubulações e poços protegidos.

Embora 89% da população mundial utilizem fontes tratadas de água, 783 milhões de pessoas ainda estão sem acesso à água potável, com variações dramáticas por região. Apenas 61% das pessoas na África Subsaariana têm acesso às fontes de abastecimento de água tratada, em comparação aos 90%, ou mais, na América Latina e Caribe, Norte da África e grande parte da Ásia.

Além disso, progressos rumo à meta do ODM de água potável é baseado no acesso às fontes tratadas de água potável e não é possível medir, mundialmente, a qualidade da água. Trabalhos significativos devem ser feitos para garantir que as fontes tratadas de água sejam e permaneçam seguras.

### 2.3. As Reservas Mundiais de Água

É bom ressaltar que o Brasil, no que diz respeito à água, está bem servido. Brasil, Rússia, China e Canadá são os países que basicamente "controlam" as reservas de água doce mundial.

O consumo de água, per capita, varia de país para país e de lugar para lugar, como pode ser visto na Tabela 1.

**Tabela 1.** Consumo de água per capita (litros/pessoa/dia).

Pais	Consumo
Escócia	410
Estados Unidos/Canadá	300
Austrália	270
Brasil – Distrito Federal	225
Brasil – Rio de Janeiro	140
Brasil – Norte	140
Brasil – Minas Gerais	124

Fonte: R.G. Wetzel, 1999.

O principal uso de água é, sem dúvida, na agricultura. As águas públicas, que precisam tratamento de transporte, têm distribuição diferente. Aproximadamente 60% dessa água é usada para fins domésticos, 15% destinada ao comércio, 13% em indústrias e o restante para fins públicos, além de outras necessidades.

## 2.4. O Brasil e a Água

A preocupação do Governo Federal com os recursos hídricos é plenamente justificada, tendo em vista que o Brasil possui 14% de toda água doce do mundo. Entretanto este recurso, vital para a humanidade, não tem sido tratado pelos brasileiros com o cuidado merecido, haja vista que:

- 40% da água consumida é desperdiçada;
- apenas 10% do esgoto gerado é tratado;
- 23,8% das pessoas não têm água encanada; e
- 51,8% de domicílios urbanos não têm esgoto.

De toda água doce superficial localizada no Brasil (14% das reservas mundiais), cerca de 80% estão na Região Amazônica. Os 20% restantes distribuem-se, desigualmente, pelo restante do país, atendendo a 95% da população. Ou seja, a Amazônia guarda grande parte das reservas de água doce do mundo, o que dá aos habitantes da região grande responsabilidade na manutenção e preservação dos recursos hídricos.

Todos esses mananciais, denominados de aquíferos, devem ser preservados porque a água é um recurso finito e vulnerável (Figura 6). É também necessário agir para preservar os mananciais subterrâneos, porque, embora hoje, a maioria da população se abasteça de água superficial, a maior parte da água doce disponível no mundo está no subsolo, que certamente será, no futuro, a mais importante fonte de abastecimento.



**Figura 6.** Aquífero.

Fonte: Ilustração elaborada pelo autor.

O cuidado para preservar a água envolve várias frentes. Dentre elas, a ação contra o desmatamento indiscriminado, pois ele é um dos grandes responsáveis pela morte dos rios, por ser realizado em suas cabeceiras, ou em suas margens, ou mesmo nas margens dos lagos. Estes *habitats*, denominados de Áreas de Preservação Permanente (APPs), são protegidos, hoje, por lei.

O grande desafio é do equilíbrio, tendo em vista que ele é fundamental para que a humanidade disponha sempre de água de boa qualidade. É essencial que a água cumpra seu ciclo (Figura 7): evaporar, ir para as nuvens, cair com a chuva, correr na terra e penetrar, indo até o subsolo, onde se armazena nos aquíferos. É o processo da natureza, que, se cumprido, garante a abundância desse composto vital para todos.



**Figura 7.** Ciclo da água.

Fonte: Ilustração elaborada pelo autor.

Na Amazônia, os rios caracterizam suas águas por diversos tipos de coloração. Por exemplo, são esverdeadas ou cristalinas no Tapajós, Xingu, Iriri e Juruena-Teles Pires; barrentas ou amareladas no Amazonas e Madeira; e negras ou pretas no Trombetas, Mapuera, Negro e Uatumã.

### 3. VIDA NA TERRA

A vida na Terra depende da energia solar e, apesar de pesquisas avançadas até o presente, ela ainda parece ser o único planeta em que existem seres vivos, mesmo havendo teorias em contrários, porém precisando de comprovação.

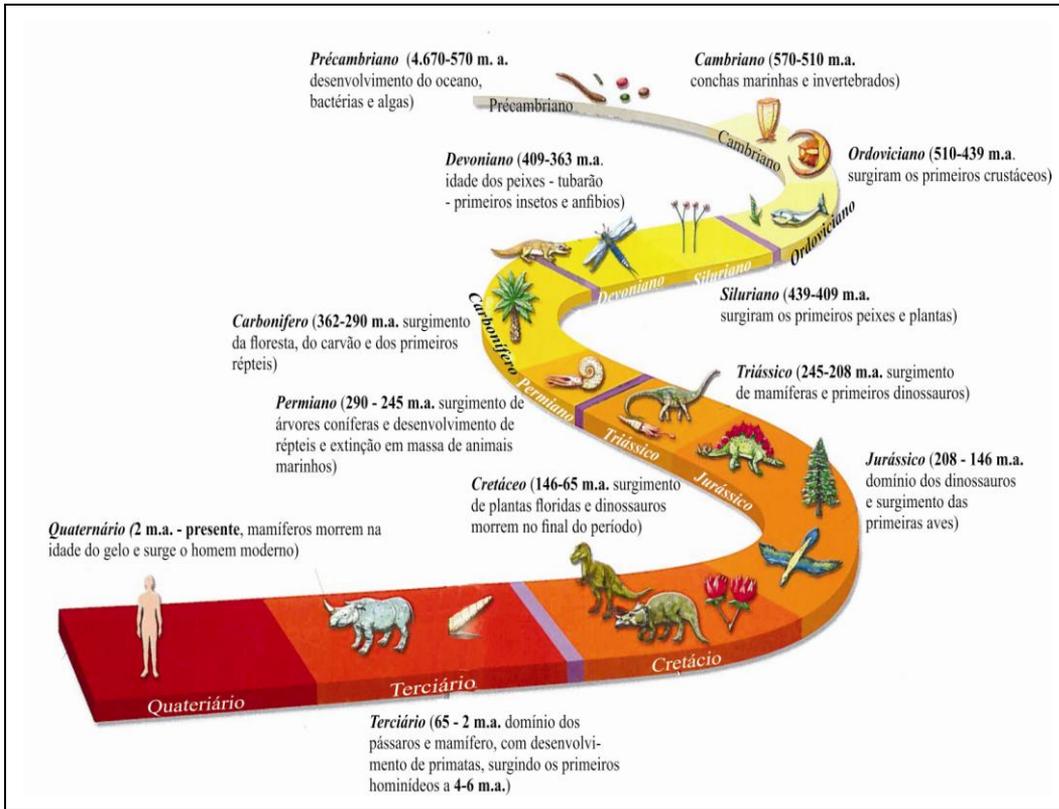
Pesquisadores escoceses da Universidade de Aberdeen criaram um simulador capaz de identificar planetas com condições para abrigar vida. O aparelho encontra planetas com água subterrânea mantida em forma líquida. O método foi contra estimativas anteriores. Eles consideravam um planeta habitável de acordo com a probabilidade de que houvesse água em sua superfície. O novo estudo foi apresentado por pesquisadores durante o British Science Festival, em Aberdeen.

Existe ainda a teoria de que sete são os motivos para acreditar que existe vida em outros planetas:

1. Extremófilos na Terra – geralmente, procura-se vida em planetas razoavelmente habitáveis, sem condições extremas. Mas os extremófilos, formas de vida extremamente resistentes, existem para mostrar que talvez não se deva ignorar planetas e luas muito quentes, gelados, tempestuosos ou instáveis, pois aqui mesmo na Terra, em locais inóspitos como o cume dos Andes e as bordas de vulcões submarinos, bactérias incrivelmente resistentes podem ser localizadas. Encontram-se micróbios com milhares de anos que vivem no limite entre a vida e a morte; esses microrganismos conseguem sobreviver em ambientes venenosos. Essa é uma prova de que formas de vida poderiam estar perambulando por planetas e luas aparentemente vazios. Apenas não foram encontradas ainda.
2. Evidência de precursores químicos à vida em outros planetas e luas – uma das teorias da origem da vida na Terra aponta seu surgimento em reações químicas que podem ter criadas membranas celulares e proto-DNA, mas elas também podem ter começado com complexos compostos orgânicos, como ácidos nucleicos, proteínas, carboidratos e lipídios, tanto na atmosfera quanto nos oceanos. Já existem evidências de que esses precursores da vida existem em outros planetas e luas, com presenças comprovadas em Titã, lua de Saturno e Nebulosa Órion. Não é vida propriamente dita, mas um ingrediente fundamental para que ela surja – como o foi para a vida terrestre, pelo menos.
3. Crescente número de planetas parecidos com a Terra – na última década, foram descobertas centenas de exoplanetas (planetas fora do Sistema Solar). Alguns eram gigantes gasosos como Júpiter, mas outros são menores e rochosos como a Terra. Alguns ficam na zona de *Goldilocks*, área com temperaturas propícias para a vida em volta de estrelas – a Terra orbita em uma dessas zonas, por exemplo. Quanto mais planetas forem descobertos, mais locais propícios para a vida deverão aparecer, conseqüentemente.
4. Grande diversidade e tenacidade da vida na Terra – a vida na Terra venceu um desafio ao surgir, mas venceu vários outros ao longo da história, como megaerupções vulcânicas, quedas de meteoritos, eras do gelo e outras condições climáticas e geológicas extremas. E ainda por cima, a vida se mostrou mais capaz do que se poderia imaginar e criou milhões de formas diferentes em um período de tempo relativamente curto. Se aqui a vida sobreviveu e ainda se diversificou, por que também não em outros lugares?

5. Mistérios sobre a origem da vida na Terra – já foi mencionado que a vida pode ter surgido com reações químicas, mas ainda não se sabe como elas ocorreram e nem como sobreviveram aos momentos difíceis que nosso planeta atravessou, desde então. Uma teoria defende que as primeiras formas de vida terrestre surgiram em outros planetas, como Marte, e vieram para cá de carona com cometas – é a teoria da Panspermia Cósmica.
6. Evidências de que oceanos e lagos são comuns em planetas do Sistema Solar – a teoria mais aceita sobre a origem da vida na Terra dá conta de que ela surgiu nos oceanos, e as outras geralmente envolvem a água da mesma forma. Nesse raciocínio encontrar água em outros lugares é um estímulo às novas investigações. Marte tem fortes evidências da presença de *corpos d'água* no passado, e a já mencionada Titã tem rios e mares de metano em sua superfície. Europa, uma lua de Júpiter, pode ser gigantesco oceano aquecido pelo núcleo da lua e coberto por camada espessa de gelo. São mundos que podem conter ou ter contido vida.
7. Teoria evolutiva – as pessoas usam o paradoxo de Fermi para explicar que a vida fora da Terra nunca será encontrada. No lado oposto delas, está a teoria evolutiva, que sugere que a vida se adapta ao ambiente em que se encontra. Alienígenas podem existir, mas não da forma como se imagina. Darwin não estava pensando exatamente em extremófilos quando pensou nisso, mas, de qualquer maneira, não seria errado pensar que, onde a vida existe, ela provavelmente continuará até quando for possível. E quando se fala em ambientes, há o espaço sideral. Pode ser que a vida exista em lugares que jamais seria pensado existir.

Como se vê, são especulações com base científica, mas que não foram ainda comprovadas. Entretanto a Terra tem evoluído desde os 4,6 bilhões de ano em que se formou, e as espécies partiram de simples bactérias e algas até o homem atual (Figura 8).

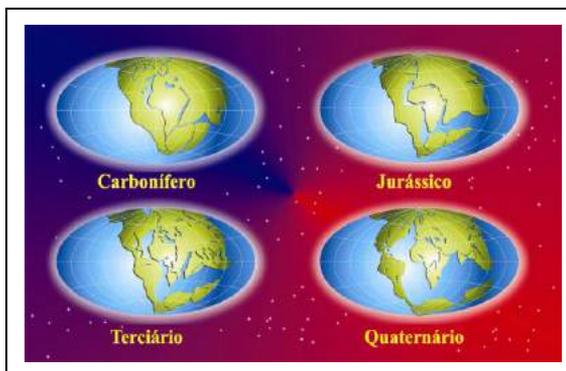


**Figura 8.** Tempos geológicos da Terra.

Fonte: Atlas of Geology and Landforms.

Quando o planeta Terra era ainda jovem, o vapor dos vulcões transformou a água em nuvens que voltaram à atmosfera sob forma de chuva. Grandes oceanos se formaram, e, neles, pequenos organismos apareceram, denominados de células. Plantas, provavelmente em forma de algas, também surgiram há mais de 3 bilhões de anos, em locais onde águas emergiam de frestas do fundo do oceano. Com a luz e o calor do sol, haviam reflexos nas águas dos oceanos produzindo oxigênio para a atmosfera.

A Terra (Figura 9) possui grandes eras, iniciando pelo pré-cambriano (4.760 a 570 milhões de anos), cambriano (570 a 510 milhões de anos), ordoviciano (510 a 439 milhões de anos), siluriano (439 a 409 milhões de anos), devoniano (409 a 363 milhões de anos), carbonífero (363 a 290 milhões de anos), permiano (290 a 245 milhões de anos), triássico (245 a 208 milhões de anos), jurássico (208 a 146 milhões de anos), cretáceo (146 a 65 milhões de anos), terciário (65 a 2 milhões de anos) e quaternário (2 milhões de anos ao presente).

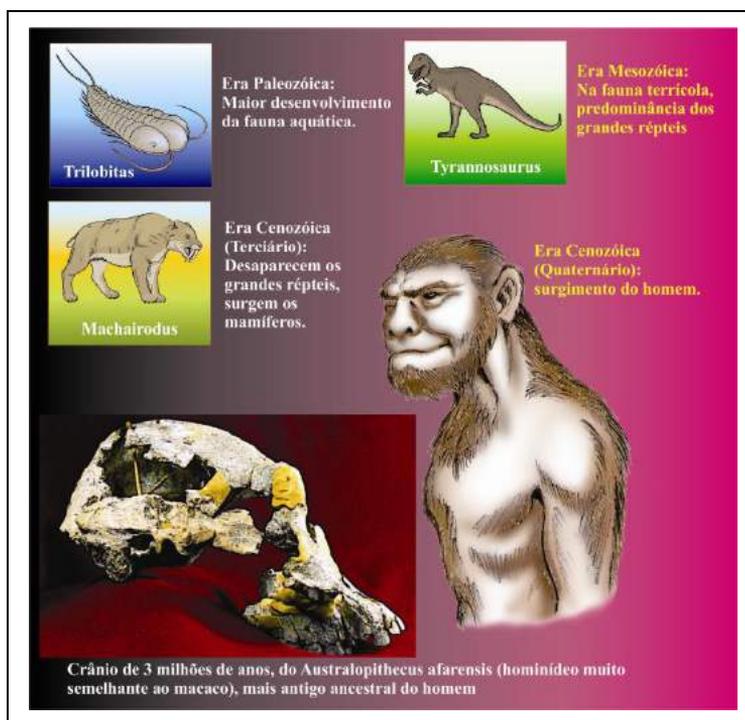


**Figura 9.** Eras da Terra.

Fonte: Ilustração elaborada pelo autor.

Quando as primeiras plantas surgiram na Terra, há mais de 400 milhões de anos, ocorreu a produção de mais oxigênio. Então estavam criadas as condições para a origem da vida na Terra. Ao conjunto da superfície da Terra, mar e ar que dão suporte à vida, dá-se o nome de Biosfera.

Uma pergunta: como surgiu a vida na Terra? Responder a essa pergunta tem sido um grande desafio. Sabe-se que é uma história longa que levou muito tempo para acontecer (Figura 10).



**Figura 10.** Evolução da vida na Terra.

Fonte: Arquivo do autor.

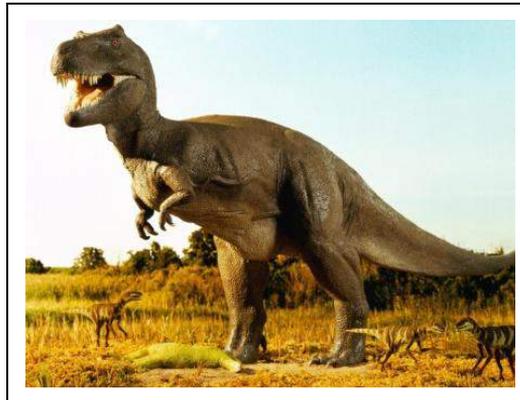
Na Era Primitiva, surgiu a vida unicelular e o desenvolvimento desses corpos, por milhões e milhões de anos, fez com que, na Era Paleozoica, surgissem os primeiros organismos animais e vegetais, todos desenvolvidos em meio aquático. Alguns desses organismos existem até hoje sob a forma de fósseis, dentre os quais os trilobitas (Figura 11).



**Figura 11.** Fóssil trilobita.

Fonte: Atlas of Geology and Landforms.

O desenvolvimento da vida continuou. Vieram depois as plantas e os animais terrestres; em seguida, os anfíbios e os insetos. Uma fase especial foi o surgimento dos répteis e dos gimnospermas (quem não se lembra do filme “*O Parque dos Dinossauros*”, que fez tanto sucesso?). Os dinossauros fazem parte de nossa história (Figura 12).



**Figura 12.** Dinossauro, animal surgido no Jurássico era geológica vivida entre 208 e 146 milhões de anos.

Fonte: [www.google.com.br](http://www.google.com.br)

E a evolução continuou com *osginkgoales*, os mamíferos, as aves e os angiospermas. Finalmente, surgiram os primatas, subdivididos em duas famílias: os hominídeos, que deram origem ao homem; e os pongídeos, que deram origem aos macacos.

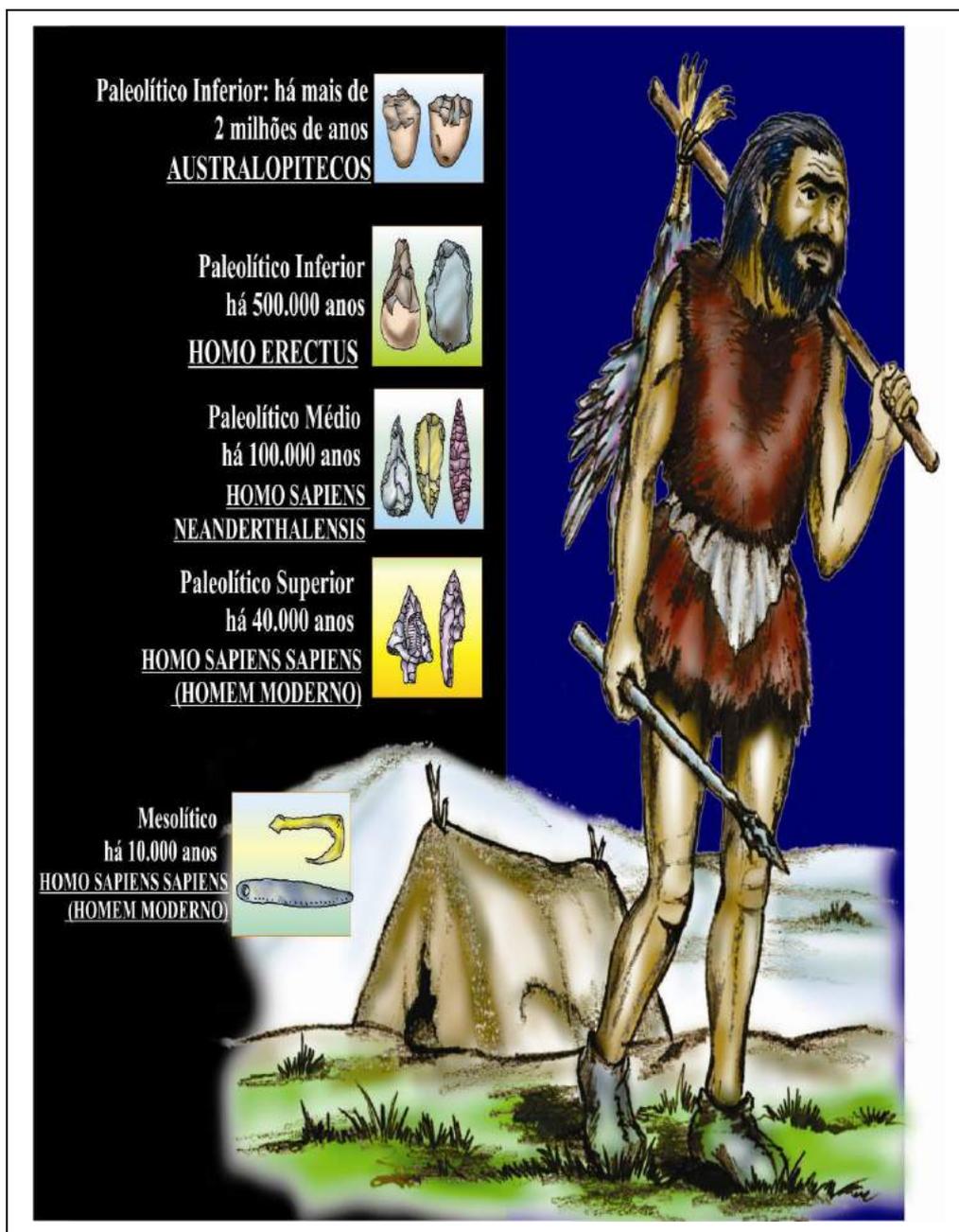
Os primatas surgiram há 70 milhões de anos; os pongídeos há 25 milhões; e os hominídeos, que representam o ancestral mais antigo do homem, vieram ao mundo há 15 milhões de anos. Com o desenvolvimento dos hominídeos, surgiram o *australopithecus* (5 milhões de anos); o *homo species* (2,5 milhões de anos); e o *homo sapiens* (100 mil anos).

Entre os vários segmentos do *homo sapiens*, um dos mais conhecidos é o *homem de neandertal*, encontrado na Alemanha, no vale do rio Neander (o que explica a origem do nome, pois vale, em alemão, é *Tal*).

Pesquisa realizada por grupo de cientistas franceses e norte-americanos, depois da descoberta de restos com cem mil anos de idade, em uma caverna no sul da França, detectou evidências de que o homem de *neandertal* praticava o canibalismo. O estudo concluiu que ele matava, descarnava e comia outros homens.

Mas, canibal ou não, o certo é que o homem necessitava de se alimentar, e seu principal alimento era a carne de animais, embora enfrentasse dificuldades para cortar a carne e aquecê-la. Essas dificuldades foram vencidas quando o homem, friccionando uma pedra contra outra, descobriu como acender o fogo e depois, observando lascas de pedra com pontas afiadas, verificou que serviam para cortar a carne. Estes avanços são considerados como a primeira utilização da inteligência humana.

A evolução do homem tem sido um processo constante. Com o tempo, passou a fabricar vasilhas de barro, usadas para guardar comida e água, flechas e facas de pedra. E assim o homem viveu as idades da *pedra lascada* e da *pedra polida* até que, alguns milhares de anos depois de dominar o fogo, fez uma nova – e importante – descoberta: o metal. Não tardou que também descobrisse o processo para obtê-lo (a partir do aquecimento de substâncias que ocorriam na superfície da Terra) e como utilizá-lo enquanto instrumento na fabricação de armas e objetos cortantes. Por fim, iniciou a produção de uma série de outros objetos de uso variado, inclusive adornos (brincos, colares e pulseiras). Foi assim que o Homem chegou à idade dos *metais* (Figura 13).



**Figura 13.** Evolução cultural da humanidade.

Fonte: Arquivo do autor

## 4. GEOLOGIA

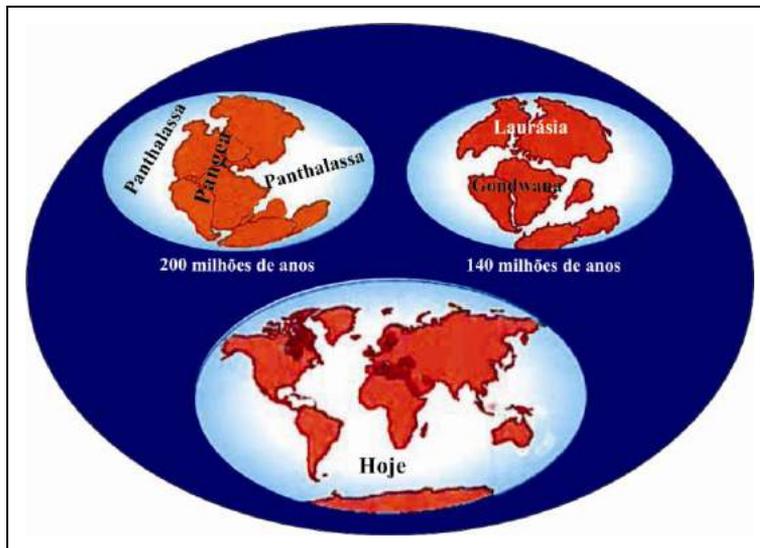
A geologia é a ciência que estuda a Terra. À medida que o tempo foi passando, a população foi crescendo no mundo e passou a necessitar, cada vez mais, de minérios para diversos usos. E como descobrir os minérios? Esta tarefa, desde as mais antigas civilizações, foi realizada por pessoas que desenvolviam técnicas especiais para procurá-los. No início, é claro, não havia método científico, o que só surgiu com o tempo, com a evolução do homem e de seu conhecimento sobre o mundo onde habita. Hoje, as pessoas que pesquisam os minérios são formadas nas universidades e estudam os minerais, a estrutura e a história da Terra. São os geólogos. Eles estudam a história da Terra e do Sistema Solar para entender como se formaram, suas idades e mudanças ao longo do tempo. Os geólogos estudam as rochas para compreender como elas se originaram e como se apresentam no tempo geológico. Procuram entender como o mundo era no passado e como será no futuro. É comum em geologia a máxima: *o presente é a chave do futuro*.

Já foi dito que, na Terra, tem havido mudanças climáticas, que afetaram as formas da superfície terrestre, como montanhas e vales. Rochas formadas nos assoalhos oceânicos foram elevadas até os topos das montanhas, assim como montanhas seguiram ladeira abaixo, arrastadas por chuvas e geleiras.

As constantes mudanças afetam a vida na Terra e a cada mudança climática há novas adaptações na vida terrestre. Algumas plantas e animais sobrevivem, formando novas espécies; outras são extintas. Ocasionalmente, por exemplo, há registros de animais ou plantas, descobertos em rochas que são denominados de fósseis.

### 4.1. Continentes em Movimentos

Ao se observar hoje a forma do litoral brasileiro, verifica-se que ele se encaixa perfeitamente na costa oeste da África. Isto não é uma coincidência. A exemplo de todos os outros continentes, esses dois também estiveram juntos no passado, formando o continente denominado de Pangea, cujo mar era o Panthalassa; isso ocorreu há 200 milhões de anos. Em seguida - 140 milhões de anos – a Terra se rompeu em duas partes. Chamou-se de Laurásia, a parte norte, e Gondwana, a sul. Assim continuou se movimentando, de modo que desde 40 milhões de anos tem a forma atual (Figura 14).



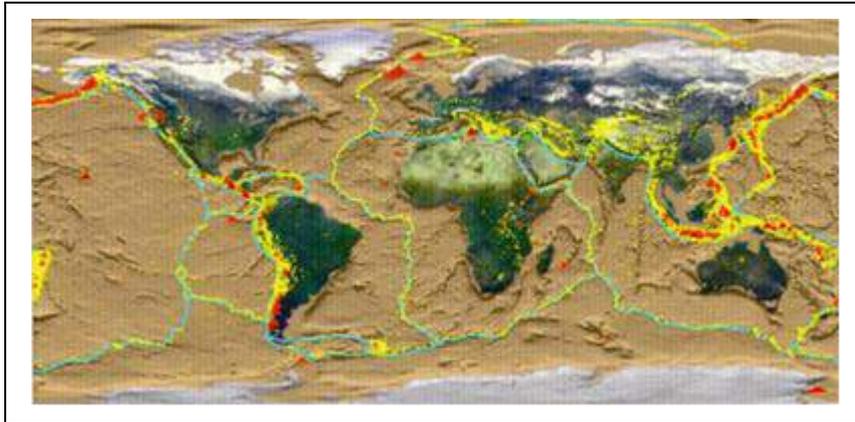
**Figura 14.** Evolução das feições da Terra.

Fonte: Atlas of Geology and Landforms.

É bom esclarecer que os continentes, ou grandes massas da Terra, estão sempre se movimentando, mesmo que em minúsculos deslocamentos. A *crosta* não é uma superfície plana formada continuamente, mas, sim, de grandes pedaços que se juntaram, caracterizando a atual configuração, como se fosse um quebra-cabeça. Cada pedaço é uma placa e parte dela é coberta por grande quantidade de água, denominada de oceano. Elas se movem lentamente sobre o *manto*, implicando em dizer, por exemplo, que o Oceano Atlântico se move cerca de cinco centímetros por ano, deslocando a placa sul-americana e africana, em direção à norte-americana e à europeia, respectivamente.

Em face dos grandes movimentos, há fortes atritos/deslocamentos nas bordas e próximos de cada placa tectônica. Embora os grandes movimentos sejam feitos no interior da Terra e nos oceanos, há grandes reflexos nos continentes, onde as placas colidem, a *crosta* vibra e treme, formando montanhas. Em casos de elas emergirem, dão-se erupções vulcânicas.

Os terremotos ocorrem mais nas placas marginais; entretanto outras pequenas alterações ocorrem na superfície da Terra e são somente observadas ao longo do tempo, mas que são recorrentes e, em milhões de anos, alteram a forma da superfície terrestre (Figura 15).

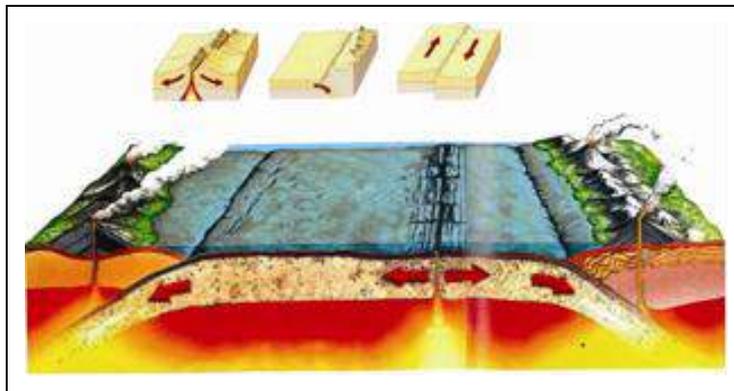


**Figura 15.** Zonas ativas da Terra.

Fonte: Atlas of Geology and Landforms.

#### 4.2. Mudanças na Superfície Terrestre

As placas que compõem a *crosta* terrestre estão sempre em movimento, embora em baixíssima velocidade. Os processos de movimentos dessas placas ocorrem há mais de milhões de anos e criam novas formas na superfície, assim como destroem as antigas, em um fenômeno denominado de *correntes de convecção*. A origem desse material está no *manto*, e que, por grandes forças, forma um pacote de massa fundente, o *magma*. Ele, por movimento ascendente, alcança a superfície, formando novas rochas, quer sejam camadas oceânicas, quer sejam grandes montanhas. Por outro lado, algumas rochas da superfície da *crosta* terrestre podem se fundir e se transformar em *magma*, o que contribui para a formação de vulcões e terremotos, ocasionando alterações na forma da superfície terrestre (Figura 16).

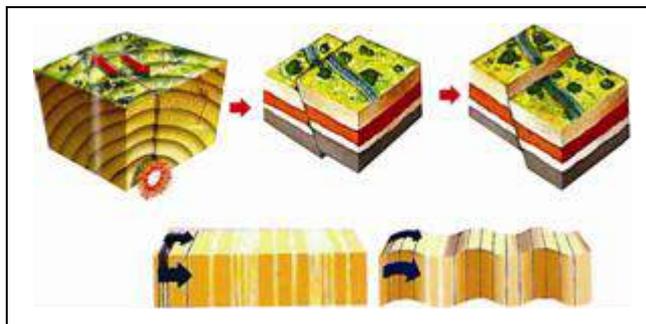


**Figura 16.** Forma esquemática de deslocamento de placas terrestres.

Fonte: Atlas of Geology and Landforms.

### 4.3. Terremotos

Os terremotos representam fortes e rápidos movimentos refletidos na *crosta* da Terra e a energia emitida por eles são conhecidas como ondas sísmicas, similares às ondas das águas. Terremotos existem em todo mundo, porém sem padrão definido. Assim como os vulcões, os maiores terremotos ocorrem também nas margens das placas tectônicas, local onde elas colidem uma com as outras, ou se afastam. A Terra resiste a todos eles, entretanto, pequenos movimentos em terremotos podem causar grandes devastações. O mais suave dos movimentos de um terremoto pode impedir a passagem de um trem ou causar o efeito de uma rajada de vento; os mais fortes podem destruir estradas, prédios, encostas. Arquitetos e engenheiros têm muito trabalho em regiões ou países em que há abundância regular de vulcões (Figura 17).



**Figura 17.** Terremoto: vulcão-deslocamento-ruptura-dobra.

Fonte: Atlas of Geology and Landforms.

Em algumas regiões do planeta, é mais provável a experiência com terremotos. O oeste dos Estados Unidos, a Indonésia e a Turquia, por exemplo, são conhecidas como zonas ativas. O Japão está situado no cruzamento de quatro placas, portanto, está sujeito a muitos terremotos a cada ano. Recentemente, houve um que destruiu parte de sua costa leste. A cada novo terremoto, os meios de comunicação de massa mostram os estragos e danos causados por eles.

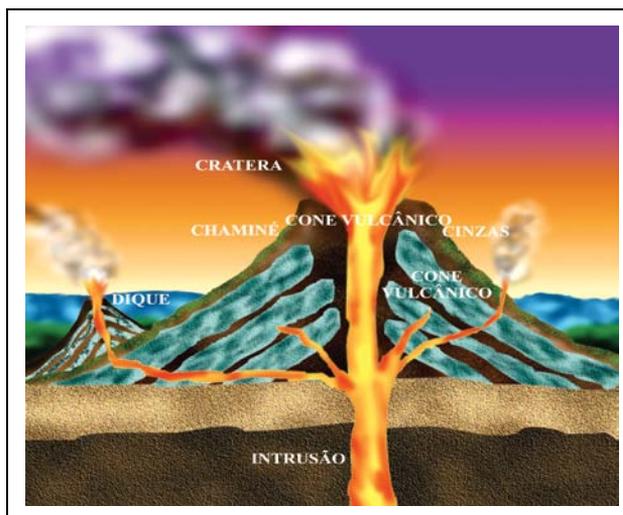
As pessoas que estudam os terremotos chamam-se sismologistas. Eles estão em constante aprendizado a respeito desse evento natural e a expectativa é que possam prever possíveis terremotos. O equipamento que mede a intensidade e a duração das ondas sísmicas de um terremoto é o sismógrafo, cujo valor é reproduzido na escala Richter, que varia de zero a dez. Quanto mais próximo de dez, maior é o perigo, porém a duração do terremoto também pode causar grandes danos.

#### 4.4. Vulcões

Um vulcão representa a abertura na crosta da Terra, onde o *magma*, juntamente com gases, sobe da parte superior do *manto* por intermédio de lavas, abrindo frestas na crosta. Algumas lavas sobem lentamente, todavia frequentemente os vulcões são fortes quando extravasam na superfície. A maior parte deles ocorre próximo às bordas das placas e podem ocorrer tanto na superfície da Terra, como nos assoalhos oceânicos.

Quando um vulcão não expele suas lavas por muito tempo, diz-se que ele está inativo ou *dormindo*. Vulcões inativos, quase sempre, mostram efeitos da lava em superfície, dando sinal de que, a qualquer momento, podem ser ativados. Os vulcões ativos podem entrar em erupção em qualquer tempo. Em todo mundo não ultrapassam a 1.500.

Os vulcões (Figura 18) podem surgir das mais variadas formas e são classificados de acordo com a natureza de suas erupções. Tanto a forma como o tipo de erupção depende, principalmente, do tipo de lava que produz. A lava pode correr por um longo caminho antes de se solidificar. O tipo de forma e a inclinação do vulcão dá origem ao campo vulcânico. Se a lava cristalizar próxima a sua fonte, formará camadas espessas. No cone dos vulcões, geralmente há abundância de cinzas no topo, chamadas de brasa vulcânica. Algumas lavas são lançadas no ar de forma espetacular, formando *fontes* de fogo. Outros lançam fragmentos sólidos de lava que dão origem às rochas denominadas pirocláticas (*piro*, do grego = fogo). Vulcões ativos em determinada região podem ainda ser refletidos por fontes quentes ou manchas de lama vulcânica.



**Figura 18.** Vulcão.

Fonte: Arquivo do autor.

#### 4.5. Distribuição Geográfica dos Vulcões

Existem muitas erupções vulcânicas famosas (Figura 19). As mais documentadas são as que implicam em perdas de vidas. Entretanto muitas ocorrem em áreas pouco habitadas, ou mesmo não são documentadas. Mortes e danos no local das erupções, causados por erupções de lavas e de outros materiais oriundos delas, fluxos de lama e *tsunamis* são enormes devastadores. Estes são, quase sempre, desencadeados por sucessivos terremotos de erupções vulcânicas.

Algumas erupções não mostram justificativas, já outras são bem previsíveis, pois ocorrem em determinados intervalos definidos, à margem de pressões e liberação de lava líquida de forma contínua.

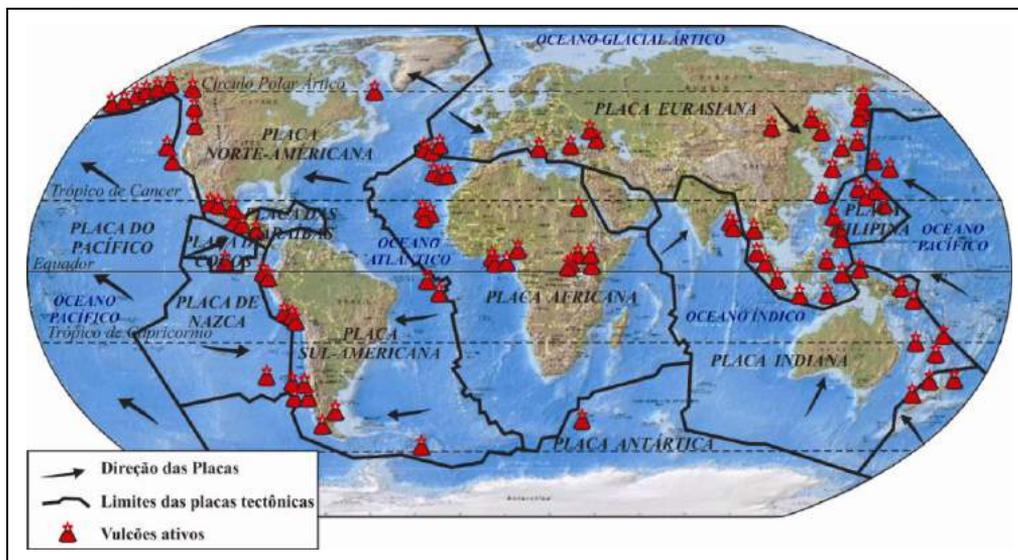


Figura 19. Áreas propícias a vulcões.

Fonte: Atlas of Geology and Landforms.

#### 4.6. Formação de Montanhas

As formas das montanhas são as mais diversas possíveis, mas todas se originam de rochas cristalizadas na superfície da Terra, a partir do movimento das placas, denominado de *tectônica de placas*. Como elas se movem chocando-se uma contra as outras, dão origem às montanhas. Quando as rochas se friccionam nas bordas das placas, formam vulcões e delas podem surgir montanhas. Algumas são picos isolados, sobressaindo na paisagem, porém a maioria se junta para formar uma série de alinhamentos, na maioria das vezes, cordilheiras (Figura 20). As montanhas mais altas estão localizadas na América do Sul (Andes) e na Ásia (Himalaia).



**Figura 20.** Exemplo de montanhas.

Fonte: [www.google.com.br](http://www.google.com.br).

#### 4.7. Vales e Elevações

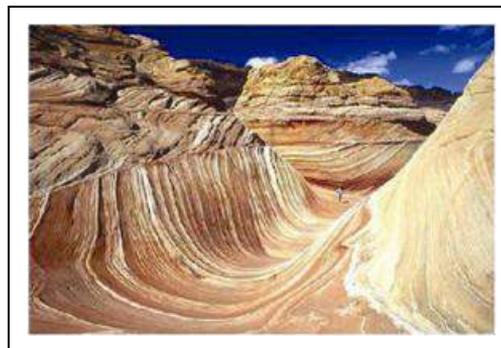
Os vales são áreas planas distribuídas entre montanhas e colinas (Figura 21). Muitos deles se formam sobre rios, cujas correntes transportam frequentemente fragmentos de rochas e sedimentos de áreas montanhosas até o mar. Rios que fluem em superfícies íngremes facilitam a drenagem dos vales. Todavia, quando existem vales em regiões congeladas, ocorrem geleiras que aumentam as suas larguras. Desse modo, a forma das bases dos vales depende de como eles foram formados.



**Figura 21.** Elevações e Vales.

Fonte: Atlas of Geology and Landforms.

As rochas resistentes formam declives, escarpas e cachoeiras, enquanto as menos resistentes, por serem mais fáceis de ser transportadas, formam vales cuja base é em forma de *U* (Figura 22).

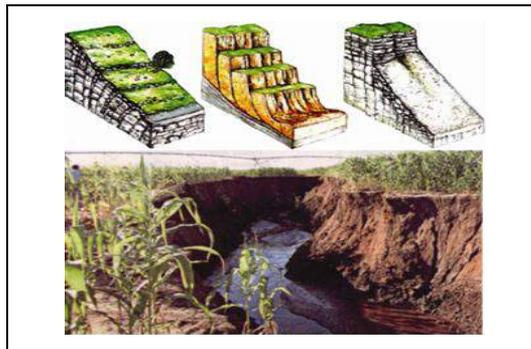


**Figura 22.** Tipos de Vales.

Fonte: Atlas of Geology and Landforms.

#### 4.8. Erosão e Intemperismo

Rochas que ocorrem nas superfícies terrestres são alteradas por sua exposição à atmosfera. Os efeitos do vento, água e outros processos químicos sobre elas provocam fenômeno denominado de intemperismo. As rochas alteradas podem permanecer no mesmo local, entretanto seus fragmentos se deslocam em declives e pela ação do vento ou água, em processo conhecido como erosão. Assim os fragmentos de rochas podem ser deslocados e depositados em algum lugar sob a forma de sedimento (Figura 23). Chuva, gelo, vento e variações climáticas contribuem para o deslocamento das partículas rochosas.



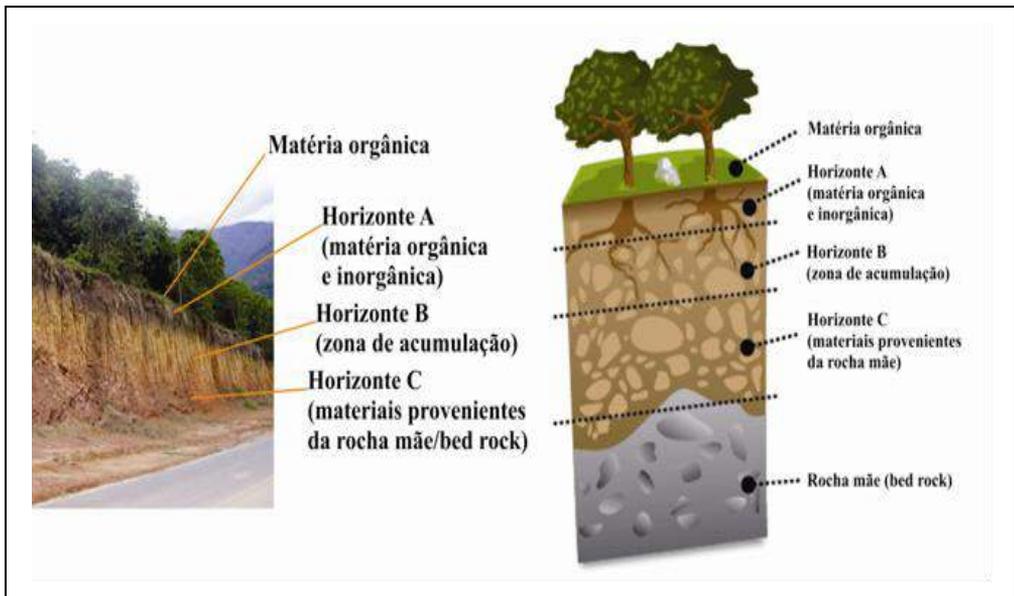
**Figura 23.** Formas de erosão.

Fonte: Atlas of Geology and Landforms.

O excesso de água no solo pode acarretar deslizamentos, enquanto o vento paulatinamente desgasta montanhas e, em desertos, cria dunas de areia. Por outro lado, efeitos de terremotos e vulcanismos, bem como erosão e intemperismo, são responsáveis por variações e surgimentos de diferentes paisagens ao longo do tempo geológico.

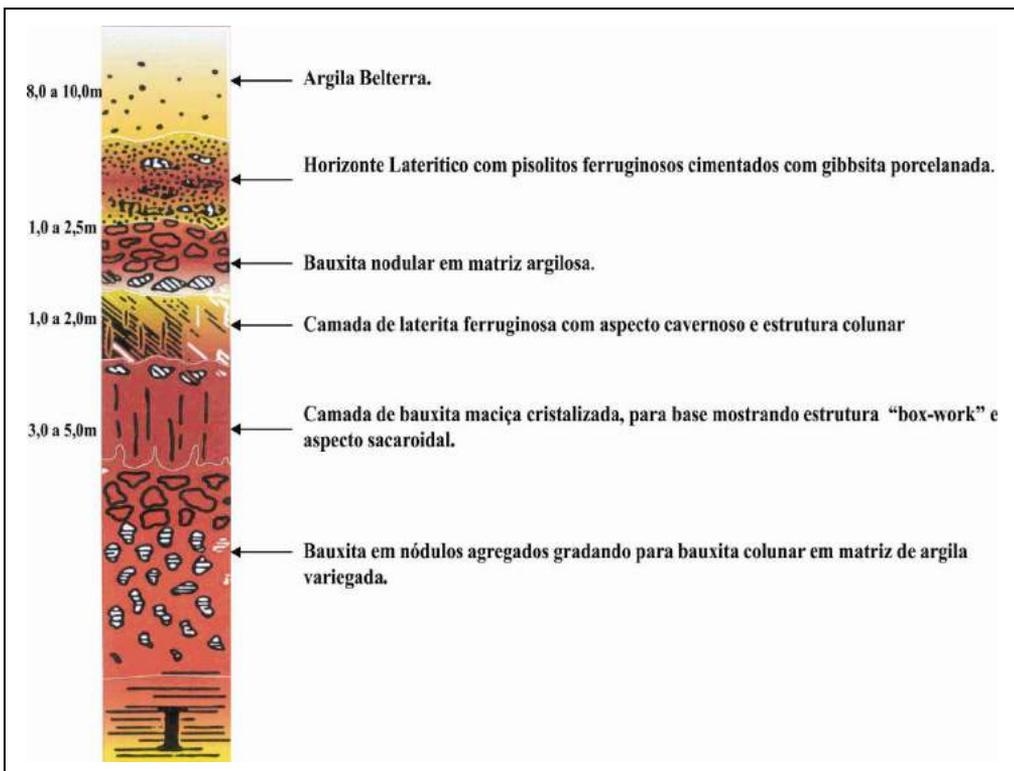
#### 4.9. Solos e Paisagens

A alteração de cada rocha ocorre por seu contato com a atmosfera, formando uma camada de solo na parte superior, composto por fragmento da rocha original e detritos orgânicos denominado de húmus. A umidade é essencial para alterações ocorridas na formação do solo, cuja espessura é função da região e clima onde a rocha se encontra (Figura 24). Ao longo da linha do equador, com precipitações bastante elevadas, os solos alcançam grandes espessuras, formando o processo de laterização, capaz de dar origem às camadas de minérios, como a bauxita (Figura 25). Em geral, são necessários milhões de anos para desenvolver a espessura e fertilidade do solo, que, por outro lado, é fundamental para o crescimento de vegetação e plantas que lá se desenvolvem. Se o clima for muito seco ou muito úmido, poderá produzir um solo estéril. O solo é essencial à produção de alimentos e manutenção da vida na Terra.



**Figura 24.** Solo.

Fonte: [www.google.com.br](http://www.google.com.br)

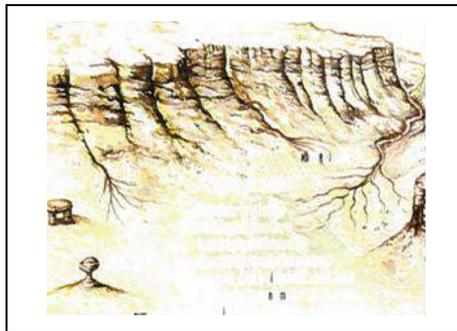


**Figura 25.** Formação de bauxita - perfil da bauxita de Trombetas.

Fonte: MRN.

#### 4.10. Desertos

Desertos são áreas secas e estéreis com pouca ou nenhuma chuva. Região com menos de 10 mil milímetros de precipitação anual pode ser considerada um deserto. Muitos deles são bastante quentes, secos, constituídos de areia, como o Saara, na África, mas há outros com paisagens, montanhas, planícies e áreas planas. Nos desertos, a temperatura pode ultrapassar a 40 graus durante o dia, porém à noite, ela cai bruscamente, podendo até atingir valores negativos. As duas regiões mais frias do planeta, o Ártico e a Antártica, também poderiam ser chamadas de desertos. Essas regiões, denominadas de polares, são muito frias, têm baixa precipitação e frequentemente congeladas. Poucos animais e plantas sobrevivem nos desertos (Figura 26), exceto aqueles que se adaptam à pouca água e extensa variação de temperatura, como o camelo.



**Figura 26.** Feições de formação de deserto.

Fonte: Atlas of Geology and Landforms.

#### 4.11. Cavernas

Cavernas são espaços naturais formados principalmente em rochas (Figura 27). Algumas são de dimensões reduzidas, formando pequenos túneis, enquanto outras são grandes. Muitas cavernas são encontradas em regiões de calcário ou formadas por dissolução de rochas expostas a chuvas, por milhares de anos. Há, entretanto, cavernas formadas em rochas de composição ferrífera, como as de Carajás. Existem também aquelas que são drenadas por rios subterrâneos, assim como outras, formadas ao longo de costas, em áreas geladas e em lavas vulcânicas.



**Figura 27.** Formas de cavernas.

Fonte: [www.google.com.br](http://www.google.com.br)

#### 4.12. Fósseis

Fósseis são restos de animais e plantas que viveram na Terra em determinado período geológico. Em muitos milhões de anos as substâncias se fossilizaram e permaneceram preservadas em camadas de rochas sedimentares; algumas delas se preservaram no gelo, ou em locais específicos do tempo geológico, e outras são pequenos traços ou pegadas registradas em rochas. De todos os animais e plantas que viveram na Terra, apenas uma pequena porção foi preservada como fóssil (Figura 28), entretanto os que sobreviveram ao tempo representam grande contribuição à história geológica (Figura 29). Outros, ao interagir com a sílica, chegam a petrificar, como é o caso do psarôniu (Figura 30). O profissional que os estuda é o paleontólogo.



**Figura 28.** Formação de fósseis.

Fonte: Atlas of Geology and Landforms.



**Figura 29.** Fóssil gastrópode. Peça em exposição no DNPM-Pará.

Fonte: Reprodução fotográfica do autor.



**Figura 30.** Fóssil psarôniu. Peça em exposição no DNPM-Pará.

Fonte: Reprodução fotográfica do autor.

Há muitas informações fornecidas pelo estudo dos fósseis. Um animal completo da era pré-histórica dificilmente é encontrado, todavia um fóssil pode ser constituído de restos como dentes, ossos ou conchas. Assim, os paleontólogos reúnem diferentes tipos de informação para reconstituir a história da Terra. Quando foi encontrado o primeiro dinossauro, cujo significado é *lagarto terrível*, ninguém sabia do que se tratava. Desde que os répteis foram extintos, há menos de duzentos milhões de anos, foi constatado que menos de 1.841 deles teriam sido dinossauros.

Os paleontólogos têm dado grande contribuição à história da Terra e à sua evolução em tempos mais recentes. Por exemplo, sabe-se hoje que os dinossauros viveram na Terra por cerca de milhões de anos (entre 208 e 146 milhões de anos – era denominada de Jurássica) e foram extintos há 65 milhões de anos. Não se sabe exatamente como ocorreu, mas os cientistas acreditam que a Terra foi atingida por um grande meteorito, cujos pó e cinzas podem ter bloqueado por muitos anos a luz solar e extinguido muitas plantas e animais, dentre eles, os dinossauros. É impossível acreditar que, se os cientistas não tivessem encontrados os ossos dos dinossauros, jamais se poderia saber de suas existências.

#### 4.13. Gelo

Somente 10% da Terra e 12% dos mares são permanentemente cobertos por gelo. Nas duas regiões polares e nas altas cadeias de montanhas, grandes áreas são cobertas por camadas de gelo e neve (Figura 31). No polo norte, muitas camadas de gelo flutuam em águas do Oceano Ártico. No polo sul, o gelo recobre toda a área da Antártica, com espessura alcançando a mais de 4.700 metros. A Era Glacial, ou idade do gelo, foi um período de tempo em que a Terra ficou sujeita a temperaturas geladas, chegando a criar uma calota de gelo em seu entorno. Nas estações turísticas em áreas de climas frios, praticam-se esportes em áreas geladas, onde a neve é comum.



**Figura 31.** Geleiras e neve.

Fonte: [www.google.com.br](http://www.google.com.br) e reprodução fotográfica do autor.

#### 4.14. Rios

Rio é um volume de água que corre sobre a Terra, formando canais de água, ou drenagens (Figura 32). Ele se forma em locais elevados, denominados de nascentes dos rios. Em seguida corta áreas montanhosas ou planas até desaguar em outros rios, ou mesmo em oceanos, como é o caso do rio Amazonas, o maior do mundo.

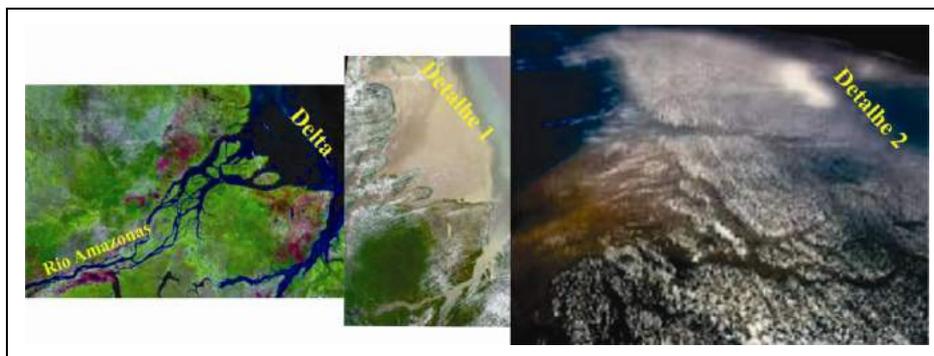


**Figura 32.** Formação de um rio.

Fonte: Atlas of Geology and Landforms.

O conjunto de rios de diversos tamanhos, ou drenagens, é o que se chama bacia hidrográfica (Figura 33). As margens dos rios, onde eles avançam sobre a terra, são as planícies de inundação, e a cor de suas águas depende do tipo de rochas que cortam ou do volume de sedimento em suspensão que transportam. Podem ser, como já citado, verde como a do rio Tapajós; negra, como a do rio Negro; ou amarelada ou barrenta, como a do rio Amazonas. Este leva em suas águas grande volume de sedimentos que é lançado no oceano Atlântico.





**Figura 35.** Delta do rio Amazonas.

Fonte: [www.google.com.br](http://www.google.com.br)

#### 4.15. Lagos

Lago é um corpo de água concentrado em determinada área e cercado de terra por todos os lados. Suas águas vêm da chuva ou de locais gelados, alimentados por rios e correntes. Muitos deles possuem água doce e são isolados; outros possuem canal de comunicação com rios ou outros acidentes geográficos locais. Lagos isolados normalmente evaporam e, dependendo da origem de suas águas, podem ficar salgados, O Mar Cáspio, considerado o maior lago do mundo, com cerca de 371 mil quilômetros quadrados, é salgado, embora sua água possua menos sal que a dos oceanos. Muitos lagos perduram por milhões de anos, entretanto outros têm pouca duração, em termos de tempo geológico (Figura 36). Alguns secam, outros são preenchidos com sedimentos, transformando-se em áreas alagadas ou pântanos.

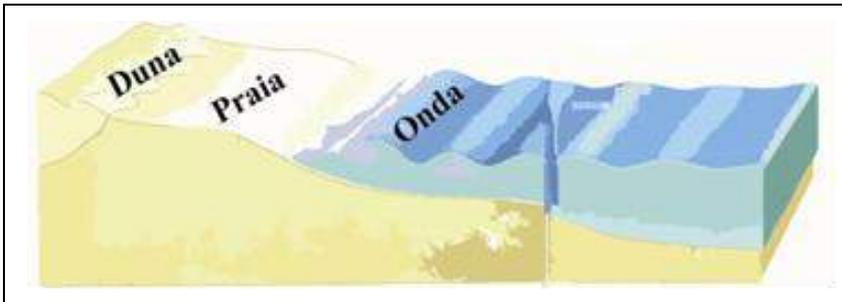


**Figura 36.** Lagos.

Fonte: [www.google.com.br](http://www.google.com.br)

#### 4.16. Litorais

Os litorais, aqueles locais onde o mar avança sobre a terra, podem mostrar muitas e diferentes paisagens. Suas formações dependem de diversos fatores, incluindo a ação das ondas, a força dos ventos e o tipo de rocha existente na região (Figura 37).



**Figura 37.** Formação de linha de costa.

Fonte: Atlas of Geology and Landforms.

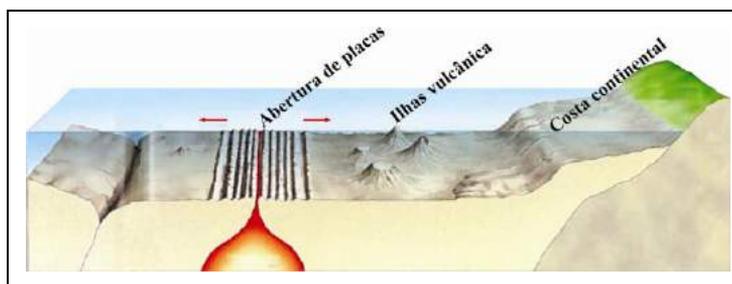
Por exemplo, grandes ondas podem causar ações em falésias, fazendo com que seixos, areias e argilas sejam lançados ao mar; por outro lado, ações de ondas menos violentas podem trazer os sedimentos de volta às praias.

Como tudo no mundo está em constante movimento, a água do mar pode avançar sobre o litoral e as ondas, modelar suas margens, cujos efeitos permitem propiciar a formação de diferentes tipos de praias, cada uma com características próprias, formas, tipo de granulometria (areia, silte e argila), área etc. Com as mudanças nas áreas litorâneas, as formas das praias são constantemente alteradas, às vezes até desaparecendo.

Rochas, falésias, bem como outros agentes podem deixar registros especiais nas áreas litorâneas. Fragmentos de rochas transportados podem ser depositados nas costas litorâneas, formando e adensando as praias. Os processos geológicos são lentos, entretanto, nas faixas litorâneas, eles ocorrem em curto período de tempo, muitas vezes como consequência de grandes ventanias ou tempestades.

#### 4.17. Oceanos

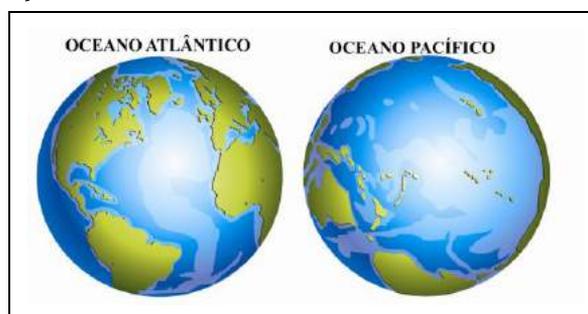
Cerca de 70% da superfície terrestre é coberta por águas. Elas podem ser doces (somente 3%), e salgada, se dos mares e oceanos (o restante). Entre os continentes há cinco oceanos definidos: Atlântico, Pacífico, Índico, Ártico e Antártico. No fundo do mar existe a mais surpreendente das placas da Terra, ou a placa dos fundos dos oceanos, que forma grandes paisagens. Próximo à faixa litorânea, ocorrem zonas pouco profundas formando a plataforma continental; mais à frente, a profundidade aumenta, a topografia se aplaina e o fundo do oceano passa a ser chamado de plataforma abissal, com profundidade variando de quatro a seis mil metros. Mas, assim como na superfície terrestre, no fundo dos mares existem muitas feições geológicas, como montanhas e *canyos*. Quando uma montanha aflora no mar, ilhas são formadas, denominadas de ilhas vulcânicas (Figura 38).



**Figura 38.** Formação de oceanos.

Fonte: Atlas of Geology and Landforms.

Ondas, mares e ventos dos oceanos têm efeitos globais, haja vista que, no passado, eles já foram unidos. A vida iniciou nos oceanos, mas hoje suas diversas profundidades e temperaturas formam diferentes habitats para animais e plantas. Os oceanos são as mais ricas fontes de recursos aos homens, produzindo alimentos, energia e minerais. O maior de todos os oceanos é o Pacífico. O Brasil é banhado pelo Atlântico (Figura 39).



**Figura 39.** Oceanos.

Fonte: Arquivo do autor.

#### 4.18. Ilhas

Ilha é uma porção de terra cercada de água por todos os lados. A Groenlândia é considerada a maior ilha do mundo. Austrália e Antártica também são cercadas por água, mas, devido ao tamanho, são consideradas continentes. Ilhas vulcânicas, como o Japão e a Irlanda, foram formadas a partir de vulcões que, após as erupções, provocaram seu afloramento na água dos oceanos. Com a variação do nível do mar, muitas ilhas são perdidas. No Brasil, está a maior ilha fluvial do mundo, a do Pantanal, com cerca de 20 mil quilômetros quadrados de extensão, cercada pelos rios Araguaia e Javaés, assim como, a Ilha do Marajó (Figura 40), no Pará, com cerca de 50 mil quilômetros quadrados, que por estar localizada na foz do rio Amazonas com o oceano Atlântico, não pode ser considerada fluvial.



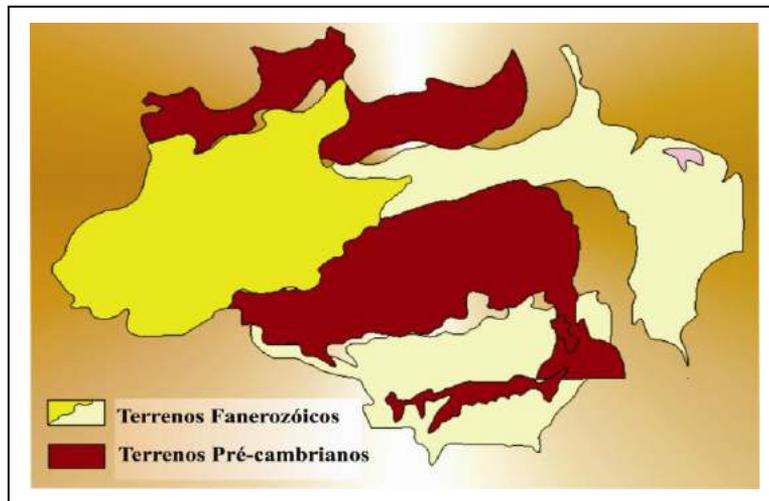
**Figura 40.** Ilha do Marajó.

Fonte: [www.google.com.br](http://www.google.com.br).

#### 4.19. Mapas

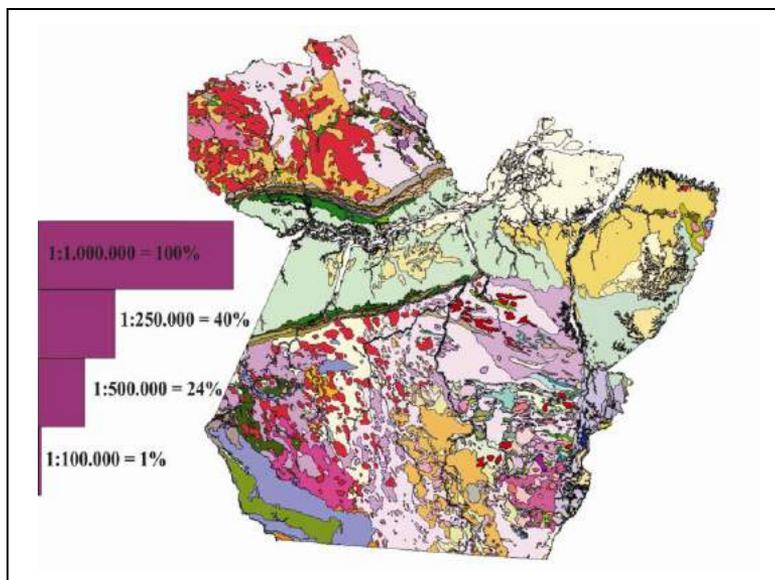
Os mapas são utilizados para mostrar a posição e as formas dos continentes, países, montanhas, vales, rios, oceanos e muitas outras feições. Servem também para orientar a navegação tanto em estradas como em rios e mares. Eles são úteis para entender melhor os objetivos de cada usuário, como fazem os geólogos. Atualmente há ferramentas modernas, como GPS e programas de computadores, que servem para melhor definir posicionamentos de alvos a serem descobertos.

A responsabilidade de fazer os mapas das rochas é do Serviço Geológico do Brasil, a Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM), por meio dos levantamentos geológicos básicos (Figura 41), embora o Projeto Radam Brasil, nas décadas de 70 e 80 do século passado, por iniciativa do Ministério de Minas e Energia, tenha mapeado a Amazônia na escala 1:1.000.000 (relação entre milionésimo no mapa e cada um centímetro no terreno, assim, quanto maior o número após os dois pontos, menor é a escala). O Pará (Figura 42), considerado o estado melhor mapeado, na Amazônia, tem somente 1% de seu território mapeado na escala 1:100.000 (escala compatível para indicar zonas minerais anômalas). Na escala 1:250.000, apenas 40% de seu domínio geográfico; e 24 % em 1:500.000.



**Figura 41.** Mapa da Amazônia.

Fonte: CPRM.



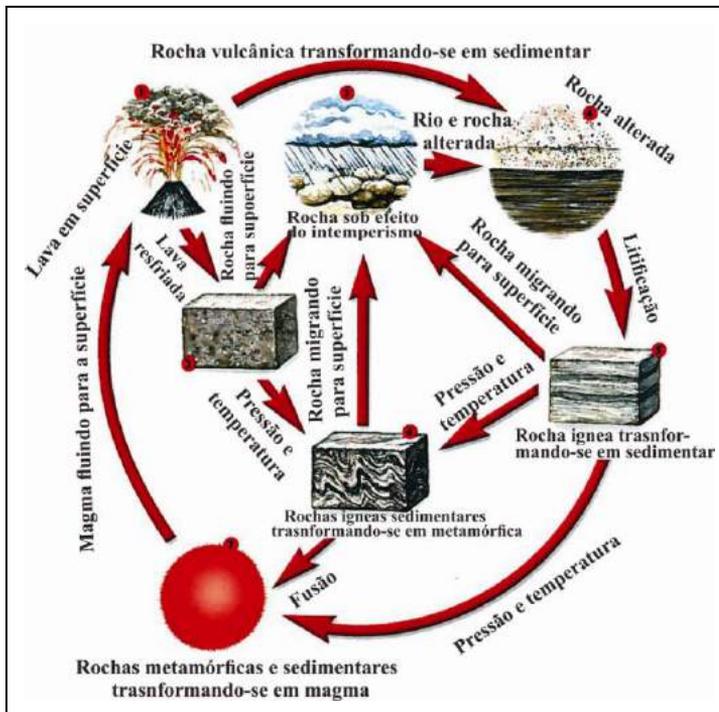
**Figura 42.** Mapa geológico do Pará.

Fonte: CPRM.

Outras ferramentas também são usadas para identificar rochas e zonas possíveis de serem mineralizadas: são os levantamentos geofísicos, que podem ser aéreos (escalas menores – como aeromagnetometria) ou terrestres (escalas maiores); e os levantamentos geoquímicos, que utilizam dados de solos, sedimentos, rochas e água. Todos são reproduzidos em mapas que orientam os geólogos na busca de minérios.

## 5. ROCHAS

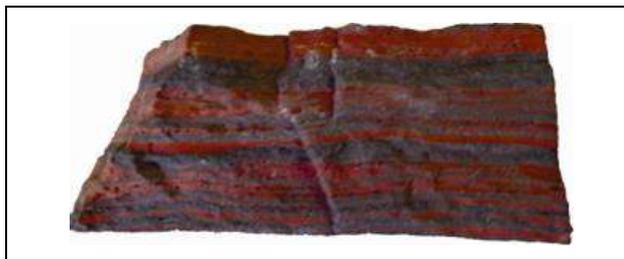
As rochas são formadas por um ou mais minerais em associação, ocupando expressivo volume da Terra (Figura 43). Dependendo do tipo e da quantidade de minerais de que são formadas, recebem nomes diferentes. Elas têm origem em materiais que ocorrem no *manto* da Terra, possuindo substâncias sólidas e químicas denominadas de minerais. Alguns deles contêm grandes cristais, que são formas sólidas com faces geométricas e regulares, podendo ser vistos e reconhecidos facilmente. Outro tipo de rocha é originado a partir de cristais tão pequenos que é impossível verificar suas texturas a olho nu.



**Figura 43.** Esquema de formação das rochas.

Fonte: Atlas of Geology and Landforms.

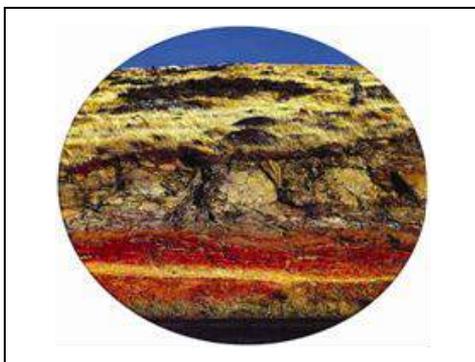
Muitos minerais que formam as rochas têm importância especial para a humanidade, pois deles podem ser extraídas substâncias metálicas e não metálicas utilizadas em larga escala pelo ser humano. Nesses casos, são chamados de minério. Portanto, pode-se dizer que minério é uma rocha que possui um ou mais minerais ou metais e que podem ser extraídos economicamente, sendo um bom exemplo as *formações ferríferas bandeadas* consideradas como a fonte da mina minério de ferro de Carajás (Figura 44). Já o metal é uma substância simples, com brilho e bom condutor de eletricidade. Os metais são extraídos das rochas ou dos minérios.



**Figura 44.** Formação ferrífera bandeada. Peça em exposição no DNPM-Pará.

Fonte: Reprodução fotográfica do autor.

Montanhas e escarpas representam grandes massas rochosas, enquanto seixos e grãos de areias são pequenos fragmentos de rochas (Figura 45). Há três diferentes tipos de rochas, classificadas de acordo com sua gênese: *ígneas*, *sedimentares* e *metamórficas*, com todas elas compondo a *crosta* terrestre. As rochas claras, com bastante quartzo, são denominadas de félsicas, e as escuras com pouco quartzo, são conhecidas como máficas.



**Figura 45.** Esquema de alteração de rochas.

Fonte: Atlas of Geology and Landforms.

### 5.1. Rochas Ígneas

As rochas ígneas são formadas a partir do *magma* ao se resfriar e solidificar. São divididas em intrusivas (formadas em profundidade) e extrusivas ou vulcânicas (cristalizadas na superfície da Terra).

**Rochas Intrusivas:** sofrem resfriamento lento, havendo tempo para formar cristais e grânulos grosseiros (Figura 46), o que as caracteriza como textura grosseira (aspecto visual a olho nu). A mais comum das rochas ígneas é o granito, composto de quartzo, mica e feldspato (Figura 47).



**Figura 46.** Rocha intrusiva - gabro.

Fonte: Mineração Caraíba.



**Figura 47.** Rocha ígnea - granito.

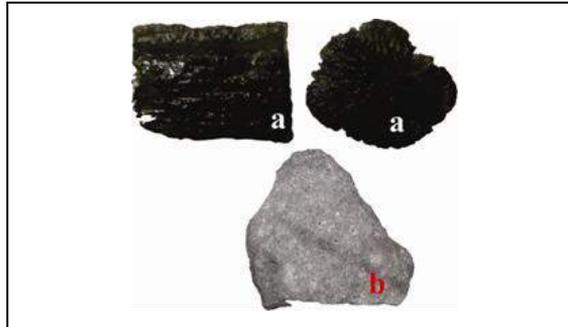
Fonte: Reprodução fotográfica do autor.

**Rochas Extrusivas ou Vulcânicas:** são expelidas dos vulcões como lavas e, devido ao rápido resfriamento em superfície, não há condições para formar cristais bem definidos, apresentando granulometria e textura finas (Figura 48). A principal representante desse tipo de rocha é o basalto, composto de plagioclásio e piroxênio. Quando resfriadas rapidamente em superfície, formam os vidros vulcânicos (Figura 49a) e também as rochas lunares coletadas pela missão Apolo 12. Dos 382 quilos coletados durante a missão americana, três deles se encontram no Museu of Flight, empreendimento da empresa Boeing, localizada em Seattle – Washington, Estados Unidos (Figura 49b).



**Figura 48.** Rocha vulcânica - riodacito e riolito.

Fonte: Mineração Caraíba.



**Figura 49.** a) Vidro vulcânico.

Fonte: Reprodução fotográfica do autor. Amostra de Gabriel Guerreiro.

b) Rocha lunar.

Fonte: Reprodução fotográfica do autor. Amostra do Museum of Flight. Seattle - Washington/USA.

## 5.2. Rochas Sedimentares

As rochas sedimentares são formadas a partir da erosão, transporte e sedimentação de rochas pré-existentes, tanto ígneas, como metamórficas, e mesmo outras rochas sedimentares. Suas representantes mais comuns são: conglomerados, arenitos, folhelhos, siltitos e argilitos (Figura 50), com os principais minerais sendo as micas e os argilo-minerais, entretanto, pode haver outros, dependendo da composição das rochas originais e do ambiente de sedimentação da nova rocha. A textura é função da predominância da granulometria, assim variando de fina a grosseira.



**Figura 50.** Rocha sedimentar - silito/arenito.

Fonte: [www.google.com.br](http://www.google.com.br)

## 5.3. Rochas Metamórficas

As rochas metamórficas têm origem em rochas ígneas, sedimentares, ou mesmo outras rochas metamórficas, que sofrem grandes pressões e temperaturas (Figura 51). São características de grandes profundidades e de zonas de dobramentos, falhamentos e áreas de fricção das placas tectônicas, cujo processo que as origina é denominado de metamorfismo. Seus minerais e texturas são produtos de alterações químicas que as transformam da rocha original em outro tipo

(as metamórficas). Os minerais resultantes dessas altas pressões e temperaturas dependem do ambiente em que as rochas são originadas. Um determinado tipo de rocha pode ser transformado em muitos outros diferentes tipos. Folhelhos e arenitos podem originar ardósia e xistos, por exemplo, dependendo das condições de pressão e temperatura em que se formaram. Os granitos transformam-se em gnaisses.



**Figura 51.** Rocha metamórfica - xisto.

Fonte: Mineração Caraíba.

Há ainda as rochas formadas a partir de esforços entre rochas pré-existentes, denominadas de brechas (Figura 52).



**Figura 52.** Rocha - brecha.

Fonte: Reprodução fotográfica do autor.

## 6. MINERAIS

### 6.1. Definição de Minerais

São compostos inorgânicos, com uma ou mais substâncias químicas, chamadas de átomos; apresentam-se na forma sólida à temperatura normal (exceto o mercúrio) e pertencem à classe gramatical como substantivo masculino e adjetivo. Ocorrem dentro das rochas e são formados a partir da crosta da Terra. Cada mineral tem composição e estrutura definidas. Parte deles é constituída por único elemento, por exemplo, o diamante (carbono) e o ouro. O quartzo possui dois elementos oxigênio e sílica, enquanto a maioria deles é feita de muitos elementos, como é o caso da gipsita que contem cálcio, oxigênio e enxofre.

Existem cerca de quatro mil diferentes tipos de minerais, mas somente cem deles são mais comuns e cerca de trinta formam as rochas, denominados de minerais formadores de rochas. Diferentes rochas contêm proporções variadas de um ou mais minerais. Os tipos mais comuns são: quartzo, mica, feldspato, calcita, olivina e augita.

As principais propriedades dos minerais são: cor, brilho, densidade, dureza e resistência à quebra (Tabela 2).

**Tabela 2.** Tabela de dureza de Mohs.

Mineral	Dureza
Talco	1
Gipsita	2
Calcita	3
Fluorita	4
Apatita	5
Ortoclásio	6
Quartzo	7
Topázio	8
Coríndon	9
Diamante	10

Fonte: Geologia Geral - 6ª Ed. 2010 Jose Henrique.

Os minerais são classificados em grupos: elementos nativos, silicatos, óxidos, sulfetos, sulfatos, halogenetos, carbonatos e fosfatos.

## 6.2. Elementos Nativos

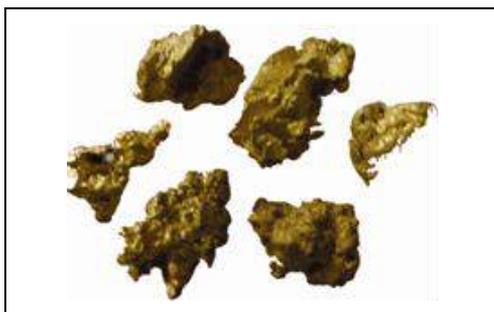
Os elementos nativos são aqueles formados por um só elemento; muitos sendo metais, como o ouro, a prata, a platina, o cobre etc. O ouro pode ser encontrado no formato de pepitas, como a que foi encontrada em Serra Pelada, contendo 6,7 kg de ouro maciço (Figura 53), ou fragmentos nas rochas, ocorrendo nas suas fraturas ou bordas, mas pode também ser encontrado em aluviões, eluviões e coluviões.



**Figura 53.** Aspectos da pepita encontrada em Serra Pelada.

Fonte: Breno Santos.

Alguns dos minerais não metálicos, como o ouro e o diamante, a grafita e o enxofre, ocorrem como elemento nativo (Figura 54); outros, encrustados em minerais, como é o caso do ouro em quartzo (Figura 55). O diamante é formado em altas profundidades sob fortes pressão e temperatura, enquanto a grafita se forma em baixas temperaturas. O enxofre amarelo, frequentemente, é encontrado próximo a fontes vulcânicas.



**Figura 54.** Ouro nativo.

Fonte: Reprodução fotográfica do autor. Amostra de Gabriel Guerreiro.



**Figura 55.** Ouro encrustado no quartzo.

Fonte: Reprodução fotográfica do autor. Amostra de Gabriel Guerreiro.

### 6.3. Silicatos

Os minerais silicatados, ou simplesmente silicatos, representam a maior e mais importante classe de minerais constituintes das rochas. Classificam-se de acordo com a estrutura do seu grupo e são os mais comuns formadores de rochas (representadas por quartzo, silicatos, olivina e piroxênio). Há mais de mil tipos diferentes de silicatos e todos eles possuem sílica e oxigênio.

Os minerais compostos de silicatos são caracterizados pela forma tetraédrica de seus cristais. Por vezes, os tetraedros se juntam em cadeias, cadeias duplas, folhas ou em estruturas tridimensionais, classificados de acordo com sua estrutura molecular nos seguintes grupos: olivina, piroxênio, anfibólios, micas e argilas, feldspatos e quartzo (Figura 56).



**Figura 56.** Talco, silicato de magnésio. Peça em exposição no DNPM-Pará.

Fonte: Reprodução fotográfica do autor.

Em geologia, o termo silicato é usado para denotar um tipo de rocha que consiste de silício e oxigênio (geralmente como  $\text{SiO}_2$  ou  $\text{SiO}_4$ ), um ou mais metais e possivelmente hidrogênio. A maioria da *crosta* da Terra é composta por rochas de silicato, como a gipsita – silicato de cálcio (Figura 57), assim como as crostas de outros planetas rochosos.



**Figura 57.** Gipsita. Peça em exposição no DNPM-Pará.

Fonte: Reprodução fotográfica do autor.

Os silicatos estão presentes nas rochas básicas e ultrabásicas (dunitos, piroxenitos, peridotitos, noritos, basaltos e gabros); nas magmáticas ácidas a intermediárias anidras (charnockitos e enderbitos); e nas metamórficas de altas temperaturas, de metamorfismo regional (granulitos) ou de contato (ortopiroxênio hornfels). O piroxênio escuro também é encontrado em muitas rochas, principalmente as de composição básica. Outros silicatos são mais raros como granada, turmalina e topázio – silicato de alumínio (Figura 58), encontrados em diferentes cores.



**Figura 58.** Topázio.

Fonte: Reprodução fotográfica do autor. Amostra de Gabriel Guerreiro.

## 6.4. Óxidos

Óxidos, como hematita e magnetita, são conhecidos formadores de minério de ferro, combinados com oxigênio e formados em altas profundidades. Estes e outros minerais, além de óxidos, são encontrados em todos os tipos de rochas. A hematita contém altos teores de ferro e tem sido minerada ao longo do tempo como minério de ferro. Carajás, no Pará, é a maior mina do mundo. Em Carajás, também, há mina de manganês que é formado por óxido (Figura 59). Todavia o óxido mais comum na natureza é o quartzo, formado por silício e oxigênio (Figura 60). Há outros óxidos especiais como o olho de tigre (Figura 61).



**Figura 59.** Óxido de manganês de Carajás. Peça em exposição no DNPM-Pará.

Fonte: Reprodução fotográfica do autor.



**Figura 60.** Quartzo (transparente, vermelho e incolor).

Fonte: Reprodução fotográfica do autor.



**Figura 61.** Quartzo olho de tigre.

Fonte: Reprodução fotográfica do autor. Amostra de Gabriel Guerreiro.

## 6.5. Gemas

São minerais especiais e preciosos, utilizados para fins joalheiros ou ornamentais. Dos milhares de minerais que ocorrem na natureza, cerca de cinquenta são usados como gemas (Figura 62), incluindo diamantes, esmeraldas, rubis, ametistas e safira. No Pará, a gema mais comum é a ametista. As gemas necessariamente têm uso duradouro, são resistentes, entretanto há minerais não preciosos que são frágeis. Muitas gemas se apresentam em forma bruta, necessitando de lapidação antes de serem usadas em joias. Algumas delas, todavia, apresentam impurezas em suas cores. O azul da safira é proveniente de impureza de titânio e ferro, enquanto o vermelho do rubi, do cromo.



**Figura 62.** Gemas.

Fonte: Arquivo do autor.

## 6.6. Sulfetos

Representam combinação de enxofre com determinado metal, como pirita, calcopirita, galena e cinábrio. São importantes fornecedores de metais e muitos deles pertencem ao grupo dos metálicos. A calcopirita, por exemplo, é uma das principais fontes de cobre, enquanto que a galena é de chumbo. Arsenopirita e pirita (Figura 63), quase sempre, formam perfeitos cristais. O cinábrio, frequentemente está associado a fontes quentes em vulcões, devido às formas em águas quentes que evaporam, possui cor amarelo brilhante e grande quantidade de mercúrio.



**Figura 63.** Pirita-sulfeto de ferro. Peça em exposição no DNPM-Pará.

Fonte: Reprodução fotográfica do autor.

## 6.7. Sulfatos

Os sulfatos são combinações de enxofre e oxigênio. Existem mais de duzentos minerais sulfatados, quase todos raros. São formados, em sua maioria, a partir da evaporação de água em desertos ou fontes vulcânicas, originadas de depósitos minerais. Todos eles são leves e de cor clara, como o gesso, um sulfato de cálcio (Figura 64).



**Figura 64.** Gesso

Fonte: [www.google.com.br](http://www.google.com.br)

## 6.8. Halita

O sal mais comum é o adicionado às refeições diárias nos quatro cantos do planeta. É leve e facilmente dissolvido na água. É um mineral muito comum e encontrado em muitos lugares do mundo. Sua ocorrência mais frequente é em áreas próximas ao oceano. Forma cristais em cubos e pode ser encontrado também dentro de rochas em ambiente de mares.

## 6.9. Carbonatos e Fosfatos

Todos os minerais carbonatados têm oxigênio e carbono, como calcita, malaquita e azurita. Muitas formas de carbonatos e sulfatos sofrem efeitos de chuva e vento durante suas formações. Há muitos diferentes tipos de calcita (Figura 65), algumas delas formadas em áreas de calcário. Quando águas circulam através das rochas, captam o carbonato de cálcio e, gotejando, podem originar formas conhecidas como estalactites (quando penduradas no teto) ou estalagmites (se formadas a partir da base da cava da rocha). O principal representante dos fosfatos é a apatita.



**Figura 65.** Cristais de calcita.

Fonte: Reprodução fotográfica do autor.

### 6.10. Origem dos Minerais

Muitos minerais são formados em altas profundidades no interior da Terra, quando fontes quentes solidificam, sob a forma de rochas. A crosta, como já citada, é uma camada que envolve a Terra e é dividida em duas partes: crosta terrestre e crosta oceânica. Abaixo da crosta, há o manto, que é a camada iniciada na parte inferior da crosta, estendendo-se por cerca de três mil quilômetros. Nele há o magma, igualmente já citado, que é um volume de massa pastosa que dá origem aos minerais e rochas. Da mesma forma que elas, os minerais também espelham o local em que são originados. Se em profundidade, são minerais ígneos, formando cristais bem desenvolvidos e normalmente representados por quartzo, mica e feldspato. Já quando o resfriamento é próximo ou na superfície, não há tempo para desenvolver os cristais, e os minerais, na maioria das vezes, são plagioclásio e piroxênio.

Os minerais sedimentares desenvolvem o quartzo e argilo-minerais, entretanto, pode haver outros, dependendo da composição das rochas originais e do ambiente de sedimentação da nova rocha.

Os minerais metamórficos quase sempre são os feldspatos, as micas e o quartzo.

### 6.11. Uso dos Minerais

Os minerais têm grandes utilidades. Os que contêm metais são utilizados em naves espaciais, aeroplanos, automóveis (Figura 66), latas, computadores, televisões, telefones, tablets, GPS etc. (Figura 67). Outros têm utilidades em fabricação de casas, edifícios; servem também para compor remédios, cremes dentais, joias, papéis e até cosméticos. Se forem verificadas todas as utilidades dos minerais e metais, chega-se à conclusão de que, desde o momento em que uma pessoa se acorda até a hora de dormir, demanda esses produtos oriundos dos recursos minerais. A água, composta de hidrogênio e oxigênio, na relação de dois para um, é um mineral, e dela os seres vivos dependem para quase tudo na vida, até mesmo o corpo humano que é composto de 70% de água.



**Figura 66.** Automóvel.

Fonte: [www.google.com.br](http://www.google.com.br)

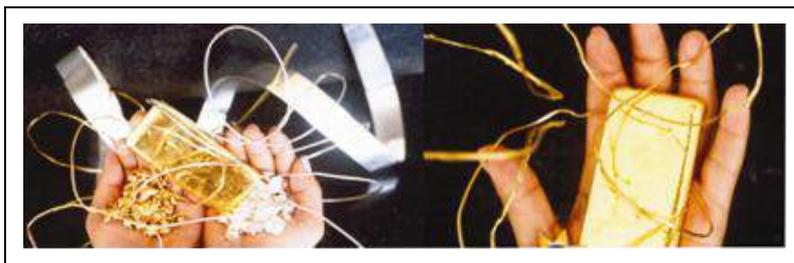


**Figura 67.** Tablets, câmeras, gps e telefones.

Fonte: [www.google.com.br](http://www.google.com.br)

O quartzo, por exemplo, tanto pode ser usado para fabricar telhas e tijolos, como também em relógios. A sílica, que é um quartzo especial, serve para fazer lentes de óculos, vidros e chips de computadores, telefones e tablets.

Todas as joias usadas em adornos no mundo inteiro são minerais ou metais, chamados de preciosos e semipreciosos, principalmente ouro e prata (Figura 68).



**Figura 68.** Ouro, prata, fios de ouro e prata usados em joias.

Fonte: Reprodução fotográfica do autor.

## 6.12. Minerais Decorativos

**Cristais:** são minerais com formas geométricas bem definidas. Normalmente possuem faces lisas e bordas regulares, originadas de arranjos bem formados de átomos que constituem blocos de minerais. São classificados ou divididos em grupos em função de suas simetrias baseadas nas formas geométricas. Podem ainda ser agrupados devido às suas propriedades físicas. Alguns cristais têm cores parecidas, enquanto outros mostram cores variadas, por causa de sua estrutura atômica. Os cristais também podem ser formados em laboratórios.

Muitos minerais como rubi, esmeralda, turmalina e opala são usados como joias e chamados de gemas (Figura 69). Quando se apresentam em forma de cristais, são bastante caros, dependendo de suas características e tamanho. Suas diferentes cores refletem as impurezas que contêm: quando polidos espelham brilhos em faces bem definidas, denominado de gemas. Os valores das gemas e metais preciosos são caros em função de sua raridade e beleza. As principais gemas são: o diamante, o rubi, a esmeralda e a safira que, dentre outras, formam as gemas preciosas. Outras, de menor valor, são conhecidas como gemas semipreciosas (opala, turmalina, malaquita, ametista e topázio). As granadas, quase sempre, são oriundas de rochas metamórficas, de cor vermelho-sangue. Turmalina, topázio e ametista são encontradas sob variados tipos de cores; topázio colorido é frequentemente confundido com diamante. O topázio imperial, encontrado somente em Ouro Preto, Minas Gerais, é muito utilizado em joias.



**Figura 69.** Joias e gemas.

Fonte: Reprodução fotográfica do autor. Amostra de Gabriel Guerreiro.

Devido ao alto valor das gemas preciosas, muitos cientistas têm buscado criá-las em laboratórios. Por exemplo, o diamante pode ser fabricado a partir do zircônio. Vale dizer que algumas dessas gemas são tão bem feitas que é difícil distingui-las das gemas verdadeiras. Outros minerais, como jade e ágata, são usados em decoração, como estátuas, vasos e tigelas. A ágata é um dos mais populares minerais utilizados em decoração, devido as suas faixas coloridas. As formas dos minerais encontrados na natureza também os caracterizam como drusas e geodos, formados normalmente de quartzo (Figura 70).



**Figura 70.** Drusa e geodo.

Fonte: Reprodução fotográfica do autor.

Dentre as gemas preciosas, o diamante é o mais raro e sua cristalização se dá a altas profundidades, sob altas pressões e temperaturas, em rochas denominadas de kimberlitos. É o mineral mais duro, com excelente transparência e brilho. Muitos podem ter impurezas que os tornam multicoloridos, às vezes similares ao arco-íris. Mais de 20% dos diamantes do mundo inteiro são destinados às joalherias e são classificados de acordo com os “4C”, os mais puros tem “4c”, que significa *carat, clarity, cut* e *color* (quilates, transparência, corte e cor). O quilate é a medida do peso – quanto mais elevado for, maior valor terá. A transparência é outra característica difícil de ser encontrada, devido a algumas impurezas, o que lhes subtrai valor. O corte é a maior facilidade de formar faces perfeitas: quanto melhor ele for feito, melhor é sua avaliação. A cor é uma propriedade específica desse mineral, pois muitas vezes apresenta minúsculas tonalidades diferentes. O diamante verdadeiramente incolor é muito raro de ser encontrado e seu valor é muito alto.

### 6.13. Decorações

Desde a idade mais antiga, os povos usam derivados de rochas em cavernas, cabanas, casas de tijolos, templos e palácios, onde eram utilizados como decoração. A preferência era pelos de longa durabilidade, que serviam para proteger do calor, frio e mesmo de tempestades. Depois passaram a ser usados em edificações em climas quentes. Hoje têm outras utilidades, dentre elas a ornamentação, pois são usados em edifícios e casas como pisos e revestimentos de paredes. Outra utilidade dos minerais é representada por pequenas coleções (Figura 71), incluindo amostras de rochas para decorações (Figura 72), ou ainda aqueles típicos da Região Amazônica, como os muiraquitãs (Figura 73).



**Figura 71.** Coleção de cristais e rochas.

Fonte: Reprodução fotográfica do autor.



**Figura 72.** Peças de decorações.

Fonte: Reprodução fotográfica do autor.



**Figura 73.** Muiraquitã.

Fonte: Reprodução fotográfica do autor. Amostra de Gabriel Guerreiro.

#### 6.14. Metais

O metal é uma substância química, cuja fórmula não pode ser dividida; alguns possuem único elemento, como o ouro (Figura 74). Os metais são encontrados no subsolo, dentro de rochas ou minerais, e são chamados de minério, que, quase sempre, são explorados economicamente. Entretanto há alguns que podem ser encontrados em drenagens sob forma de placers (depósitos formados por areia e cascalhos ao longo de drenagens). São, em geral, muito pesados (densos) e resistentes às transformações naturais, como é o caso do ouro e da cassiterita (minério de estanho).



**Figura 74.** Barra de ouro.

Fonte: Reprodução fotográfica do autor.

Os depósitos denominados de sulfetados que produzem metais, como cobre, níquel, chumbo, zinco e outros são minerais especiais. Há cerca de uma centena de metais. A maioria deles ocorre sob a forma sólida (exceto o mercúrio) e possuem características próprias como dureza, cor, condução de eletricidade. Quando polidos, refletem seu brilho metálico. Existe uma variedade de metais que apresentam propriedades específicas que servem para adornos e joias (anéis, pulseiras, cordões etc.). Todos os metais, ao serem fundidos, podem ser adaptados e transformados em novas formas.

## **7. PETRÓLEO E GÁS NATURAL**

### **7.1. Definição e Uso**

O petróleo é uma substância oleosa, inflamável, de origem fóssil, que também faz parte de diversos produtos do nosso dia a dia. Ele possui cheiro característico e, em geral, é menos denso que a água, tem cor variando entre o negro e o castanho escuro. Embora objeto de muitas discussões no passado, hoje tem-se como certa a sua origem orgânica, sendo uma combinação de moléculas de carbono e hidrogênio. Sua origem está ligada à decomposição dos seres que compõem o plâncton – organismos em suspensão nas águas doces ou salgadas, tais como protozoários, celenterados e outros – causada pela pouca oxigenação e pela ação de bactérias. Estes seres decompostos foram, ao longo de milhões de anos, se acumulando no fundo dos mares e dos lagos, sendo pressionados pelos movimentos da crosta terrestre e transformaram-se na substância oleosa, que é o petróleo. Ao contrário do que se pensa, o petróleo não permanece na rocha que foi gerado (rocha matriz), mas desloca-se até encontrar um terreno apropriado para se concentrar.

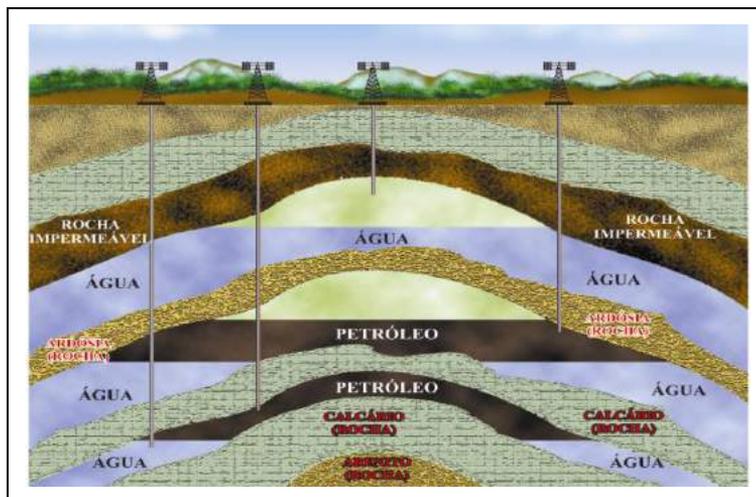
O petróleo é considerado uma fonte de energia não renovável, de origem fóssil, e é a matéria prima da indústria petrolífera e petroquímica. O petróleo bruto possui em sua composição uma cadeia de hidrocarbonetos, cujas frações leves formam os gases e as frações pesadas, o óleo cru. A distribuição desses percentuais de hidrocarbonetos é que define os diversos tipos de petróleo existentes no mundo.

Na natureza, quando encontrado, está nos poros das rochas, chamadas de rochas reservatórios, ou lençóis, representadas por arenitos, calcários ou folhelhos. Lá também, são encontrados o gás natural, na parte superior; o petróleo, propriamente dito, na parte intermediária; e água, na inferior. A permeabilidade irá permitir a sua produção. Permeabilidade e porosidade são duas propriedades características de rochas sedimentares, motivo pelo qual as bacias sedimentares são os principais locais de ocorrência de hidrocarbonetos.

Além dos combustíveis, ele também está presente em fertilizantes, plásticos, tintas, borracha, dentre outros. Esse minério levou milhões de anos para ser formado nas rochas sedimentares e se tornou uma das principais fontes de energia do mundo moderno.

## 7.2. Distribuição Geográfica

No Brasil, a maior parte das reservas de petróleo e gás natural está localizada nos campos marítimos, em lâminas d'água com profundidades maiores que as dos demais países produtores. Encontrar petróleo e gás exigiu da Petrobras conhecimento e tecnologia, além de ousadia e criatividade (Figura 75).

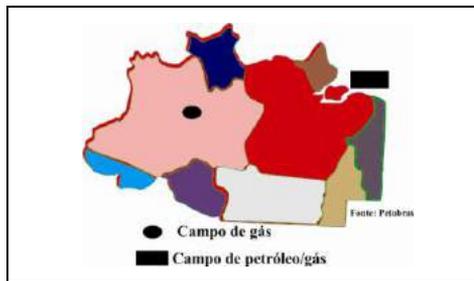


**Figura 75.** Sondagem de petróleo e gás.

Fonte: Elaboração autor.

Nas refinarias, o óleo bruto passa por uma série de processos até se obterem os produtos derivados, como gasolina, diesel, lubrificantes, nafta e querosene de aviação. Outros produtos obtidos a partir do petróleo, são os petroquímicos, que substituem grande quantidade de matérias primas, como madeira, vidro, algodão, metais, celulose e até mesmo as de origem animal, como lã, couro e marfim.

O primeiro campo comercial de óleo e gás natural da Amazônia Brasileira (Rio Urucu) data de 1986, na bacia do rio Solimões (Figura 76). Essa descoberta foi motivada a partir de perfuração de outros poços que constituíram a província petrolífera do rio Urucu, localizada a aproximadamente 650 km da capital Manaus e a 285 km do município de Coari. Segundo dados da Petrobras, a reserva potencial de gás natural do Amazonas chega a 130 bilhões de metros cúbicos, dos quais 77,9 bilhões estão concentrados em Urucu com reservas comprovadas. A produção atual diária é de cerca de 10 milhões de metros cúbicos, dos quais 8,3 milhões são reinjetados para armazenagem ou recuperação de óleo (gáslift). O restante é destinado à produção de gás liquefeito de petróleo (GLP) e à geração de energia elétrica que atende o polo industrial de Urucu. Dados da Petrobras divulgam que a produção atual é da ordem de 60 mil barris de petróleo/dia e a de GLP mais de mil toneladas/dia, o que equivale a 90,3 mil botijões de 13 kg.



**Figura 76.** Campos de petróleo e gás.

Fonte: Ilustração elaborada pelo autor.

Na costa Pará-Maranhão existem ocorrências de petróleo e gás (Figura 76), onde está sendo perfurado um poço, em lâmina d'água de dois mil metros. A existência de hidrocarbonetos na costa paraense já foi revelada em estudos que datam da década de 70 do século passado. Todavia, dados recentes indicam possibilidade de dimensionar as reservas, com o emprego de novos recursos tecnológicos.

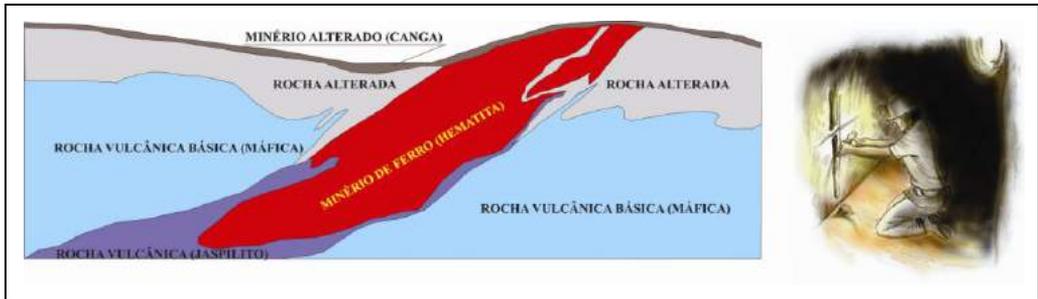
## 8. MINERAÇÃO

### 8.1. Aspectos Gerais

Os minérios estão distribuídos na Terra, desde a formação das primeiras rochas, tendo sido primeiramente encontrados, nos depósitos aluvionários. Esses depósitos são materiais inconsolidados que, na sua parte inferior são formados de seixos (blocos, normalmente arredondados, constituídos de quartzo, ou pedaços de rochas); na média, de areia; e na superior, de argila ou barro. É preciso conhecer, portanto, como se formam os minérios.

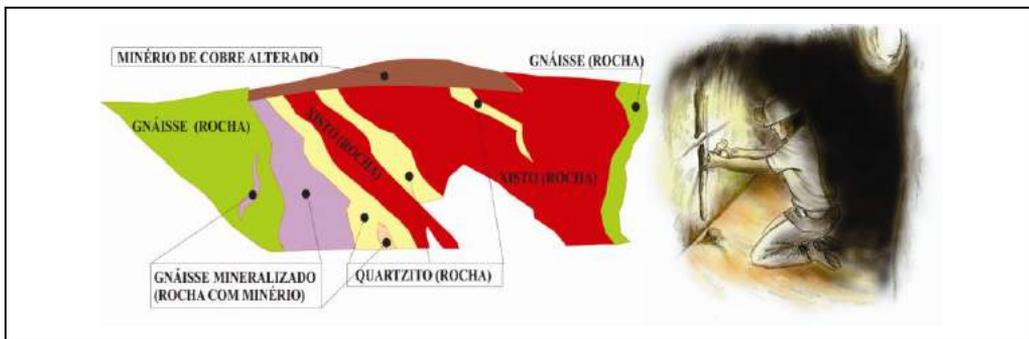
O condicionamento geológico do planeta permite que algumas regiões da crosta tenham maiores tendências a possuir, em suas estruturas, locais com enriquecimento de minerais e/ou minérios, que são chamados de mineralizações, formados, principalmente, em períodos denominados de *épocas metalogenéticas*, em que a deposição dos metais foi mais pronunciada. As áreas que apresentam essa condição podem ser definidas como *províncias minerais*, que ocorrem nos diversos subsolos dos continentes.

Na Amazônia, a principal província é Carajás, localizada no sudeste do Pará, cujos minérios representam amplas reservas e teores elevados. O minério de ferro possui um dos melhores teores do planeta – em torno de 65% de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (Figura 77), assim como o cobre, cujos volumes detectados colocarão o Brasil em posição estratégica no mercado mundial (Figura 78). O Pará e todos os que vivem e trabalham naquela região se sentem orgulhosos por essa dádiva da natureza.



**Figura 77.** Modelo esquemático o minério de ferro de Carajás.

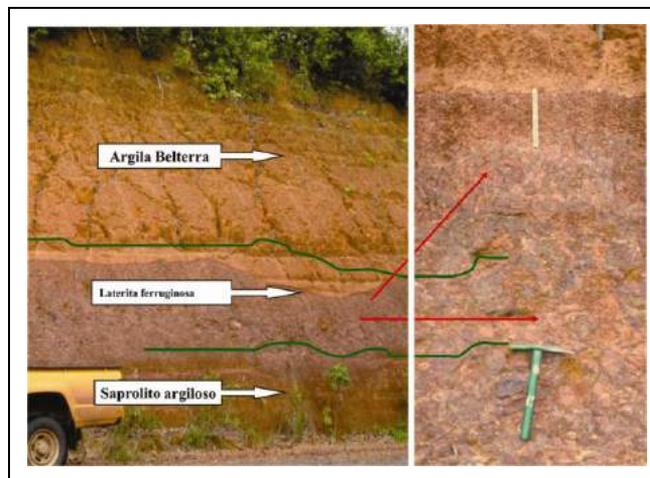
Fonte: Arquivo do autor.



**Figura 78.** Modelo esquemático o minério de cobre de Carajás.

Fonte: Arquivo do autor.

A bauxita, também abundante na Amazônia, é um minério de origem sedimentar e está associada às alterações de rochas localizadas em climas tropicais, como as de Trombetas, Juruti, Paragominas e Rondon do Pará (Figura 79).



**Figura 79.** Perfil típico de depósito de bauxita.

Fonte: Empresa de consultoria.

O minério tem características próprias como não ser renovável, portanto com safra única; ter localização rígida; possuir pouca distribuição geográfica; e ser explorado, de um modo geral, próximo ao seu local de ocorrência; ter risco elevado; exigir alto investimento em capital; e possuir retorno demorado (o período de tempo entre localizar uma ocorrência e sua exploração demora, no mínimo, dez anos, e de cada mil ocorrências, somente uma se transforma em mina – Figura 80).

Diferentemente é a mineração que, por meio de seus produtos de transformação, e até reciclagem, pode se perpetuar por muitos ciclos.



**Figura 80.** Risco da pesquisa mineral.

Fonte: Arquivo do autor.

Os elementos formam os minerais e estes, as rochas. O conjunto deles, com abundância de um ou mais minérios, forma os depósitos minerais. Quando estes são avaliados, em termos de qualidade e quantidade de minérios, ou seja, quando são dimensionados e mensurados, e, acima de tudo, apresentam valor econômico, passam a ser chamados de *jazidas*.

Os minérios e seus produtos de transformação estão presentes no dia a dia da população, todavia, para se chegar ao minério, há um longo caminho a percorrer. O primeiro passo a ser dado é observar, nos mapas, os denominados levantamentos geológicos básicos – aqueles que o governo faz e que são executados pelo Serviço Geológico do Brasil (CPRM). Neles são observadas estruturas e tipos de rochas capazes de armazenar minerais passíveis de serem economicamente explorados.

O passo seguinte é a obtenção de duas licenças: mineral e ambiental.

A pesquisa mineral se faz por intermédio de um registro da área no Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM), órgão do governo federal ligado ao Ministério de Minas e Energia (MME), que recebe todas as demandas de áreas a serem pesquisadas. No DNPM há um roteiro a ser seguido. A legislação indica que isso é feito pelos regimes de aproveitamentos e pelas fases do licenciamento mineral.

A atual Constituição Brasileira separa o solo do subsolo, em relação aos direitos minerários, e determina que o MME, pelo DNPM, faça o gerenciamento da indústria mineral, utilizando a legislação vigente.

Para acessar-se à pesquisa e proceder-se à lavra de bens minerais no subsolo nacional, é necessário que, antes de mais nada, a área esteja disponível, ou seja, não haver nenhum pleito para o local, objeto da demanda.

A legislação mineral (leis, decretos, portarias e outros atos administrativos do governo) prevê seis tipos de regimes jurídicos de aproveitamento dos recursos minerais (Autorização, Concessão, Licenciamento, Extração, Permissão de Lavra Garimpeira e Monopolização), sendo os mais utilizados a Concessão, o Licenciamento e a Permissão.

O regime de Concessão é dividido em pesquisa e lavra. Na pesquisa, o primeiro passo é a Solicitação de Pesquisa, seguida da Autorização, também conhecida como Alvará de Pesquisa. Na Lavra, requer-se a Portaria de Lavra, por meio do Plano de Aproveitamento Econômico (PAE), representando o amparo legal para iniciar a *exploração mineral* (retirada do minério com objetivos econômicos).

No Licenciamento, exigem-se Requerimento e Registro da Licença. Esta nada mais é que a homologação da autorização expedida pelo prefeito do município onde está localizado o bem mineral.

No regime de Permissão, o processo inicia também pelo requerimento e é consumado com a emissão da Permissão de Lavra Garimpeira.

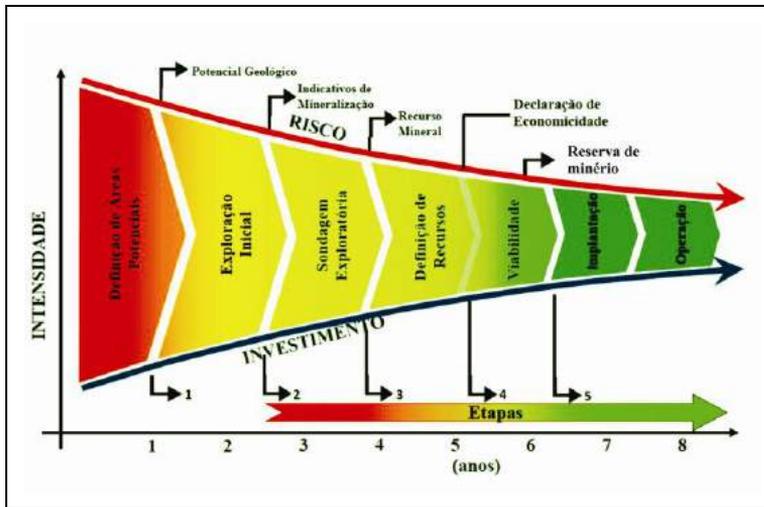
Em todas as fases do pleito mineral, a primeira delas é a consulta ao banco de dados do DNPM. Em seguida, é feita a solicitação, que envolve uma série de documentos para completar o processo junto ao DNPM.

Completadas as fases de busca do minério, então será feita a *exploração*.

É bom esclarecer que nem sempre é tão fácil encontrar-se uma mina. No mundo inteiro, de cada mil ocorrências minerais detectadas, em média somente uma se transformará em mina, como já citado antes e ilustrado na figura 80.

Para se chegar até o minério, é necessário encontrar indícios que possam ser pesquisados (*ocorrência*) e ver se as áreas são potenciais. Em seguida, com pesquisa mineral, verifica-se a possibilidade de serem transformadas ocorrências em mineralização e, mais na frente, em depósitos (*corpo mineralizado*). Então, com a pesquisa mineral concluída, encaminha-se as dimensões do corpo mineralizado, com indicações de tamanho, volume e teor (quantidade de minério por unidade de volume – normalmente dado por grama/tonelada – que, com a aprovação do DNPM, vira *mina*). Estudos econômicos e de mercado fazem com que a jazida seja

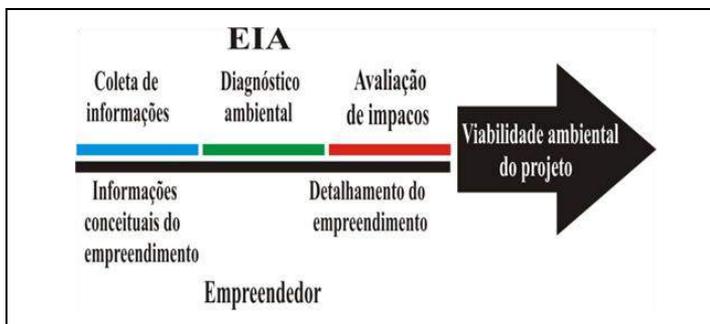
comercializável, fato que só acontece com a colocação do minério no mercado, via montagem de um projeto. Tudo isso ocorre com elevados investimentos e sem nenhum retorno, até que o minério vá para o mercado, como pode ser visto na Figura 81.



**Figura 81.** Etapas de um projeto mineral.

Fonte: Votorantim Metais.

A licença ambiental se faz necessária desde a fase de pesquisa e é viabilizada, nos órgãos ambientais (Secretarias de Meio Ambiente), por relatórios ambientais, quase sempre um *Relatório de Controle Ambiental (RCA)*. Com o depósito mineral definido, outros estudos são demandados, sempre obedecidas as três licenças: a *Licença Prévia*, cujo pré-requisito é um *Estudo de Impacto Ambiental/Relatório de Impacto Ambiental*, denominado de *EIA/RIMA* (Figura 82), que passa pela aprovação da sociedade do entorno do empreendimento, via Audiência (s) Pública (s); a *Licença de Instalação (LI)*, cujo pré-requisito é o *Plano de Controle Ambiental (PCA)*, é a autorização para implantar o projeto; e finalmente a *Licença de Operação (LO)*, que autoriza o funcionamento do empreendimento.



**Figura 82.** Sequência de estudos de um EIA.

Fonte: Arquivo do autor.

## 8.2. Mineração na Amazônia

Uma das grandes vocações da Amazônia são seus recursos minerais. Os outros são os hídricos, os florestais e os de grande biodiversidade.

A indústria mineral é dividida em dois grandes segmentos: indústria extrativa e indústria de transformação. A primeira, por sua vez, subdivide-se em garimpo, representando a fase artesanal ou semiartesanal, e mineração, onde os produtos são extraídos na forma *in natura*. A segunda, a indústria de transformação, envolve a verticalização dos bens produzidos.

As grandes empresas de mineração como a Vale, Rio Tinto, BHP-Billiton e Votorantim, tradicionalmente executam pesquisas minerais e têm focos centrados em depósitos com grandes recursos minerais. As minas em funcionamento, bem exemplificadas na região de Carajás, representam essa postura. Paralelo a esse trabalho situam-se as *junior companies* (companhias juniores ou pequenas empresas de mineração).

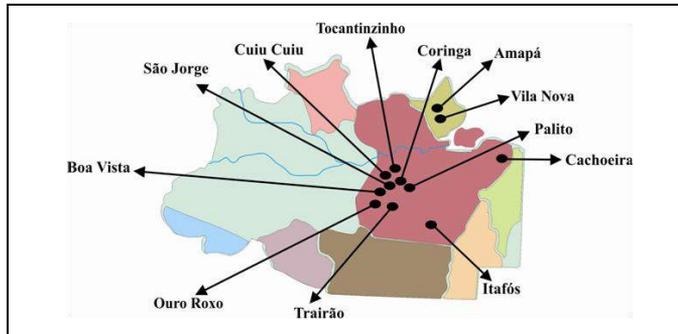
Uma *junior* da mineração é aquela empresa que visa achar, desenvolver e, muitas vezes, lavar jazimentos minerais. Em geral, essas empresas buscam os seus recursos financeiros nas bolsas de valores, oferecendo suas ações aos investidores interessados em participar do risco. E seus casos de sucesso perpassam fronteiras, a ponto de ultrapassar o das grandes empresas tradicionais. Trata-se de um fenômeno, razoavelmente recente, que foi alavancado pelas bolsas de Toronto (Canadá), Londres (Inglaterra) e Sidney (Austrália) nas recentes décadas.

O sucesso do modelo é tão grande que, além do Canadá e Austrália, hoje elas focam, principalmente, a América Latina e a África. A tendência é que, no novo ciclo de crescimento que se aproxima, o fenômeno das *juniors* da mineração será fortemente ampliado, relegando às grandes empresas a pesquisa mineral das áreas adjacentes aos seus gigantescos depósitos e minas, como é o caso da Vale, em Carajás.

O Canadá é conhecido por investimentos bilionários na pesquisa mineral que se perpetuam em décadas, ao contrário do Brasil. Lá, nos últimos 52 anos, as *junior companies* responderam por 36% dos investimentos em pesquisa mineral. Do total de US\$ 61 bilhões no país, US\$ 22 bilhões vieram das *junior companies*, cujo resultado foi o descobrimento de 449 jazidas de grande relevância econômica, das quais 201, ou 45%, foram encontradas pelas *junior companies*.

Na Amazônia, especialmente no Pará, o resultado desse trabalho, embora com características peculiares, já se transformou em pequenos projetos, como o do minério de ferro (Mineração Floresta do Araguaia e Vertical Mineração), o do ouro (Reinarda Mineração) e o do tungstênio (Mineração Pará Tungstênio).

Como exemplo de sucesso das *junior companies*, há uma série de descobertas que deverão entrar em funcionamento nos próximos anos: fosfato (Itafós-Pará, transformado em projeto MBAC), cloreto de potássio (Autazes-Amazonas), ouro no Tapajós-Pará (Tocantinzinho, São Jorge, Cuiu-Cuiu, Coringa, Palito, Ouro Roxo, Boa Vista e Trairão); ouro em Volta Grande do Xingu (Senador José Porfírio-Pará, atual projeto Belo Sun), ouro em Cachoeira (Cachoeira do Piriá-Pará), minério de ferro (Zamapá e Vila Nova, no Amapá), ilustradas na Figura 83.



**Figura 83.** Projetos minerais descobertos por junior companies.

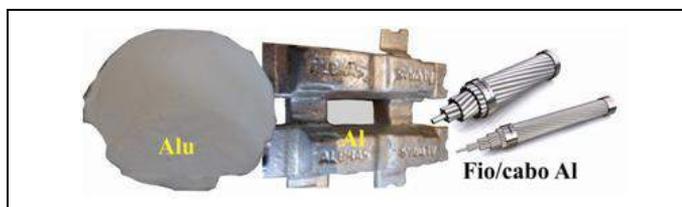
Fonte: Arquivo ARBS.

Os principais bens minerais produzidos na Amazônia são (Figura 84): minério de ferro (Fe), manganês (Mn), bauxita (Bx), cobre (Cu), níquel (Ni), ouro (Au) e cassiterita (Sn). Destes, o único verticalizado é a bauxita que, em solo paraense (Barcarena), se transforma em alumina (Alu), alumínio (Al) e fio/cabo de alumínio (Figura 85), e, em solo maranhense (São Luis), em alumina (Alu) e alumínio (Al).



**Figura 84.** Minerais produzidos na Amazônia.

Fonte: Reprodução fotográfica do autor. Amostra Ibram/Simineral.



**Figura 85.** Produtos da transformação da bauxita.

Fonte: Reprodução fotográfica do autor. Amostra Ibram/Simineral.

### 8.3. Evolução da Mineração na Amazônia

Até 1950, a indústria de base mineral na Amazônia era caracterizada pelo extrativismo artesanal, em que o diamante e o ouro foram bem conhecidos. O diamante, no rio Tocantins, foi encontrado pela primeira vez, em 1610 e só mais tarde, em 1926, próximo a Itupiranga, em território paraense.

Na década de 50, dois eventos podem ser lembrados: a implantação do projeto Manganês, na Serra do Navio-Amapá – o primeiro projeto mineral na Amazônia; e o início da garimpagem do ouro na Província Aurífera do Tapajós-Pará, cuja performance teve papel decisivo e direcionou a produção mineral do Pará por mais de dez anos.

A década de 60 representou um marco histórico para a mineração nacional e mundial, com a descoberta de Carajás pelo geólogo Breno Augusto dos Santos (Figura 86). Outro fato de destaque foi o incremento da garimpagem de cassiterita em Rondônia.



**Figura 86.** Geólogo Breno Augusto dos Santos

Fonte: Breno Santos.

Os anos 70 iniciaram com a tentativa de o governo federal eliminar a garimpagem de cassiterita em Rondônia, deslocando os garimpeiros para a região do Tapajós, com objetivo de dar garantias às empresas de mineração que lá se instalavam, a maioria oriunda da construção civil. Foi nessa década que entrou em funcionamento o primeiro projeto no Estado do Pará – a bauxita de Trombetas (Figura 87) – e o segundo do Amapá – caulim de Mazagão, hoje Laranjal do Jarí.



**Figura 87.** Projeto Mineração Rio do Norte.

Fonte: MRN.

A década de 80 foi marcada a pelos seguintes acontecimentos: início da produção, em Carajás, com os projetos ferro (Figura 88) e manganês (Figura 89), escoada por estrada de ferro (Figura 90) até o porto de Itaqui, em São Luís-Maranhão (Figura 91).



**Figura 88.** Mina de minério de ferro em Carajás.

Fonte: Simineral.



**Figura 89.** Mina de manganês em Carajás.

Fonte: Simineral.



**Figura 90.** Minério de ferro em estrada de ferro Carajás-São Luís.

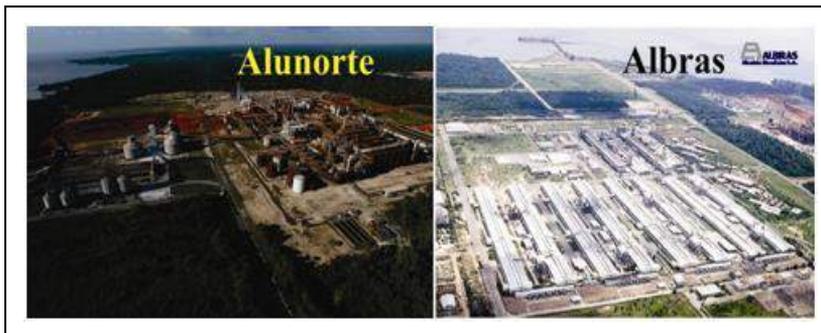
Fonte: Simineral.



**Figura 91.** Porto da Vale em São Luís-Maranhão.

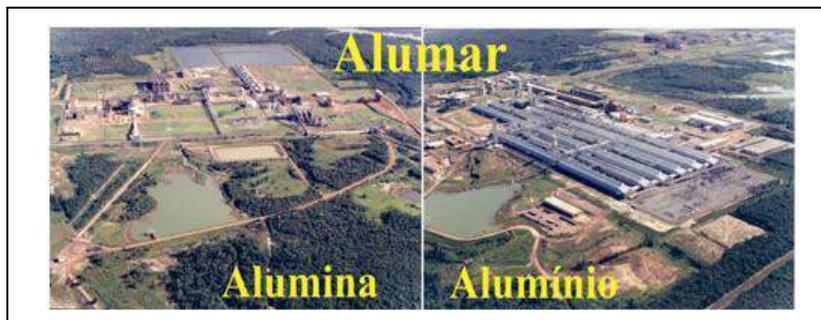
Fonte: Simineral.

Em Barcarena, concluiu-se a implantação da Albras (Figura 92); em São Luís-Maranhão, a Alumar (Figuras 93); em Presidente Figueiredo-Amazonas, a instalação do projeto Pitinga; e em Almeirim, Pará, o projeto de bauxita refratária.



**Figura 92.** Planta Alunorte e Albras em Barcarena-Pará.

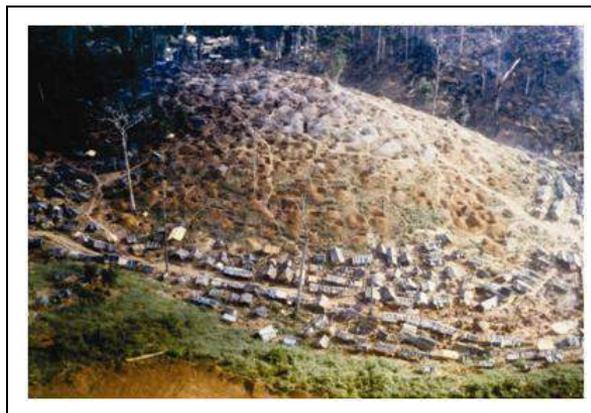
Fonte: Arquivo do Autor.



**Figura 93.** Planta Alumar, São Luis-Maranhão.

Fonte: Alumar.

Também, na década de 80, aconteceu a nova corrida ao ouro na Amazônia, tendo como papel de destaque a produção garimpeira, em Serra Pelada (Figura 94). Essa retomada modificou as atividades de garimpagem do ouro na região, com a introdução de moto-bombas de sucção – *dragas*, explorando o leito ativo dos rios, e, causando, com isso, elevados impactos ambientais, utilizando-se exacerbadamente o mercúrio. O preço do ouro ultrapassou os US\$ 800 a *onça* (31,1 gramas) no mercado internacional. A atual Constituição brasileira, promulgada em 1988, considerou o ouro ativo financeiro e instrumento cambial, fato que beneficiou a atividade garimpeira, fazendo com que o Tapajós registrasse a sua maior produção oficial de todos os tempos.



**Figura 94.** Serra Pelada – garimpagem no Morro da Babilônia.

Fonte: Breno Augusto dos Santos.

Os anos 90 levaram o Pará a ingressar no rol dos estados produtores de ouro industrial, com o projeto Igarapé Bahia (já encerrado), em Carajás, sob a responsabilidade da Vale. Outro dado relevante foi o início da exaustão dos depósitos superficiais nos garimpos e o surgimento de ocorrência de ouro primário (em rocha), a profundidade não econômica para os recursos utilizados pelos garimpeiros. Por causa disso, os proprietários de garimpos passaram a se organizar e buscar parceria com empresas de mineração. Iniciou-se, ainda, nessa época, a legalização das áreas garimpeiras, o que propiciou uma verdadeira corrida de empresas à região, com ênfase ao Tapajós, visando à pesquisa do ouro primário.

A Camargo Correa Metais, depois negociada com a Globe Specialty Metals Inc. (GSM), e recentemente com a Dow Corning (Figura 95), iniciou a produção de silício metálico, e a Alubar (capital argentino) o seu projeto de transformação do alumínio, fornecido pela Albras, em fios e cabos de alumínio.



**Figura 95.** Projeto Silício Metálico.

Fonte: Dow Corning.

A Vale foi privatizada em 1997. Mais três projetos entraram em fase produção: um de alumina, em Barcarena; e dois de caulim, da região do rio Capim, no Município de Ipixuna do Pará (Imerys Rio Capim Caulim e Pará Pigmentos, este antes pertencente à Vale e hoje já adquirido pelo Grupo Imerys - Figura 96).



**Figura 96.** Projeto Rio Capim/Imerys, mina-mineroduto-planta-porto.

Fonte: Simineral.

No Distrito Industrial de Marabá-Pará e Açailândia-Maranhão, iniciou-se a operação de plantas de *ferro-gusa* (Figura 97), que já somaram mais de uma dezena, com produção instalada da ordem de dois milhões de toneladas. Entretanto, com o preço do *ferro gusa* em baixa, parte delas estão paralisadas. Ocorreu, também, a consolidação de alguns projetos de pesquisa, assim como o bloqueio dos primeiros alvos promissores para ouro primário na região do Tapajós.



**Figura 97.** Guseira em Marabá (planta-smelter-ferro gusa).

Fonte: Arquivo do autor.

A primeira década do atual século foi embalada pela crescente ascensão dos metais nas bolsas mundiais e pela performance econômica, principalmente da China. Por isso todos os projetos entraram em expansão, e outros foram implantados, destacando-se aqueles pertencentes à Vale, como o cobre Sossego (Figura 98) e Onça-Puma (Figura 99). Encontram-se em fase de implantação os projetos para cobre (Cristalino, 118, Alemão e Salobo) e níquel (Vermelho).



**Figura 98.** Mina de cobre Sossego, em Canaã dos Carajás.

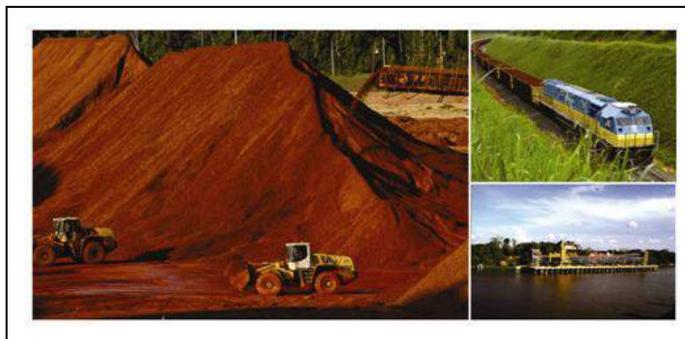
Fonte: Simineral.



**Figura 99.** Mina de níquel Onça-Puma em Ourilândia do Norte.

Fonte: Simineral.

O projeto bauxita (Paragominas) desenvolveu-se e a Alcoa iniciou o seu projeto de bauxita, em Juruti (Figura 100). Também começaram a funcionar dois projetos em Floresta do Araguaia/Rio Maria, Pará (ouro – da Reinarda e minério de ferro, da Mineração Floresta do Araguaia).



**Figura 100.** Projeto Juruti/Alcoa – mina-ferrovia-porto.

Fonte: Projeto Juruti/Alcoa.

A Vale negociou sua área de alumínio com a Norsk Hydro. Assim passaram ao domínio da empresa norueguesa a Albras, a Alunorte, o projeto bauxita de Paragominas e a Companhia de Alumina do Pará (CAP), sendo que esta última, devido à queda do preço dos metais, encontra-se em compasso de espera para ser implantada.

O projeto Paragominas opera o sistema mina-planta-mineroduto (Figura 101), que transporta o minério por cerca de 250 km, de Paragominas a Barcarena. Este é o primeiro mineroduto de bauxita do mundo.



**Figura 101.** Projeto Paragominas/Hydro, mina-planta-mineroduto.

Fonte: Mineração Paragominas.

Em Serra Pelada, os garimpeiros e a canadense Colossus Minerals iniciaram negociação para explorar o ouro ali existente.

Culminando com os anseios da sociedade em verticalizar os minérios em solo paraense, também, em Marabá, a Sinobras deu início à produção de 300 mil toneladas de aços longos com ligoteamento de tarugo e vergalhões (Figura 102).



**Figura 102.** Sinobras – Planta de aços longos.

Fonte: Sinobras.

Em Marabá, a própria Vale direcionou seus esforços para implantar a primeira siderúrgica de aços planos do Pará – a Alpa (Figura 103), que, se viabilizada, deverá produzir 2,5 milhões de toneladas de aços planos, com investimentos de US\$ 3,5 bilhões e possibilidade de significativos avanços na economia paraense.



**Figura 103.** Projeto Alpa.

Fonte: Simineral.

Em Canaã dos Carajás, Pará, a Vale deverá implantar o projeto S11D (Figura 104), cuja produção anual será da ordem de cem milhões de toneladas de minério de ferro, e, com a ampliação da mina de Carajás, a produção anual de minério de ferro se elevará para 230 milhões de toneladas.



**Figura 104.** Projeto S11D.

Fonte: Simineral.

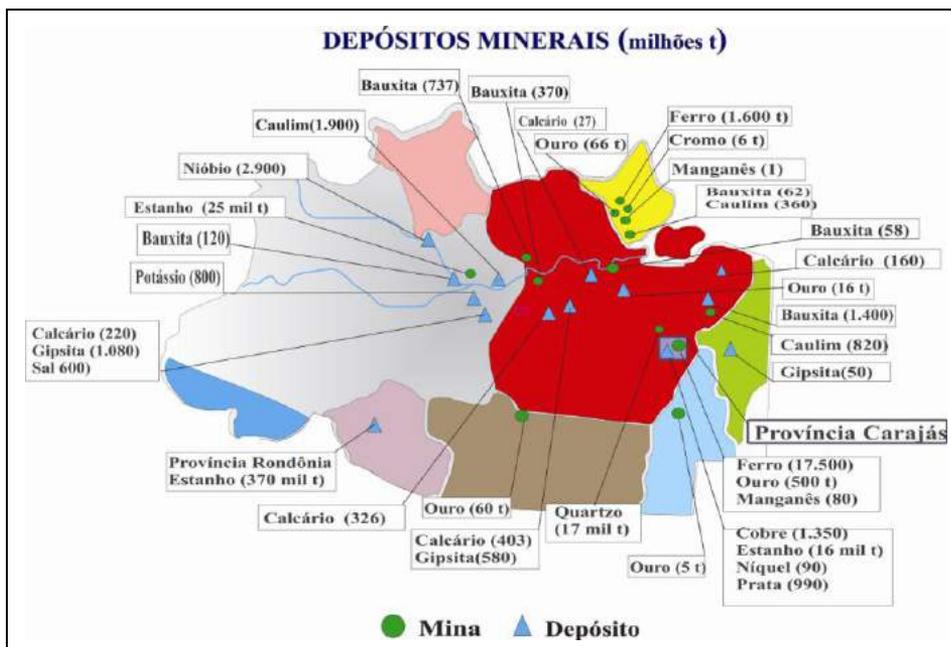
A entrada de novos projetos tem inaugurado, no Pará, um novo tipo de negócio: a exploração de pequenos e médios depósitos minerais. Dentre eles despontou o município de Floresta do Araguaia, com a mina de ferro (20 milhões de toneladas de reservas) e o projeto de ouro com cerca de 10 toneladas de metal. Em Itaituba, tradicional município produtor de ouro de origem garimpeira, avançou para a fase industrial, com o projeto da Serabi Mineração e da Unangem/Eldorado (Tocantinzinho). Outro município, Curionópolis, emergido a partir da atividade garimpeira, ressurgiu dentro de outra realidade: passou a ser o espaço territorial a abrigar projetos de base mineral de médio porte, a partir dos projetos Cristalino, Serra Leste, Serra Pelada e Vertical.

Dentro desse cenário, o Pará entrou na sexta onda mineral. Já passou por ferro, manganês, alumínio (bauxita-alumina-alumínio metálico), ouro e cobre, e agora é a vez do níquel, materializado via projeto Onça-Puma, da Vale, recém-iniciado, e outro em fase de implantação: Níquel do Vermelho (Vale), em Canaã dos Carajás.

A década atual vive na expectativa dos preços das *commodities* (bens minerais produzidos e comercializados em bolsas de mercadorias), sendo as mais comuns: Londres, Tóquio e São Paulo. No entanto dependem, principalmente, de oferta de energia elétrica competitiva, haja vista que alguns metais são altos consumidores de energia – o alumínio é um dos melhores exemplos.

#### 8.4. Principais Indicadores da Mineração na Amazônia

Os minerais da Amazônia, ressaltados por suas grandes reservas, são caracterizados não só pela abundância, mas também pela qualidade (Figura 105 e Tabela 3), cujos dados oficiais indicam excelente participação em nível nacional, dentre os quais: o estanho, com 87,4%, a gipsita (95,3%), a bauxita (80,6%), o cobre (75%), o caulim (72,6%), o manganês (35,6%) e o minério de ferro (30,5%). Ressalte-se que o último, oriundo de Carajás, como já citado, representa o maior volume concentrado deste tipo de minério, inclusive com alto teor de óxido de ferro ( $Fe_2O_3$ ), o que coloca o Pará em condições de alta competitividade no mercado mundial.

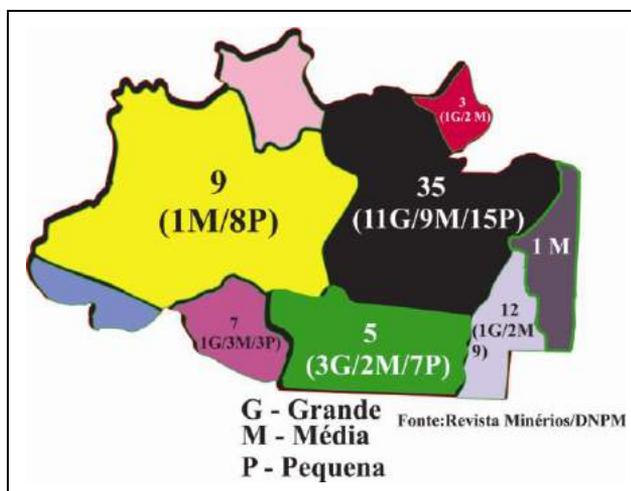


**Tabela 3.** Reservas minerais da Amazônia.

Bem mineral	Quantidade (mil t)	Teor - %	% do Brasil
Minério e ferro	17.354.527	66,0 – Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	30,5
Bauxita	2.394.675	50 – Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	80,6
Caulim	817.686		53,0
Calcário	2.417.826		2,4
Cobre	1.348.298	0,85-cobre	75,0
Gipsita	1.660.179		95,3
Manganês	80.807	40- MnO <sub>2</sub>	35,6
Níquel	80.725		16,4
Ouro (em t)	550		12,3
Estanho	516.000		87,4
Quartzito	85.797		3,8

Fonte: Anuário Mineral Brasileiro - DNPM

Um estudo do DNPM e da Revista Minérios indica que, das 72 minas existentes, incluindo grandes, médias e pequenas, 35 delas estão no Pará, 12 no Tocantins, 9 no Amazonas, 7 em Rondônia, 5 no Mato Grosso, 3 no Amapá e uma no Maranhão (Figura 106).

**Figura 106.** Minas da Amazônia.

Fonte: Arquivo do autor.

Outro dado importante é o reflexo da produção da Amazônia, com ênfase ao Pará, em relação às produções brasileira e mundial, onde sobressaem o alumínio, a bauxita, o caulim, o estanho, o minério de ferro e o manganês.

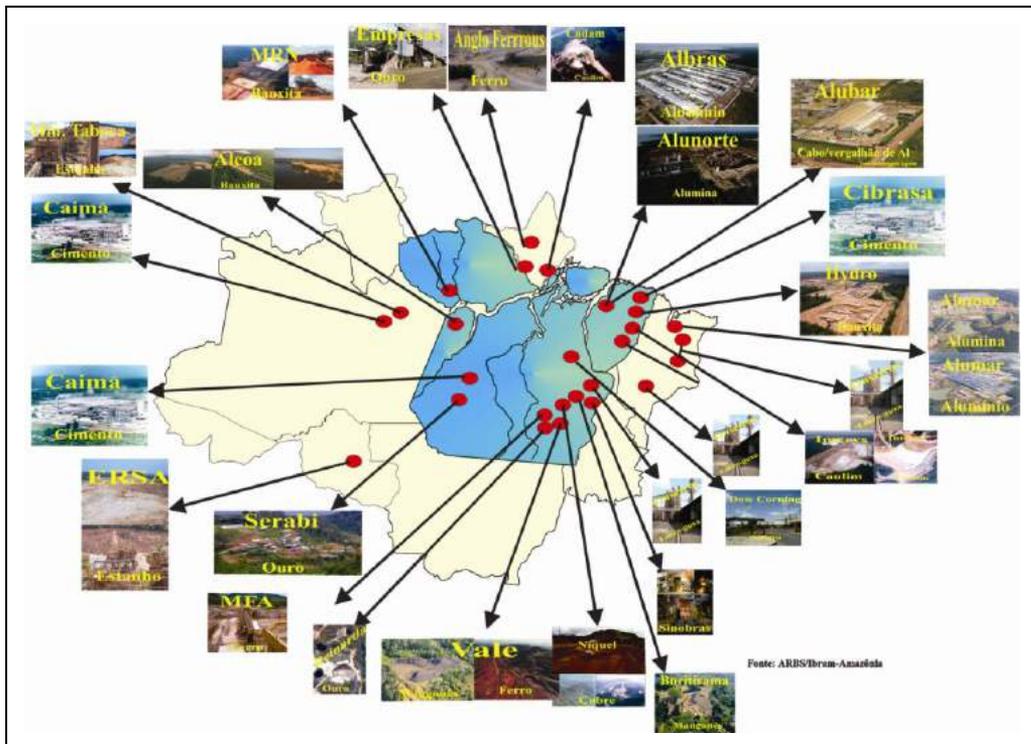
Importante ressaltar é a posição das reservas minerais em relação ao Brasil, destacando-se o primeiro e segundo lugares, respectivamente, como ilustrado na Tabela 4.

**Tabela 4.** Ranking nacional de reservas minerais da Amazônia.

Posição	Substância	(%)
1ª	Caulim	93,9
	Bauxita	89,1
	Cassiterita	82,0
	Cobre	59,9
	Manganês	40,41
	Ouro	37,3
2ª	Nióbio	50,9
	Cromo	23,0
	Níquel	17,0
	Potássio	8,0
	Ferro	7,4

Fonte: Arquivo do autor.

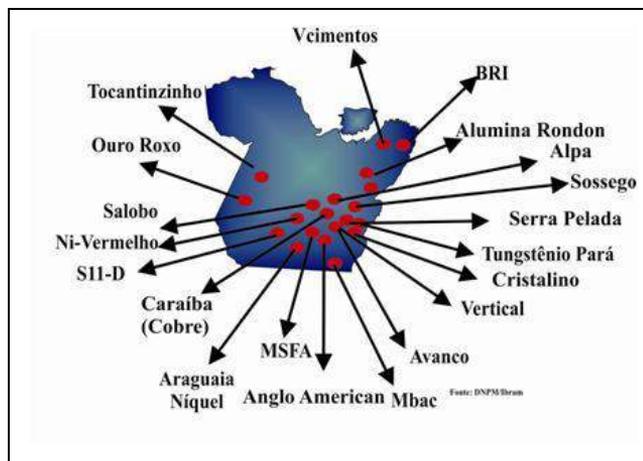
Ao contrário dos depósitos e reservas, em que há praticamente uma distribuição equitativa em todo o território amazônico, os projetos se concentram quase todos no Pará, que o coloca em segundo lugar nos valores produzidos, logo depois de Minas Gerais. Atualmente, existem em solo paraense 22 grandes projetos (Figura 107) e, até 2018, serão mais 21 (Figura 108). Com isso, o Pará se firma não só como unidade da federação com vocação mineira, mas, principalmente, sintonizado com o futuro da mineração mundial, em que novos ativos deverão ser cada vez menores e alguns com teores baixos, haja vista que serão acrescidos aos pequenos e médios projetos, hoje existentes, outros que estão se materializando dentro do horizonte previsto, principalmente na sua região sudeste.



**Figura 107.** Projetos da Indústria Mineral na Amazônia (2013).

Fonte: Arquivo do autor.

Dentre os projetos a serem implantados, destacam-se o de minério de ferro (SD11/Vale), em Canaã dos Carajás e o de níquel em Canaã dos Carajás e São Félix do Xingu. O projeto de minério de ferro elevará aquele município à condição de grande produtor mineral e, no Pará, disputará com Parauapebas a liderança do *ranking*.

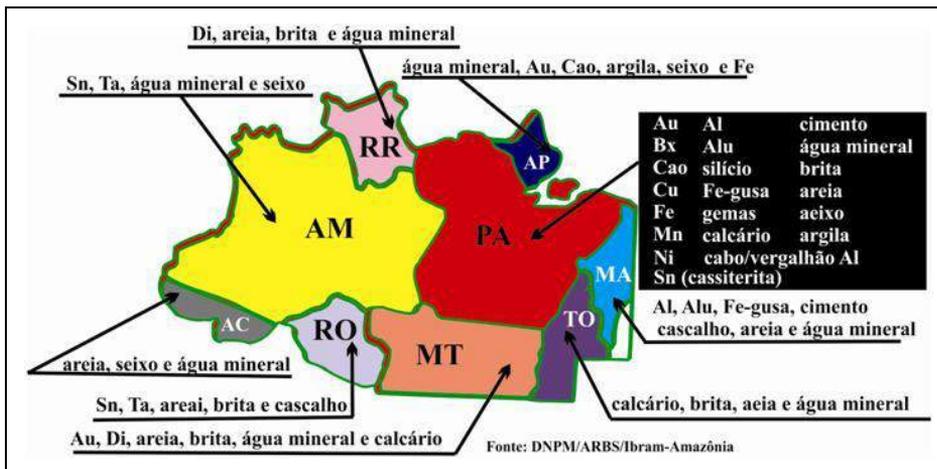


**Figura 108.** Projetos da Indústria Mineral no Pará previstos.

Fonte: Arquivo do autor.

Ao analisar os estados da Amazônia, o Pará possui os três segmentos: indústria extrativa, ou produção *in natura*, áreas de garimpo e verticalização. O Maranhão detém o segmento da verticalização, mas utiliza matéria-prima (bauxita) paraense.

Como consequência do maior número de projetos, o Pará também produz o maior número de bens minerais, totalizando vinte: água mineral, alumina, alumínio, areia, argila, bauxita, brita, calcário, cassiterita, caulim, cimento, cobre, cabo e vergalhão de alumínio, ferro gusa, gemas, minério de ferro, manganês, níquel, ouro e seixo. O Acre produz água mineral, areia e seixo; o Amapá, água mineral, argila, caulim, minério de ferro e seixo; o Amazonas, água mineral, estanho, tantalita, nióbio e seixo; o Maranhão, alumina, alumínio, água mineral, areia, cascalho, cimento e ferro-gusa; o Mato Grosso, água mineral, areia, brita, calcário, diamante e ouro; Rondônia, areia, brita, cascalho, estanho e tantalita; e Roraima, água mineral, areia brita e diamante, como ilustrado na Figura 109.



**Figura 109.** Bens minerais produzidos na Amazônia.

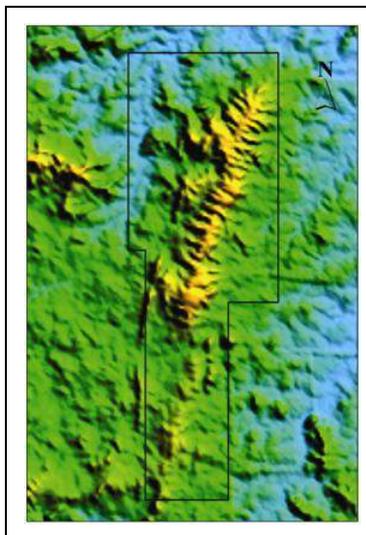
Fonte: Arquivo do autor.

Quando individualizadas, as *commodities* minerais (bens minerais produzidos), há expressiva concentração no minério de ferro e na alumina. O primeiro, oriundo da mina de Carajás (indústria extrativa), e o segundo, de Barcarena-Pará e São Luis-Maranhão. São dois produtos da verticalização mineral com ambos consumindo matéria-prima paraense.

A avaliação por município mostra que três deles se destacam. O primeiro, Parauapebas, que hoje lidera a produção, representando o extrativismo mineral com minério de ferro e manganês. Os demais, Barcarena e São Luís, transformam, em alumina e alumínio, a bauxita extraída em Trombetas, Paragominas e Juruti. Barcarena também produz fios e cabos de alumínio.

A bauxita, mesmo já tendo a maior mina do mundo (Trombetas), vem sofrendo significativos acréscimos, via projetos Paragominas e Juruti. Os três totalizam 32,6 milhões de toneladas anuais; mas, quando estiverem no auge da produção, deverão ultrapassar 40 milhões de toneladas/ano, incluindo aqui, o projeto Alumina Rondon, em Rondon do Pará, da Votorantim Metais. O mesmo deve ocorrer com a alumina, em função do incremento na planta da Alunorte, da Alumar e também da Alumina Rondon. Esse desempenho terá reflexos no incremento do alumínio metálico, principalmente da Alumar. A Albras depende de energia nova para aumentar sua produção.

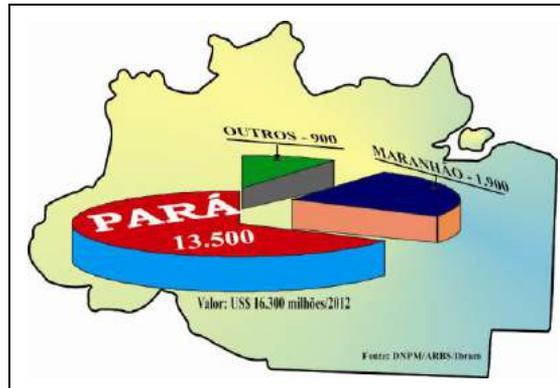
O município de São Felix do Xingu, Pará, com a implantação de novos projetos, também se tornará em um município minerador, pois lá haverá um dos maiores projetos de níquel do mundo, o Jacaré (Figura 110), onde a Anglo American produzirá cerca de 90 mil toneladas anuais. E a MBAC também implantará o primeiro projeto de fosfato do Pará, localizado no seu limite com o município de Santana do Araguaia.



**Figura 110.** Imagem do projeto Níquel Jacaré.

Fonte: Anglo American.

A concentração de projetos de indústria de base mineral no Pará também se reflete nos valores produzidos (Figura 111). Em 2012, dos US\$ 16,3 bilhões, 83% foram do Pará e 12% do Maranhão, ressaltando que sua produção é alumina e alumínio da Alumar, cuja matéria prima é bauxita dos projetos Juruti (100%) e Trombetas.



**Figura 111.** Valor da produção da Indústria Mineral (2012).

Fonte: Arquivo do autor.

Ao se verificar o destino dos mercados, quase todos os produtos do Pará são destinados ao mercado externo, com forte influência na balança comercial do Brasil, exceto partes da bauxita, da alumina, do fio-cabo de alumínio e do ouro, calcário, cimento. Merece destaque, Parauapebas que é um dos municípios que mais exportam, em função da pujança do minério de ferro. O Amapá também vende seu minério de ferro para o exterior, enquanto os demais estados destinam suas produções, predominantemente, ao mercado interno.

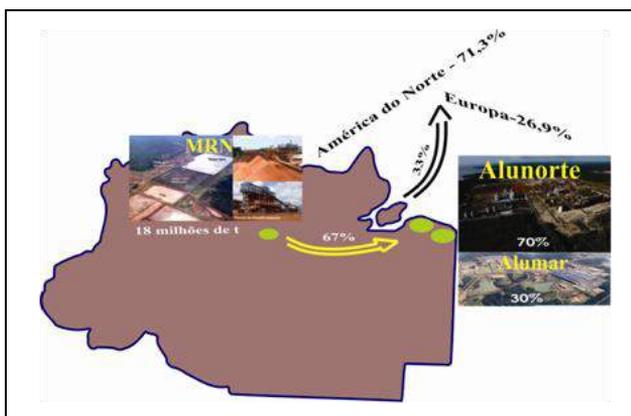
O ciclo do alumínio na Amazônia é feito com matéria prima paraense, oriunda de três projetos: Trombetas, Juruti e Paragominas. Trombetas abastece a Alunorte e Alumar; Juruti é cativo da Alumar; e Paragominas tem os 100% destinados à Alunorte. De cada cinco toneladas de bauxita, produz-se uma tonelada de alumínio. Existem dois locais em que se fabrica alumínio: um, Barcarena-Pará, onde se transforma bauxita em alumina, alumínio e cabo-vergalhão; e outro, em São Luis-Maranhão, onde a Alumar transforma bauxita em alumina e alumínio. Mas o alumínio ainda pode ser utilizado em outros materiais da construção civil, das indústrias automobilística e aeroespacial, das embalagens (latas, principalmente), assim como produzir pó de alumínio e produtos químicos, (Figura 112).



**Figura 112.** Ciclo do alumínio.

Fonte: Arquivo do Autor.

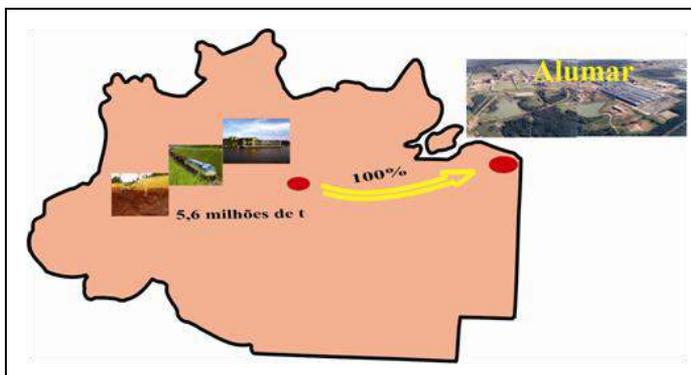
A bauxita do projeto Trombetas da Mineração Rio do Norte destina 67% de sua produção ao mercado interno, sendo a maioria para a Alunorte, em Barcarena-Pará e o restante para a Alumar, em São Luis-Maranhão. Os outros 33% se destinam à América do Norte; a países europeus e aos demais (Figura 113).



**Figura 113.** Produção e destino da bauxita do projeto Trombetas da MRN.

Fonte: Arquivo do autor.

A bauxita do projeto Juruti (Alcoa) é toda direcionada à Alumar, em São Luis-Maranhão (Figura 114). O mesmo ocorre com a bauxita do projeto Paragominas (Hydro), que é cativo da Alunorte, e tem seu escoamento através de mineroduto (Figura 115).



**Figura 114.** Produção e destino da bauxita do projeto Juruti.

Fonte: Arquivo do autor.

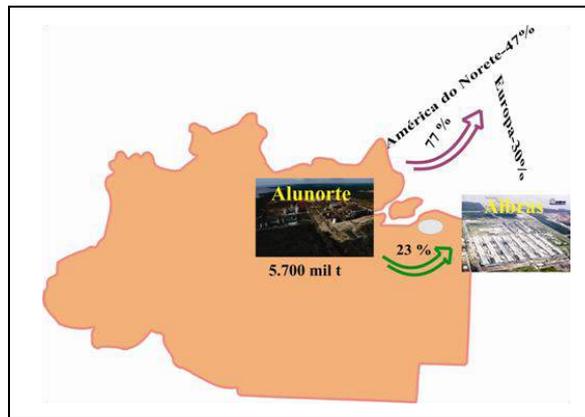


**Figura 115.** Produção e destino da bauxita do projeto Paragominas.

Fonte: Arquivo do autor.

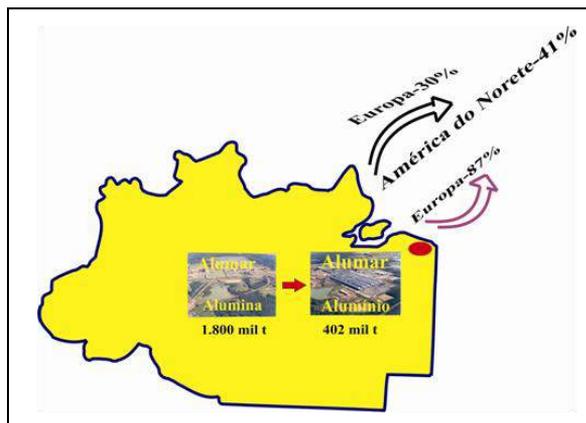
A produção anual alumina da Alunorte, da ordem de 5,8 milhões toneladas, é destinada à Albras e ao mercado externo (América do Norte, Europa e outros), (Figura 116).

Cerca da metade da produção de alumina da Alumar (1.800 mil toneladas) é destinado à sua unidade de redução para produzir alumínio. O restante vai para o exterior. O alumínio, também da Alumar (402 mil toneladas), é destinado, principalmente, à Europa e demais mercados (Figura 117).



**Figura 116.** Produção e destino da alumina da Alunorte.

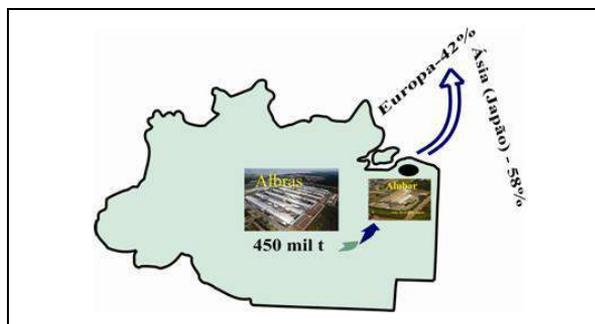
Fonte: Arquivo do autor.



**Figura 117.** Produção e destino da alumina e do alumínio da Alumar.

Fonte: Arquivo do autor.

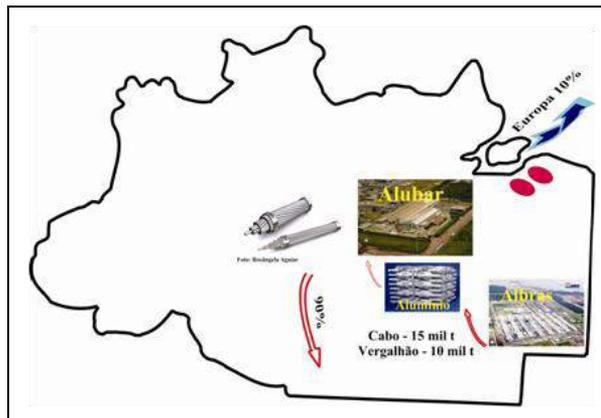
Uma pequena parte, cerca de 50 mil das 450 mil toneladas anuais de alumínio da Albras, segue para a Alubar. O restante é comercializado no mercado externo, com 58% para a Ásia (Japão) e 42% para a Europa (Figura 118).



**Figura 118.** Produção e destino do alumínio da Albras.

Fonte: Arquivo do autor.

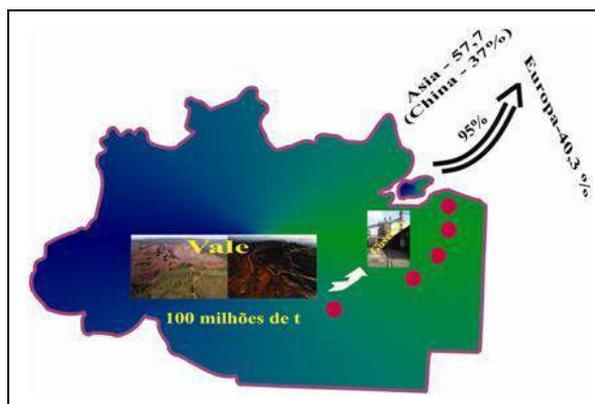
A produção da Alubar, sendo 15 mil toneladas de cabo e 10 mil de fio de alumínio, é destinada 90% ao mercado interno. Os 10% exportados são vendidos para a Europa (Figura 119).



**Figura 119.** Produção e destino do cabo e vergalhão de alumínio da Alubar.

Fonte: Arquivo do autor.

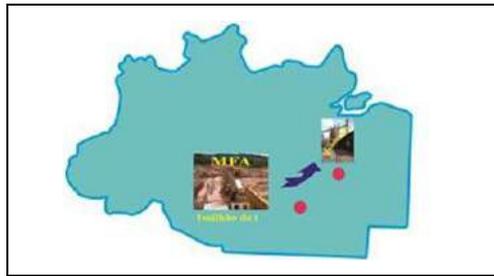
As cem milhões de toneladas de minério do projeto Carajás (Vale) têm quase sua totalidade enviada ao mercado externo, com cerca de 60% à Ásia, em que China compra mais da metade (Figura 120), à Europa (quase 40%), e uma pequena parte abastece às guseiras da região.



**Figura 120.** Produção e destino do minério de ferro de Carajás (Vale).

Fonte: Arquivo do autor.

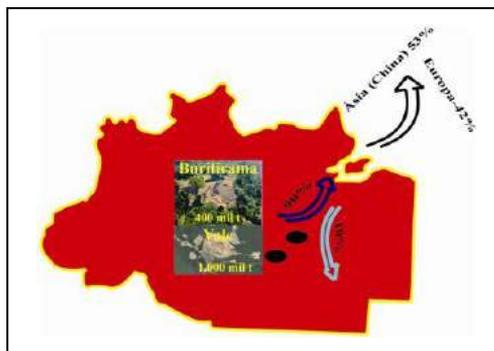
Um milhão de toneladas/ano do minério de ferro da Mineração Floresta do Araguaia (município de Floresta do Araguaia) é destinado às guseiras de Marabá (Figura 121).



**Figura 121.** Produção e destino do minério de ferro de Floresta do Araguaia.

Fonte: Arquivo do autor.

Das 1.400 mil toneladas de manganês produzidas anualmente (Vale e Buritirama), 10% são destinados ao mercado interno e o restante ao exterior, sendo à China (53%), à Europa (42%) e o restante a diferentes destinos (Figura 122).



**Figura 122.** Produção e destino do manganês (Vale/Buritirama).

Fonte: Arquivo do autor.

As 418 mil toneladas de cobre produzidas em Canãa dos Carajás (projeto Sossego, da Vale) são destinadas ao mercado externo, tendo a Europa (59%) e Ásia (34%) como os principais destinos (Figura 123).



**Figura 123.** Produção e destino do cobre do projeto Sossego (Vale).

Fonte: Arquivo do autor.

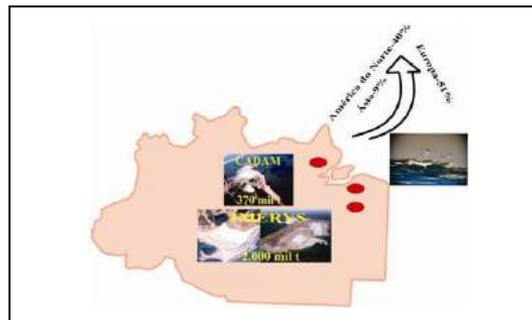
A Vale, via projeto Onça-Puma, localizado em Ourilândia do Norte, produz níquel. Com apenas um forno em funcionamento, a produção tem sido de 22,5 mil toneladas de níquel, cujo destino é o mercado externo (Figura 124).



**Figura 124.** Produção e destino do níquel de Ourilândia do Norte (Vale).

Fonte: Arquivo do autor.

O destino das 2.470 mil toneladas de caulim da Imerys, cujo projeto está localizado em Ipixuna do Pará com escoamento via Barcarena, e da Cadam (Laranjal do Jari, no Amapá), tem seu maior destino à Europa (51%), à América do Norte (40%) e à Ásia, 9% (Figura 125).



**Figura 125.** Produção e destino do caulim (Imerys e Cadam).

Fonte: Arquivo do autor.

O minério de ferro do Amapá, com 7.800 mil toneladas (Figura 126), produzido pela Zamin, é destinado totalmente à Ásia (China).



**Figura 126.** Produção e destino do minério de ferro do Amapá.

Fonte: Arquivo do autor.

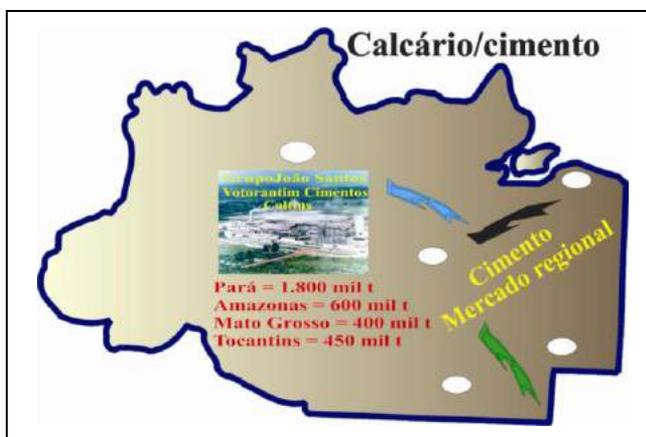
O ouro produzido, cuja média anual é da ordem de 4 toneladas, oriundo de empresas do Amapá, Reinarda Mineração (projeto Andorinhas, em Rio Maria e Floresta do Araguaia-Pará) e garimpos do Tapajós, é destinado ao mercado interno (65%), comercializado na Bolsa de Mercadorias de São Paulo, e o restante (35%) à Europa (Figura 127).



**Figura 127.** Produção e destino do ouro.

Fonte: Arquivo do autor.

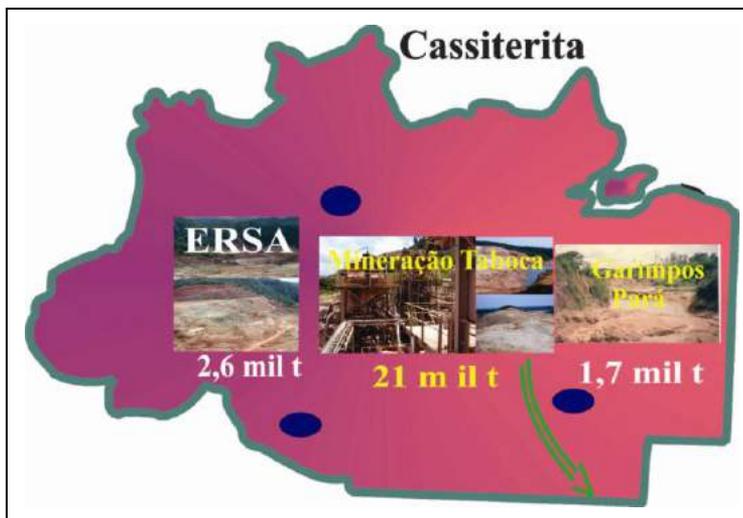
As 3.250 mil t de calcário, das quais um pouco mais da metade (55,4%) são oriundas do Pará, 18,5% do Amazonas, 13,8% do Tocantins e 12,3% do Mato Grosso, são transformadas em cimento e destinadas ao mercado regional (Figura 128).



**Figura 128.** Produção e destino do calcário/cimento.

Fonte: Arquivo do autor.

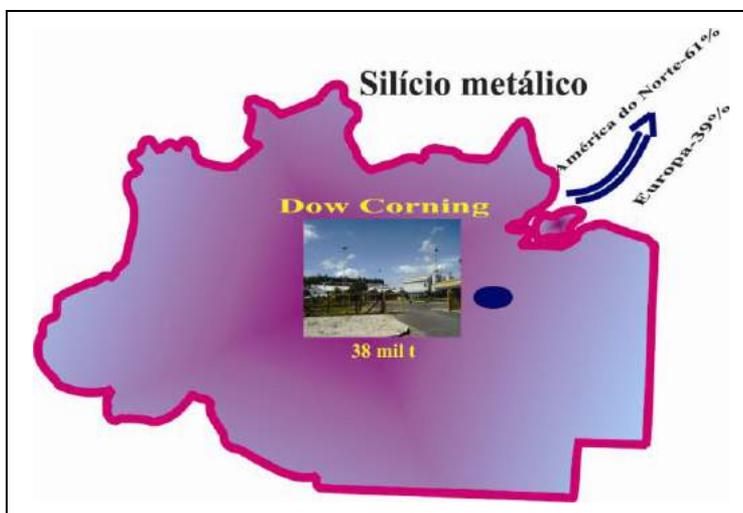
A cassiterita produzida no Amazonas (Mineração Taboca, 83%), Rondônia (Grupo Ersá) e garimpos do sudeste do Pará, totalizando 25,3 mil toneladas, é destinada ao mercado nacional, principalmente à região de São Paulo para ser transformada em estanho (Figura 129).



**Figura 129.** Produção e destino da cassiterita.

Fonte: Arquivo do autor.

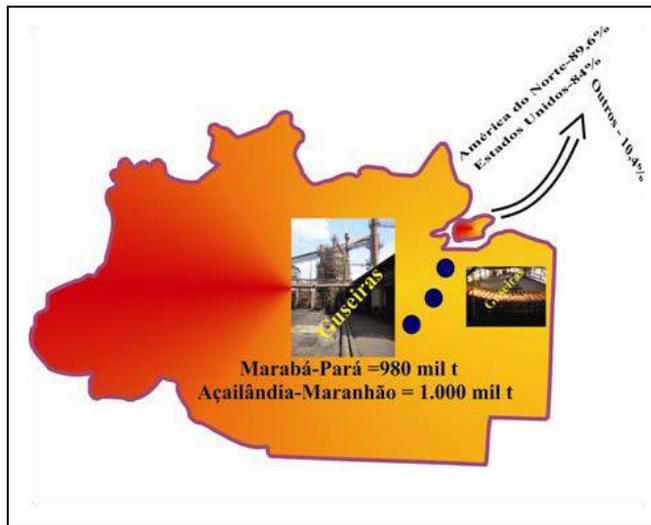
A Dow Corning, atual Palmira, que produz 38 mil toneladas de silício metálico, vende-o todo para o mercado externo, sendo 61% para a América do Norte e 39% para a Europa (Figura 130).



**Figura 130.** Produção e destino do silício metálico (Dow Corning).

Fonte: Arquivo do autor.

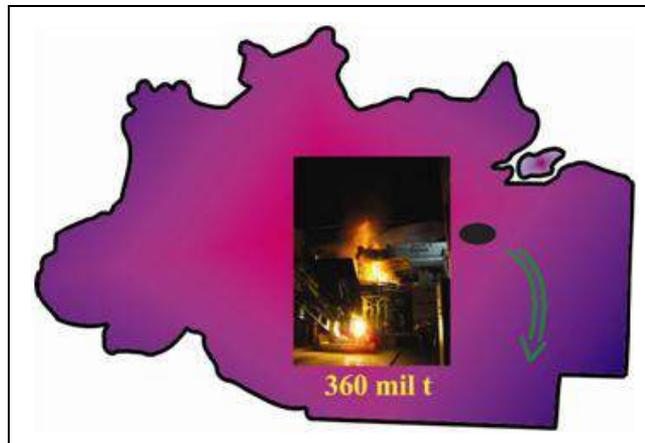
As guseiras, localizadas em Marabá-Pará e Açailândia-Maranhão, cuja produção é da ordem de 2 milhões de toneladas anuais, destinam 90% à América do Norte, com os Estados Unidos respondendo por mais de 90% desse total. O restante é vendido aos demais países (Figura 131).



**Figura 131.** Produção e destino do ferro-gusa.

Fonte: Arquivo do autor.

A Sinobras, utilizando ferro-gusa e sucata de ferro, produz, em Marabá, 360 mil toneladas de aço longo e as comercializa, integralmente, no mercado interno (Figura 132).



**Figura 132.** Produção e destino do aço longo (Sinobras).

Fonte: Arquivo do autor.

## 9. GARIMPOS

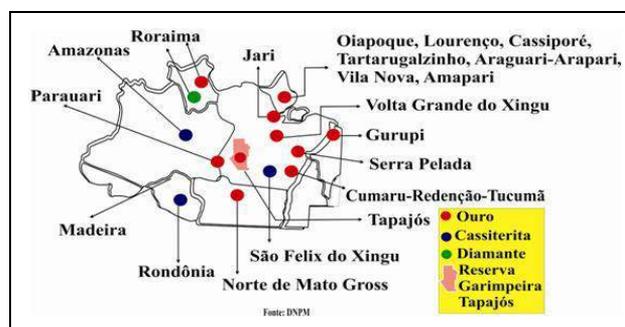
Em toda a Região Amazônica existem cerca de 236 mil km<sup>2</sup> (em torno de 5% da área total) em que se pratica garimpagem, envolvendo, de maneira direta, aproximadamente 300 mil pessoas. Somente no Estado do Pará, as áreas garimpeiras atingem 150 mil km<sup>2</sup>, com uma população em torno de 150-180 mil pessoas. O Tapajós é a maior área garimpeira do país - 100 mil km<sup>2</sup> - e também a mais importante, em termos de produção. Entre as décadas de 70 e 80 do século passado, o governo federal, tentando organizar a atividade, criou uma série de reservas garimpeiras na Amazônia (Tabela 5), totalizando 31,5 mil km<sup>2</sup>, cerca de 13% da área real.

**Tabela 5.** Áreas Garimpeiras na Amazônia

Área Oficial				Área Real	
Portaria	Data	Área(há)	Localização	Estado	Km <sup>2</sup>
1.345	10.07.79	18.935	Rio Madeira/Rondônia	Rondônia	150.000
1.034	21.07.80	24.642	Rio Madeira/Rondônia	Rondônia	30.000
143	03.02.84	12.000	Roraima	Roraima	20.000
882	28.07.83	2.874.500	Tapajós/Pará	Pará	15.000
7.194*	11.06.84	100	Serra Pelada/Pará	Pará	12.000
25	10.01.84	95.145	Cumaru/Pará	Pará	8.000
550	10.05.83	121.000	Peixoto de Azevedo/Mato Grosso	Mato Grosso	1.000
<b>Soma</b>					<b>236.000</b>

Fonte: DNPM e Arquivo do autor.

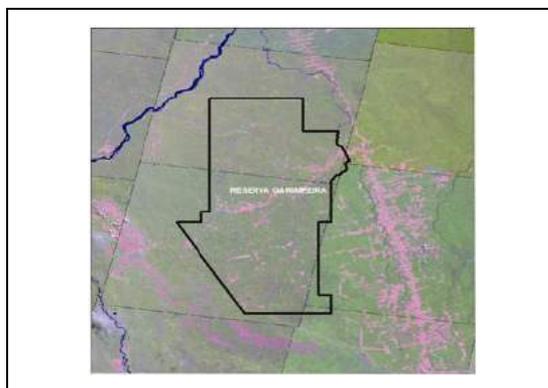
A maior parte dessas áreas é destinada à extração do ouro, principalmente no Pará. Em Rondônia, no Amazonas e no Pará, há exploração de cassiterita; e em Roraima, diamante (Figura 133).



**Figura 133.** Áreas com garimpo na Amazônia.

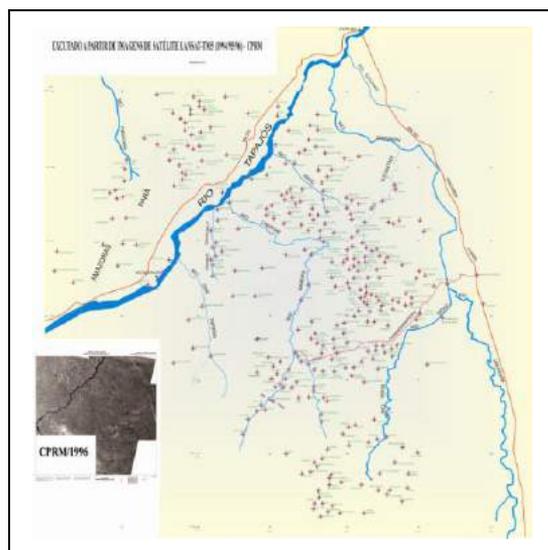
Fonte: Arquivo do autor.

A área do Tapajós tem características próprias, por ser a maior reserva garimpeira (com 28 mil km<sup>2</sup>, porém se garimpa em área 3,5 vezes maior). É trabalhada desde 1958 (Figura 134); sua produção média anual é da ordem de 8-10 toneladas. Possui cerca de 500 pistas de pouso, das quais 10-15% ainda se encontram em funcionamento (Figura 135). A garimpagem pode ser aluvionar (extraída das aluviões) e primária (retirada das rochas); os métodos são de exploração manual, semimecanizados e mecanizados; tem cerca de 2.200 pontos de garimpos ao longo de sua vida útil; é a área de garimpo mais pesquisada; nela há o maior número de amostras de mercúrio analisadas da Amazônia. Os garimpeiros que lá atuam se organizaram, a partir da década de 90, do século passado, iniciando parcerias com empresas de mineração.



**Figura 134.** Reserva garimpeira do Tapajós.

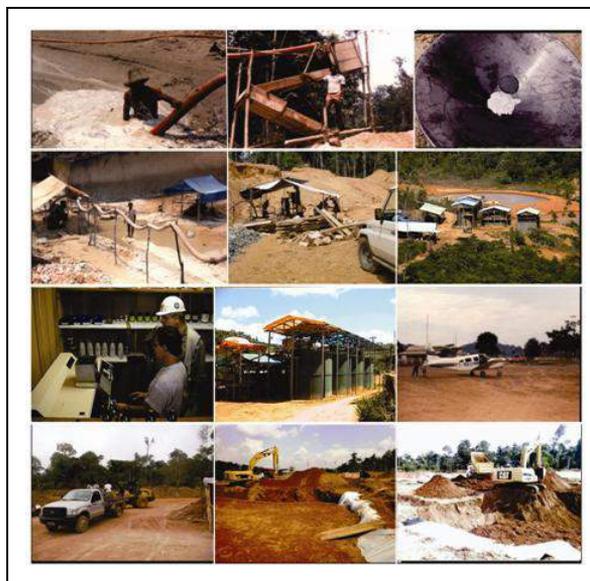
Fonte: Arquivo do autor.



**Figura 135.** Pistas de pouso no Tapajós.

Fonte: Arquivo do autor.

A evolução da atividade garimpeira, avançando, cada vez mais, em direção à mecanização, criou uma série de contrastes nas frentes de trabalho, onde é capaz de se observar da bateia, a aviões, passando por caminhões e retroescavadeiras (Figura 136).



**Figura 136.** Contraste nos garimpos.

Fonte: Arquivo do autor.

## 9.1. Evolução da Atividade

### 9.1.1. Fase pré-78

Até 1978, a atividade seguiu, grosso modo, o que prescrevia o Código de Mineração (Decreto-lei 227/67) que caracterizava a garimpagem, faiscação e cata, como forma rudimentar de mineração, natureza dos depósitos trabalhados e caráter individual de trabalho - sempre por conta própria.

Dessa forma, o garimpeiro, ao procurar o minério, seguia as drenagens menores e, ao detectar, por processos empíricos, o ouro principalmente, explorava os *baixões* (planadas aluvionárias contendo ouro) com a separação de *trechos* (baixões separados para garimpar) em *catas* (áreas de 10 x 10m, em que os garimpeiros removiam o capeamento e o cascalho para retirar o ouro) e *bandas* (áreas similares às catas com dimensões de 5 x 10m). Se o acesso fosse difícil, era construída uma pista, por onde entravam e saíam pessoal, mercadorias, equipamentos para a retirar o minério etc. (Figura 137). Quase sempre, todo e qualquer fluxo era controlado pelo proprietário, também conhecido como *dono do garimpo*.

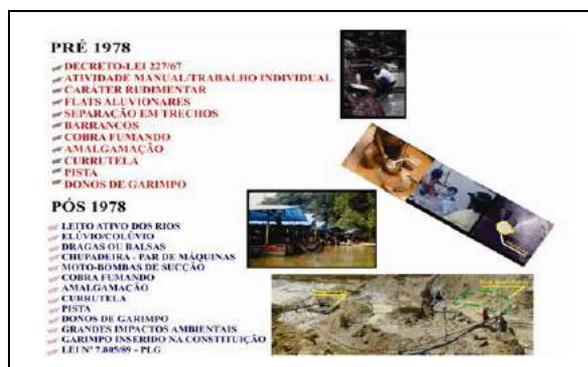
### 9.1.2. Fase pós-78

O ano de 1978 caracterizou-se pela sensível elevação da cotação do ouro no mercado internacional, cuja *onça* (unidade de massa, contendo 31,1g e comercializada no mercado internacional) alcançou na bolsa de Londres (LME) a média anual de US\$ 193 (31% superior ao ano anterior). Em 1980, sua cotação média ultrapassou a US\$ 800.

Logicamente, esse comportamento se refletiu no mercado interno, fazendo com que ocorresse grande aceno para novas corridas ao ouro na Amazônia. Do mesmo modo, a exaustão de algumas planadas aluvionárias exploradas manualmente, as logísticas existentes nos garimpos (pista de pouso, comércio etc.) e a descoberta de ouro no leito ativo dos rios, sem ou com capeamento reduzido, fizeram com que os garimpeiros procurassem investir mais nas áreas mineralizadas, tornando-se, assim, praticamente irreversível a mecanização dos garimpos.

Assim, foi tentada a exploração do leito ativo das drenagens, inicialmente com alguns percalços, mas, em 1978, no rio Marupá (afluente do rio Tapajós), com a denominação de *draga* ou *balsa* (motobombas montadas sobre dois barcos de madeira, utilizadas para fazer a sucção do cascalho), a inovação obteve sucesso (Figura 137).

Com isso, estava transgredida a legislação minerária e a mecanização do garimpo galopava em alta velocidade, fazendo com que eclodisse, em toda Amazônia, verdadeiros focos de garimpagem.



**Figura 137.** Fase do garimpo (pré-78 e pós-78).

Fonte: Arquivo do autor.

Ainda em 1980, foi iniciada a exploração, utilizando *chupadeiras* (par de máquinas, com duas motobombas de sucção, uma, para remover o capeamento, com bico-jato e outra, para executar a sucção do cascalho ou nível mineralizado) nos depósitos eluvionários e coluvionários. No biênio 1980-81, em áreas servidas por rodovias, passaram a ser utilizados tratores e retroescavadeiras para remover as

mineralizações primárias, como também britadores e moinhos para efetuar a *cominuição* (redução da granulometria) do minério, antes do beneficiamento na *cobra-fumando* (plano inclinado feito de madeira, com *rifles* - pequenas peças de madeiras colocadas, transversalmente, ao plano da *cobra-fumando*, para reter o metal - revestidos com tecido ou lã, que capta o ouro ao ser separado do cascalho).

No ano de 1982, ocorreram dois fatores. O primeiro serviu de trampolim político, à moda de *currais eleitorais* para patrocinar a eleição de alguns parlamentares, como aconteceu em Serra Pelada, o exemplo mais patente. O segundo foi a invasão de áreas reservadas às pesquisas minerais, propiciando a dilapidação de reservas já bloqueadas por empresas de mineração, fazendo com que os investidores em pesquisa mineral passassem a arcar, não só com o risco, que é inerente a qualquer tipo de pesquisa, como também com a insegurança de, ao bloquear qualquer reserva de ouro, o poder público, via DNPM, não lhes assegurasse o direito à lavra, face às iminentes invasões, por parte dos garimpeiros, na maioria das vezes, instigadas por seus líderes.

Com tudo isso, observou-se uma discrepância, pois, enquanto eram removidos volumes relativamente grandes de minérios em função de equipamentos potentes, o beneficiamento, ou seja, a concentração final continuava na tradicional *cobra-fumando*.

Por outro lado, ao mesmo tempo em que os garimpeiros progrediam para exaurir os depósitos inconsolidados, acumulando, por conseguinte, grandes volumes de rejeitos, começavam a detectar mineralizações primárias, cuja tecnologia de exploração não é bem dominada em áreas de garimpo. Nesse contexto surgiram tanto os grandes impactos ambientais, como uma série de pontos de mineralizações primárias que balizaram o início da transformação do modelo de garimpagem, a exemplo do que já ocorreu em outros países, como a África do Sul, o Canadá, os Estados Unidos, a Austrália etc.

### 9.1.3. Fase pós anos 90

Diversas mudanças fizeram com que o garimpo passasse por transformações não previstas pela própria comunidade envolvida: os seguidos planos econômicos, com congelamentos de preços; a evolução do preço do petróleo (mola-mestra em todo e qualquer garimpo) acima do preço do ouro; o declínio do valor da *onça* no mercado internacional, com reflexos no mercado interno; a eliminação da desconfiança entre os garimpeiros e as empresas de mineração; o exaurimento dos depósitos inconsolidados, seguido de descoberta de ouro em rocha, exigindo tecnologias mais limpas, desconhecidas pelos garimpeiros; as pressões ambientais da sociedade civil organizada; a legislação mais exigente; e a organização dos garimpeiros em associações patronais, com melhor conscientização (Figura 138).



**Figura 138.** Fase do garimpo (anos 90 – atual).

Fonte: Arquivo do autor.

Atualmente, há convivência harmônica e comercial entre os donos de garimpo e as empresas de mineração, em que os primeiros consideram a parceria como boa alternativa capaz de alavancar a saída para as frentes garimpeiras. As empresas, também, estão conscientes de que a labuta dos garimpeiros é muito importante, haja vista que elimina, da pesquisa inicial, a fase do risco, pois, ao serem descobertas as mineralizações primárias, seus trabalhos serão facilitados. Objetivando alcançar esse horizonte, é comum, nas áreas garimpeiras, associações entre empresas de mineração e donos de garimpo.

Recentemente, os garimpeiros também passaram a utilizar equipamentos cada vez mais mecanizados, como carros, retroescavadeiras e tratores (Figura 139).



**Figura 139.** Equipamentos usados atualmente no garimpo.

Fonte: Mineradora Ouro Roxo.

## 9.2. Comercialização

Da mesma forma que a maneira de extrair o ouro passou por diversas fases, a comercialização também passou. Em Itaituba, na primeira fase, o ouro era comprado bruto e, após a pesagem, a análise se concretizava visualmente e era enviado a São Paulo para purificação. Na segunda fase, a compra e a pesagem continuaram da mesma forma, entretanto o metal teve seu estado de fundição feito com análise via hidrostática, e o pagamento exigiu identificação do vendedor (garimpeiro), com a purificação sendo feita em São Paulo. Na terceira fase, a purificação passou a ser feita em Itaituba (Figura 140). Atualmente, a legislação (Lei nº 12.844, de 19.07.13) estabelece que seja feito o cadastramento dos garimpeiros ou vendedores de ouro antes de ser adquirido o produto.

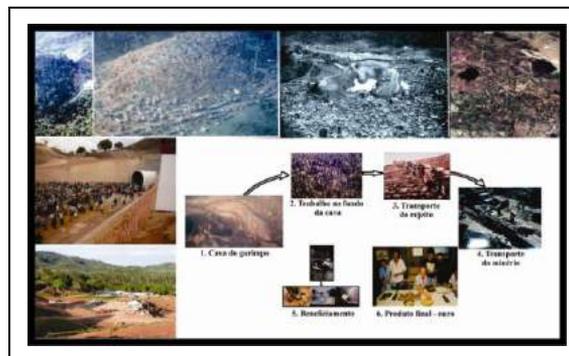


**Figura 140.** Fases da comercialização do outro em Itaituba.

Fonte: Arquivo do autor.

## 9.3. Serra Pelada

O garimpo de ouro de Serra Pelada foi descoberto em janeiro de 1980, por um garimpeiro de nome Aristeu, que, na gruta Rica, a serviço de Genésio Ferreira da Silva, proprietário da Fazenda Três Barras, outrora município de Marabá e hoje de Curionópolis, identificou fragmentos de ouro ao lavar um prato. A garimpagem, em Serra Pelada, além de marcar um novo *boom* na Amazônia, coincidiu com a maior cotação anual da *onça* no mercado internacional e com uma nova fase da exploração manual do ouro (Figura 141).



**Figura 141.** Sequência de ações em Serra Pelada.

Fonte: Arquivo do autor.

Com característica peculiar de alta concentração aurífera em área restrita, em curto espaço de tempo ocorreu grande aglomerado de contingente humano, sendo que a população alcançou cerca de 80 mil pessoas no pico da garimpagem (Figura 142). Além do mais, a sua localização no sul do Pará, região de grande tensão sociopolítica, e a necessidade de reforçar as reservas cambiais brasileiras fizeram com que o Governo Federal, por meio do Serviço Nacional de Informações (SNI, hoje Agência Brasileira de Informações – Abin) interviesse no garimpo, monopolizando a comercialização do metal e controlando todo e qualquer fluxo em Serra Pelada.



**Figura 142.** Trabalho dos garimpeiros em Serra Pelada.

Fonte: Arquivo do autor.

Após uma série de ocorrências, em 2007, a questão legal do garimpo avançou com assinatura de anuência pela Vale, transferindo 100 ha de seus direitos minerários para a Cooperativa de Garimpeiros de Serra Pelada (Coomigasp). O fato abriu novos horizontes, fazendo com que se buscassem parcerias, via atração de investidores, objetivando viabilizar o aproveitamento econômico dos recursos minerais lá existentes.

A parceria da Coomigasp com a Colossus Minerals (mineradora canadense) representou grande oportunidade para se explorar o ouro de forma industrial, por intermédio da Serra Pelada, Companhia de Desenvolvimento Mineral (SPCDM), visando implantar uma mina, em escala industrial (Figura 143).



**Figura 143.** Layout do projeto Serra Pelada.

Fonte: Simineral

## 10. SUSTENTABILIDADE NA MINERAÇÃO

### 10.1. Aspectos Gerais

A partir da década de 60, a comunidade internacional vem se preocupando com o desenvolvimento do planeta. Em 1972, a Organização das Nações Unidas (ONU) promoveu a Conferência sobre o Meio Ambiente, em Estocolmo. No mesmo ano, Dennis Meadows e os pesquisadores do *Clube de Roma* publicaram o estudo "Limites do Crescimento", cuja conclusão era que, se fossem mantidos os níveis de industrialização, poluição, produção de alimentos e exploração dos recursos naturais, o limite de desenvolvimento do planeta seria atingido, no máximo, em cem anos, provocando rápida regressão da população mundial e da capacidade industrial.

Em 1973, o canadense Maurice Strong lançou o conceito de *ecodesenvolvimento*, cujos princípios foram formulados por Ignacy Sach e que se referiam, principalmente, às regiões subdesenvolvidas, envolvendo crítica à sociedade industrial. Foram os debates em torno do *ecodesenvolvimento* que, de certa forma, alavancaram discussões sobre o conceito de *desenvolvimento sustentável*.

Todavia, somente em 1980, quando foi elaborado o documento Estratégia de Conservação Mundial pela União Internacional para a Conservação da Natureza, o termo *desenvolvimento sustentável* foi consagrado.

No ano de 1987, a Comissão Mundial da ONU sobre o Meio Ambiente e Desenvolvimento, presidida por Gro Harlem Brundtland e Mansour Khalid, apresentou o documento chamado "Our Common Future" (Nosso Futuro Comum), mais conhecido por *Relatório Brundtland*. Este relatório indica o hoje já clássico conceito que "*desenvolvimento sustentável é aquele que satisfaz as necessidades do presente sem comprometer a capacidade de as futuras gerações satisfazerem suas próprias necessidades*".

A proposta definida pelo *Relatório Brundtland* não se refere somente ao impacto da atividade econômica no meio ambiente, mas também à consequência dessa relação na qualidade de vida e no bem estar da sociedade, tanto no presente como no futuro. Atividade econômica, meio ambiente e bem estar da sociedade formam o tripé básico no qual se apoia a ideia de *desenvolvimento sustentável*, portanto o desenvolvimento tem de levar em conta os três pilares da sustentabilidade (*triple-bottom-line*), materializando o tripé: *econômico-ambiental-social*.

O desempenho econômico reflete os impactos positivos ou negativos da empresa sobre as circunstâncias econômicas das partes interessadas e sobre o sistema econômico. O desempenho ambiental mostra os impactos positivos ou negativos da organização sobre sistemas naturais, vivos ou não, incluindo ecossistemas (água, ar e terra).

O termo “*partes interessadas*” é a tradução mais frequente para a palavra inglesa *stakeholders*, que são os grupos com potencial interface na lucratividade, nas operações, nos impactos e nas metas de melhoria de qualquer empresa. Incluem tipicamente comunidades locais, clientes, acionistas, investidores, analistas financeiros, fornecedores, associações de classe, trabalhadores diretos e indiretos, autoridades locais, organizações não governamentais, imprensa, instituições educacionais etc. Por outro lado, o desempenho social significa os impactos positivos ou negativos da organização sobre os sistemas sociais nos quais opera.

A Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, ou Rio/92, materializou a Agenda-21, em que foram realizados negociações e compromissos internacionais prévios.

Na Agenda-21, a mineração, os minerais e os metais foram definidos como importantes para o desenvolvimento econômico e social da humanidade. Os minerais são essenciais à vida moderna, todavia para potencializar sua contribuição ao *desenvolvimento sustentável*, é necessário que sejam adotadas medidas em todos os níveis a fim de:

- apoiar os esforços envidados para tratar dos impactos e benefícios ambientais, econômicos, sociais e da saúde, advindos da indústria mineral durante o seu ciclo de vida, incluindo saúde e segurança dos trabalhadores. Também fazer uso de diversas parcerias, aumentando as atividades existentes em âmbito nacional e internacional entre governos, organizações intergovernamentais, empresas e parceiros, bem como outros grupos de interesse, a fim de promover transparência e responsabilidade para alcançar a sustentabilidade da mineração e o *desenvolvimento sustentável* dos minerais;
- aumentar a participação dos grupos de interesse, inclusive comunidades locais e indígenas, e as mulheres, para desempenhar papel ativo no *desenvolvimento sustentável* da indústria mineral durante todo o ciclo de vida das operações, e mesmo após o encerramento de suas atividades para fins de reabilitação, em conformidade com as normas nacionais e levando em conta os impactos significativos; e

- fomentar práticas sustentáveis prestando apoio financeiro, técnico e de capacitação aos países em desenvolvimento e àqueles com economias em transição, a fim de otimizar a indústria mineral, inclusive a exploração em pequena escala e, quando possível e adequado, melhorar o beneficiamento que agregue valor, atualizar as informações científicas e tecnológicas, além de recuperar e reabilitar os locais degradados.

## 10.2. Indicadores de Sustentabilidade

Na Rio-92, ou Eco-92, foi levantada a necessidade de desenvolver indicadores capazes de avaliar a sustentabilidade, pois os instrumentos disponíveis, dentre eles, o Produto Interno Bruto (PIB), não forneciam dados suficientes para análise.

Desde a assinatura da Agenda-21, 178 países concordaram em corrigir distorções geradas por avaliação exclusivamente econômica do PIB. Para tanto, devem-se somar a esse cálculo dados sobre recursos socioambientais e subtrair dados de atividades predatórias e desperdício de recursos, entre outras distorções. Só assim será possível definir padrões de sustentabilidade e desenvolvimento que incluem aspectos econômicos, sociais, éticos e culturais.

A Comissão de Desenvolvimento Sustentável (CDS) da ONU foi criada em sua Assembleia Geral, em 1992, visando assegurar a continuidade da Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (Rio-92). Essa Comissão ficou encarregada de acompanhar o processo de implementação da Agenda-21 e da Declaração do Rio sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, bem como buscar melhor direcionamento para acompanhar o Plano de Aplicação de Joanesburgo nos âmbitos local, regional e internacional.

Também a CDS ficou conhecida como Joanesburgo-2002, Rio+10, ou Cúpula da Terra 11, pois foi realizada dez anos após a Rio-92 para avaliar a implementação da Agenda-21 e dos demais acordos da primeira Cúpula da Terra, cujos Planos de Execução e Comissão sobre Desenvolvimento Sustentável (CDS), incentivaram continuar os trabalhos sobre suas condições específicas e prioridades. A CDS-13 atraiu indicadores de *desenvolvimento sustentável* dos países, em consonância com a comunidade internacional, a apoiar os esforços dos países em desenvolvimento nesse aspecto.

A terceira revisão de indicadores da CDS foi finalizada em 2006, por um grupo de peritos de países desenvolvidos e em desenvolvimento, e organizações internacionais, composto por 96 indicadores, incluindo um subconjunto de 50 indicadores básicos.

### 10.3. Desenvolvimento Sustentável e a Questão Mineral

A ideia de *desenvolvimento sustentável* fortalece a criação de mecanismos legais e institucionais em defesa do meio ambiente, que constitui um marco para que a atividade mineral atue com responsabilidade e minimize seus impactos, tanto ambientais como sociais.

Nos últimos anos, as empresas de mineração vêm desenvolvendo políticas com objetivo de manter relações harmoniosas com as comunidades e seu entorno. O desenvolvimento sustentado das atividades de exploração e comercialização de bens minerais e o cuidado intensivo com o meio ambiente lhes permitirão sua aquiescência, o que se pode denominar de *Licença Social*.

As décadas de 70 e 80 do século passado chegaram com a preocupação de como e quando as empresas deveriam responder sobre suas obrigações sociais. Foi a partir daí que se começou a desenvolver e a consolidar a ética empresarial.

Em 1999, Kofi Annan, secretário-geral da ONU, lançou o Global Compact (Pacto Global, em português), solicitando aos dirigentes do mundo dos negócios a aplicar um conjunto de nove princípios sobre os direitos humanos e trabalhistas, e questões ambientais. A responsabilidade social das empresas tem sido proposta como práticas sociais e ambientais voluntárias das companhias, indo para além de suas obrigações juridicamente estabelecidas.

Compreende todas aquelas atividades realizadas pelas empresas para maximizar os benefícios dos projetos, ao mesmo tempo em que minimizam seus impactos, que podem, e normalmente o fazem, estendendo-se muito além do que é exigido pelas leis dos países em que operam. Assim, o termo *social* não se refere aos problemas sociais, mas aos objetivos sociais, tais como desenvolvimento econômico, contribuições sociais e de proteção ambiental. A responsabilidade social tem sido descrita como uma das ferramentas que as companhias de mineração utilizam para implementar o *desenvolvimento sustentável*.

A Responsabilidade Social Empresarial (RSE) implica em conciliar o interesse das partes interessadas direta e indiretamente à empresa e, por outro, incorporar elementos de governança corporativa, tais como: transparência, ética, retornos sobre o capital, programas sociais, aplicação das normas trabalhistas, ambientais e outras que compõem o seu compromisso ético com a sociedade.

A responsabilidade decorre do incremento da consciência social dos *stakeholders* (atores sociais) envolvidos com a empresa. Os projetos dependem exclusivamente das empresas (determinação dos valores, dos projetos e ações). Não há um sistema de regulamentação que discipline as ações das empresas (ao contrário do meio ambiente). A falta de regulamentação afeta diretamente as comunidades

locais, pois os projetos realizados nem sempre irão contribuir ou promover o desenvolvimento socioeconômico. Ante à nova realidade, devem promover mudanças de paradigmas nas comunidades em que estão ou estarão inseridas a fim de buscarem seu próprio desenvolvimento. Isto corresponde a desenvolver iniciativas e estratégias para que os interessados considerem as propostas dos empreendimentos à medida que sejam conhecedores de suas atividades e implicações. Além de melhorar e compartilhar os níveis de informações e de comunicação, com a comunidade permitindo que sejam tomadas suas próprias decisões sobre o que é ou não melhor para o seu desenvolvimento, reforçando a participação das empresas de mineração ativamente neste processo de mudança.

As recentes demandas mundiais, destacando o incremento da fome e a carência de água que alastram todo o planeta, fizeram com que as empresas ligadas à indústria mineral, tanto grandes, quanto médias ou mesmo pequenas, dedicassem considerável preocupação com a sustentabilidade de qualquer empreendimento. Assim projetos ligados à mineração, dentre eles os da Região Amazônica, têm marcado presença sistemática, pois grande parte deles se insere em locais com baixo poder aquisitivo, refletindo-se em reduzidos níveis de Índice de Desenvolvimento Humano (IDH). Para suprir essas carências, há necessidade de ser desenvolvida a sustentabilidade desses empreendimentos, buscando sua interação nas comunidades de seus entornos.

Há um leque muito grande de questões sociais ao longo da cadeia produtiva da indústria mineral e nas suas relações com o ambiente local de produção. Os efeitos da mineração para a sociedade têm bastante peso, exigindo que se crie uma tríplice licença ainda por construir: *licença de título minerário, licença ambiental e licença social*. A última delas requer processos de consulta, participação e um sólido diálogo empresa-governo-comunidade local.

A operação de um empreendimento de base mineral irá, necessariamente, exaurir o capital natural formado pela jazida mineral. Hoje, no mundo e, particularmente, no Brasil, além dos obrigatórios títulos mineral e ambiental, haverá sempre necessidade da *licença social*, sem a qual o empreendimento mineral estará fadado ao fracasso.

Por outro lado, o futuro de qualquer região com vocação mineira passa pela mineração industrial, refletindo em geração de novos e bons projetos, cujo foco é sempre perseguido por todos envolvidos no fomento do setor. No caso específico da Amazônia, por ser região de fronteiras, com largos desafios, há necessidade de sintonia com os cenários desenhados para o mercado de *commodities*, refletindo-se em flutuações no cenário mundial, atingidos por crises que afetam a economia global.





**Figura 145.** Modelo sustentabilidade Juruti.

Fonte: Projeto Juruti.

A agenda positiva inclui um conjunto de 54 iniciativas voluntárias da Alcoa, com obras/ações já concluídas nestas áreas:

**Saúde:** (Figura 146) a construção do Hospital 9 de Abril, ampliação do Hospital Municipal Francisco Rodrigues Barros, convênio com Instituto Evandro Chagas, complemento mobiliário e equipamentos da Unidade Mista de Juruti Velho e Unidade Mista da Tabatinga, e alojamento dos profissionais de saúde anexo à Unidade Mista de Tabatinga.



**Figura 146.** Juruti – ação saúde.

Fonte: Projeto Juruti.

**Educação:** (Figura 147) construção de três casas familiares rurais e Campus da Universidade Federal do Oeste do Pará (Ufopa); educação ambiental (capacitação de professores e programas de educação ambiental, patrimonial e atendimento educacional público).



**Figura 147.** Juruti – ação educação.

Fonte: Projeto Juruti.

**Assistência Social:** construção e fornecimento de mobiliário para a sede do Conselho Tutelar de Juruti; segurança e justiça (construção de Complexo Judiciário, reforma e ampliação da Delegacia de Polícia Civil, construção de alojamento da Polícia Militar e Posto Policial da Tabatinga).

**Cultura:** repasse de verba ao Festival das Tribos (figura 148).



**Figura 148.** Juruti – ação cultura.

Fonte: Projeto Juruti.

**Infraestrutura Urbana e Saneamento:** construção de três poços profundos, ciclovia e passarela de pedestre da Rodovia PA-257, Plano Diretor do Município, de Esgoto e de Macro e Micro Drenagens (Figura 149).

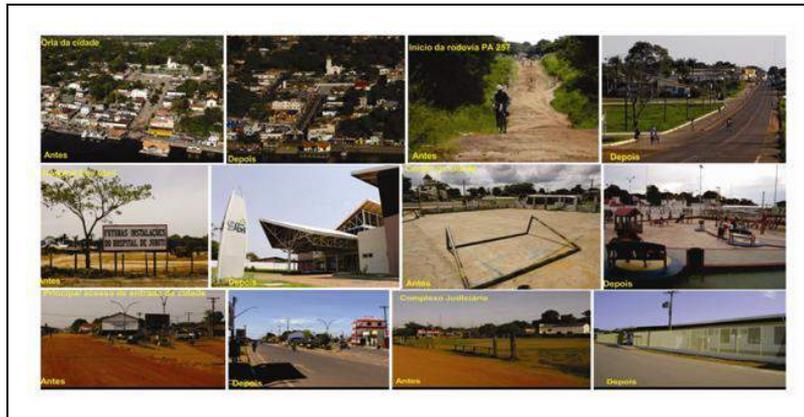


**Figura 149.** Juruti – ação saneamento.

Fonte: Projeto Juruti.

**Infraestrutura Rural:** estrada e ponte da comunidade Lago Preto, estrada do Café Torrado, ponte do Igarapé do Santo Antônio, asfaltamento da Rodovia PA-257 e abastecimento de água em Juruti Velho.

Essas ações do projeto Juruti foram significativas para alterar o visual da cidade, como pode ser observado na figura 150.



**Figura 150.** Efeitos positivos na cidade de Juruti com ações do projeto.

Fonte: Projeto Juruti.

#### 10.4.2. Projeto Trombetas

O projeto Trombetas (Mineração Rio do Norte-MRN) também explora bauxita, em Oriximiná-Pará. Sua visão é ser uma empresa economicamente saudável, alcançando níveis de desempenho compatíveis com as melhores operações do mundo, respaldada nos princípios de responsabilidade pública e social.

Os programas aplicados ajudam a minimizar riscos, com a direção da empresa sendo assistida pelo Comitê de Meio Ambiente, Saúde e Segurança, incluindo quatro programas: Integrado de Manejo e Conservação da Flora, Integrado de Manejo da Fauna, Gestão de Águas e Monitoramento dos Recursos Hídricos, e Monitoramento do Lago Batata.

À medida que a lavra em faixas vai avançando, a área lavrada é recuperada e revegetada (Figura 151).



**Figura 151.** Exemplo de revegetação na MRN em Trombetas.

Fonte: MRN.

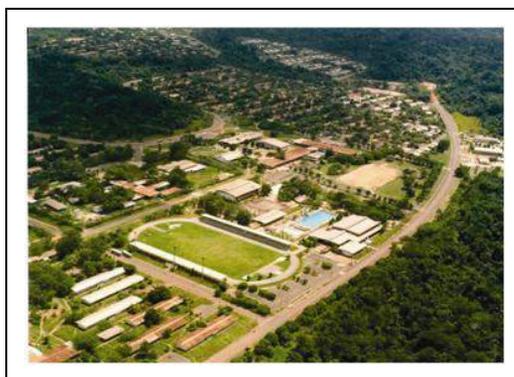
Até 2012, dos 7,6 ha desmatados, 4,6 mil já haviam sido reflorestados (somente em 2012, foram recuperados 228 ha – Figura 152); os 3 mil hectares restantes fazem parte da área de servidão do projeto (previsto no licenciamento mineral) e da vila residencial, onde residem as pessoas envolvidas no projeto. Assim 100% da área possível de revegetar já se encontrava feita pela empresa. Desde 1979, ano da implantação do projeto, foram utilizadas 9.692.297 plantas, 10.354.585 número de mudas e 563 espécies nativas, com média anual de 113 espécies, cujo índice de sobrevivência tem sido superior a 90%. Em 2012, mais de dois mil registros de mamíferos foram catalogados, dos quais mais de mil e duzentos primatas; e dos 56 milhões de metros cúbicos de água utilizados, mais de 80% foram reciclados (Figura 152).



**Figura 152.** Ações da MRN em Trombetas.

Fonte: Arquivo do autor.

A vila urbana de Porto Trombetas (Figura 153), com cerca de seis mil habitantes, possui infraestrutura urbana completa. A Fundação Vale dos Trombetas, que faz a gestão educacional, tem como foco promover ensino de qualidade e assegurar a satisfação de seus clientes, além de estar em sintonia com a ética local e as transformações do mundo atual.



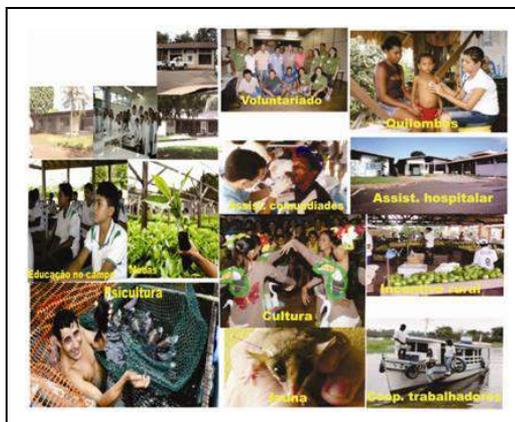
**Figura 153.** Vila em Porto Trombetas.

Fonte: MRN.

A saúde no projeto é de responsabilidade do Hospital de Porto Trombetas que tem tudo para ser reconhecido pela eficiência na gestão de saúde em áreas remotas.

A segurança no trabalho é um dos pontos fortes do projeto, perseguindo sempre ambiente seguro.

As diversas ações socioambientais realizadas pela Mineração Rio do Norte podem ser observadas na Figura 154.



**Figura 154.** Ações socioambientais da MRN.

Fonte: MRN.

#### 10.4.3. Projeto Rio Capim

A Rio Capim (Imerys) tem a produção de caulim no Ipixuna do Pará-Pará com escoamento, via mineroduto, para Barcarena.

Atualmente, a Imerys mantém programas socioambientais que incentivam as áreas da educação, saúde e geração de renda, além de beneficiar, diretamente, mais de três mil pessoas por ano. A Casa Imerys é um espaço de formação educacional, onde são ofertados cursos de capacitação gratuitos para a comunidade (Figura 155). Além disso, é a sede dos seis projetos sociais que a empresa desenvolve em Barcarena. Em 2012, foram formadas mais de quatrocentas pessoas nos cursos de eletricidade, massagem, atendimento ao cliente, turismo, entre outros (Figura 156).



**Figura 155.** Ações Casa Imerys.

Fonte: Imerys.



**Figura 156.** Relação com a comunidade - capacitação de pessoas.

Fonte: Imerys.

O Programa Amparo à Gestante orienta as mulheres grávidas sobre os cuidados com o bebê, exames pré-natal e educação nutricional (Foto 157). O Sorriso Saudável atende alunos de escolas públicas de Barcarena e Ipixuna do Pará, ensinando bons hábitos de higiene oral e oferecendo atendimento odontológico gratuito.



**Figura 157.** Relação com a comunidade - apoio à gestante.

Fonte: Imerys.

O Programa Luz do Amanhã tem como meta desenvolver melhorias na infraestrutura escolar e ações sociopedagógicas. O Criança com Arte contribui para formar a cidadania e valorizar o desenvolvimento humano de crianças e adolescentes, por meio de atividades artísticas e educacionais (Figura 158).



**Figura 158.** Relação com a comunidade - educação ambiental.

Fonte: Imerys.

#### 10.4.4. Projeto Carajás

O Carajás (Vale) envolve minério de ferro, manganês, cobre e níquel, nos municípios de Parauapebas, Canaã dos Carajás e Ourilândia do Norte, todos no Pará.

Dentre os programas aplicados pela empresa, destaca-se o de Preparação para o Mercado de Trabalho, com cursos voltados para hotelaria, topografia e mecânica, que, em 2012, capacitou mais de mil pessoas.

O Prêmio Reconhecer tem por objetivo retribuir e premiar iniciativas sociais e boas práticas que contribuem para desenvolver capacidades locais, melhoria da qualidade de vida das comunidades e promover o *desenvolvimento sustentável*.

Programas como o Escola que Vale, Capacitação de Público Externo, Catadores de Recicláveis, Visita de Escolas, Jornada Pedagógica do Público Externo, Gincana Interna de Meio Ambiente, Plantio de Mudas em Barragens representam ações de mérito de responsabilidade social reconhecidas por todos (Figuras 159, 160, 161 e 162).



**Figura 159.** Escola que Vale Capacitação Público Externo.

Fonte: Simineral/Vale.



**Figura 160.** Catadores de Recicláveis/Visita de Escolas.

Fonte: Vale



**Figura 161.** Jornada Pedagógica.

Fonte: Vale



**Figura 162.** Gincana Interna de Meio Ambiente/Plantio de Mudas em Barragens.

Fonte: Vale

Outro fator de alto alcance é a comemoração da Semana da Águas (Figura 163), uma vez que, em 2012, no projeto Sossego (cobre), a reutilização de água alcançou 99%, dos 900 mil metros cúbicos utilizados. No mesmo padrão, situa-se a Semana de Resíduos (Figura 163), quando não só são coletados todo e qualquer resíduo, como encaminhados à reciclagem.



**Figura 163.** Semana da Água Semana/Semana de Resíduos.

Fonte: Vale.

A Vale, por quatro anos consecutivos, integra o Índice de Sustentabilidade Empresarial (ISE), da Bovespa, que reúne 51 ações de 40 companhias, representando 18 setores. No total, as empresas que compõem a carteira do ISE têm valor de mercado de cerca de US\$ 500 bilhões, equivalente a 47,16 % do total do valor das companhias com ações negociadas na BM & F Bovespa.

A Floresta Nacional de Carajás, com 411 mil ha, onde se encontram os projetos Minério de Ferro e Manganês, somente 3% de sua área foram desmatadas. A administração dessa unidade de conservação é mantida pelo Instituto *Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade* (ICMBio), com apoio da Vale, que fomenta os seguinte projetos: pesquisas de flora, fauna, solos, clima, água, arqueologia, estudo em cavernas e impactos econômicos e sociais na área (Figura 164).



**Figura 164.** Ecosystema Carajás.

Fonte: Simineral.

#### 10.4.5. Projeto Paragominas

A Mineração Paragominas (Hydro) com produção de bauxita, em Paragominas-Pará, executa o escoamento do minério para Barcarena, através de mineroduto.

Seus principais projetos voltados para a comunidade envolvem educação. São eles: Alfa Paragominas (educação de jovens e adultos), Artesanato (artefatos de madeira e costura), Campanhas de Educação em Saúde, Projeto Novos Caminhos e Programa Cozinha Brasil (Figuras 165 e 166).



**Figura 165.** Projeto Alfa em Paragominas.

Fonte: Mineração Paragominas.



**Figura 166.** Novos caminhos em Paragominas.

Fonte: Mineração Paragominas.

O projeto Capacitação de Técnicos do Programa Municípios Verdes, em convênio com o Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia (Imazon), tem como meta capacitar 90 técnicos de 45 municípios do Pará, com a finalidade de elaborar o diagnóstico socioambiental do respectivo município; mapear propriedades para ingressarem no Cadastro Ambiental Rural (CAR) e monitorar a cobertura florestal, incluindo desmatamento (verificação em campo), queimadas, reflorestamento e manejo florestal (Figura 167).



**Figura 167.** Capacitação para Municípios Verdes no Pará.

Fonte: Mineração Paragominas/2012.

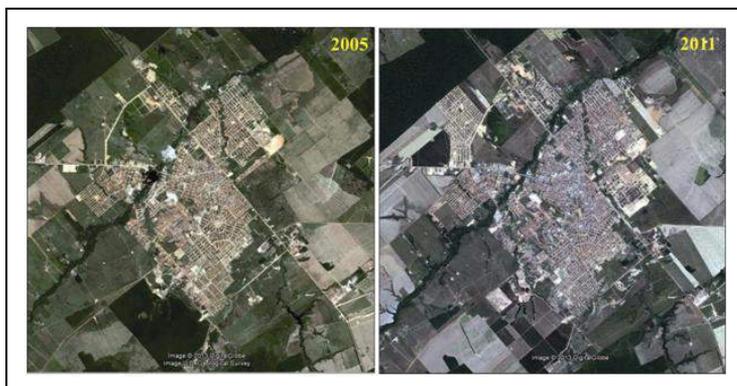
Em 2012, foi firmado convênio de cooperação técnica e financeira com o *Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (Senar)*, com objetivo de promover cursos de capacitação e fomentar a geração de renda no meio rural, beneficiando, naquele ano, aproximadamente 220 pessoas, de nove comunidades, envolvendo jovens, produtores rurais, líderes comunitários e associação de mulheres (Figura 168).



**Figura 168.** Treinamento de capacitação com apoio do Senar.

Fonte: Mineração Paragominas.

O projeto Paragominas teve papel fundamental na transformação urbana da sede do município. Na realidade, foi uma série de boas gestões municipais que transformaram a face da cidade e do município, antes área violenta e hoje *município verde*, servindo de modelo para outros municípios paraenses e brasileiros (Figura 169).



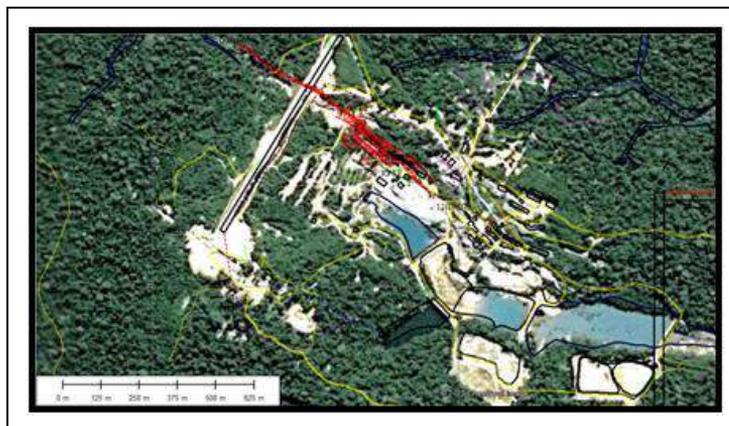
**Figura 169.** Cidade de Paragominas.

Fonte: [www.google.com.br](http://www.google.com.br)

#### 10.4.6. Projeto Palito

O projeto Palito (Seraby) é um projeto ligado à mineração de ouro, no ano de 2012, em fase final de implantação (Figura 170), localizado no município de Itaituba-Pará, extensa região de garimpo de ouro, portanto, com grandes desafios.

Suas ações são voltadas para atendimento odontológico e médico, além de ações paralelas e de maiores amplitudes com o propósito de promover saúde preventiva, ao invés de atuar apenas nas sequelas da doença. Executa monitoramento de flora, qualidade do ar e programa de educação ambiental.



**Figura 170.** Área do projeto Palito/Seraby.

Fonte: Seraby Mineração.

#### 10.4.7. Projeto Alumina Rondon

O projeto Alumina Rondon (Votorantim Metais), no ano de 2013, em fase de licenciamento, deverá produzir bauxita e alumina em Rondon do Pará-Pará, sudeste paraense.

Em parceria com a Prefeitura de Rondon do Pará, foi definida uma agenda de desenvolvimento local para modernizar a gestão, fazer planejamento físico-territorial, definir planejamento de saneamento e mobilidade urbana, e formatar projetos (tratamento de esgoto, aterro sanitário, capacitação tratamento e distribuição de água, e drenagem urbana). O projeto vem se caracterizando pela participação efetiva da comunidade (Figura 171) e de segmentos da gestão municipal (Figura 172).



**Figura 171.** Reuniões com a comunidade.

Fonte: Projeto Alumina Rondon.



**Figura 172.** Visita da equipe da Frente Parlamentar, liderada pela Prefeitura de Rondon do Pará.

Fonte: Simineral.

## 11. A MINERAÇÃO NO DIA A DIA

Dentre os três reinos da natureza, o mineral é o que mais está presente e mais contribui para o conforto da humanidade. O United States Bureau of Mines (o serviço de mineração dos Estados Unidos) estima que, nos países industrializados, cada pessoa pode utilizar, ao longo de sua vida, até 18 toneladas de bens minerais.

Mesmo não se percebendo, ao ingressar em qualquer casa, ali está presente uma série de coisas oriundas dos minerais e seus produtos de transformação, como pode ser observado na Figura 173.



**Figura 173.** Casa, minerais e metais.

Fonte: Simineral.

Qualquer pessoa que acorde com o som de despertar de um relógio ou telefone, já está utilizando o serviço de alguns minerais. O mesmo acontece quando ela vai ao banheiro e entra em contato com a água, que é o mais importante bem mineral. O material para escovar os dentes contém bens minerais, embora, quando o creme dental foi inventado, cuja função era tão somente limpar os dentes, usava-se apenas sal ou carbonato. Hoje, porém, o creme dental tem outras funções como a de impedir a deterioração dos dentes e as cáries, protege-os contra as bactérias e clareá-los, por isso o elemento flúor está presente. Os dentífricos modernos, além de sal ou carbonato e flúor, são compostos de caulim, apatita, fluorita, rutilo, ouro, cerâmica leve e titânio para outras funções como remover manchas e partículas de alimentos nos dentes.

A hora da alimentação é o momento do maior encontro com os minerais. Os utensílios utilizados (Figura 174) para preparar, coser e servir os alimentos, assim como para proceder sua limpeza, sejam de vidro, louça ou porcelana, contêm quartzo, talco, argila, calcário, feldspato, fósforo, enxofre, estibinita e alumínio. O liquidificador é feito de cromita, galena, alumínio, cobre, quartzo e hematita, assim como a torradeira, que é de cromita, hematita, cobre, pentlandita, alumínio e plástico, ou a geladeira, que é de cromita, galena, hematita, cobre, mercúrio, pentlandita e alumínio. O fogão, por sua vez, tem a formá-lo cromita, galena, alumínio, cobre, quartzo e hematita, e usa-se gás natural. À mesa, baixela e os talheres são feitos de alumínio, vidro, plástico e aço inoxidável. No momento de ser lavado qualquer utensílio usam-se detergentes e sabões feitos de boro, fosfatos e carbonatos de sódio.



**Figura 174.** Equipamentos utilizados em uma cozinha.

Fonte: Arquivo do autor.

As roupas, principalmente as que são feitas para climas frios, possuem em sua indústria têxtil alguns minerais, atualmente, em especial, o titânio, para torná-las mais leves e mais confortáveis (Figura 175).



**Figura 175.** Jaqueta com titânio.

Fonte: Arquivo do autor

As joias (Figura 176) geralmente têm adornos compostos por metais preciosos (ouro, prata, platina, paládio etc.), ou gemas (ametista, berilo, citrino, topázio imperial, turmalina, esmeralda e até mesmo diamante). Todos os adornos possuem componentes minerais, não importando se for um pingente (Figura 177) ou a mais complexa e valiosa joia.



**Figura 176.** Joias de ouro.

Fonte: Arquivo do autor.



**Figura 177.** Pingente de ametista.

Fonte: Arquivo do autor.

O homem aperfeiçoa, cada vez mais, o modo de utilizar os minerais nos adornos. É significativo o exemplo da iniciativa dos artesões ligados ao Centro de Exposição São José Liberto, em Belém, que criaram a *biojoia*, isto é, a união dos metais preciosos com os recursos orgânicos da natureza, como as sementes de madeiras, logicamente respeitando os princípios da conservação do ambiente. Resulta, como prova dessa iniciativa, a junção de caroço de tucumã com prata madreperla do rio Tocantins, e a casca de coco com prata (Figura 178).



**Figura 178.** Exemplos de biojoias.

Fonte: Reprodução fotográfica do autor em JR Joalheira.

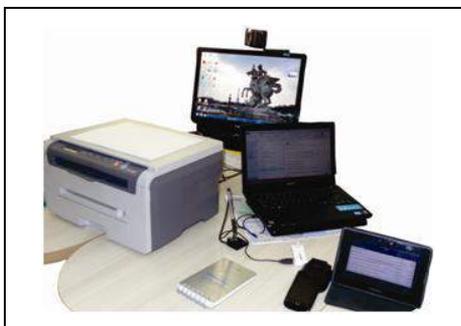
Os minerais também servem para atrativos turísticos. Coleções de cristais e gemas (Figura 179) mostram esse poder.



**Figura 179.** Coleção de cristais e gemas.

Fonte: Arquivo do autor.

Televisor, carro, telefone, tablet, GPS, todos têm origem nos minerais. Em cada um deles são utilizados cerca de 40 tipos de minerais, como silício, alumínio, berilo, itrium, zinco, quartzo, cromita, wolframita, cobre, grafita, alumínio e prata. Assim, em qualquer escritório, muitos minerais se fazem presentes (Figura 180).



**Figura 180.** Escritório.

Fonte: Arquivo do autor.

E não param por aí as utilidades dos minerais. O vidro demanda areia e carbonato de sódio. As tintas precisam de titânio e cádmio como pigmentos, e para elasticidade, talco branco, mica e argila. A maquiagem precisa de muscovita, talco, hematita, bismuto e barita. As toalhas de banho possuem esfalerita, cromita e titânio. As louças sanitárias são feitas de feldspato, argila, talco, caulim, pirolusita, cromita e cobre. O espelho usa quartzo e prata.

Para o ser humano expressar e explorar o mundo, usa material que provém dos minerais. Pintores e escultores usam pigmentos, argilas, mármore etc.; fotógrafos utilizavam, até bem pouco tempo, dentre outros minerais, a prata, o que permitia gravar as imagens nas películas; os músicos das orquestras sinfônicas produzem os sons com instrumentos feitos de metais.

Individualmente, cada mineral tem sua importância no cotidiano das pessoas. Por exemplo, o principal ingrediente da sombra do olho, blushes, desodorantes e hidratantes é o talco; seus cristais, em formato de placas, são importantes para fabricar cosméticos, desde antes de Cristo. A mica é um mineral também útil às sombras dos olhos, em pós e batons, que, adicionada, dá brilho e elasticidade a esses produtos porque adere à pele. Quando revestidas com óxido de ferro, as placas de mica têm brilho dourado. O caulim é uma argila adicionada aos produtos para absorver a umidade, e cobrir bem a pele, além de ser resistente ao óleo.

Nos cosméticos, a cor é muito importante. Os minerais fornecem cor aos olhos, aos lábios, à face e aos supercílios. O óxido de ferro, um dos minerais mais importantes como pigmento, foi usado, por exemplo, por Cleópatra, como *blush*. Os óxidos de ferro dão aos produtos os tons vermelhos, alaranjados, amarelos,

marrons e pretos. Os óxidos de cromo são usados para gerar a cor verde; o manganês, a violeta; o lápis lazuli, o azul. As cores azul e rosa são obtidas a partir da mistura do caulim, do enxofre e do carvão vegetal. O próprio ouro foi usado historicamente como pigmento, pois os antigos egípcios o usavam para colorir os cabelos. A calcita pulverizada, um carbonato de cálcio, absorve a umidade e, por tal característica, ela e a dolomita (carbonato de magnésio) são adicionadas para aumentar a capacidade do produto.

Os minerais também são utilizados em medicamentos, a começar pelos comprimidos, que têm, em sua maior parte, o caulim. No tratamento de doenças da pele e também em alguns sabões, está o sal. Nas queimaduras provocadas por excesso de exposição ao sol, é usada a calamina que é hemiformita (silicato de zinco).

Em qualquer atividade (agrícola, industrial, metalurgia, química, de construção civil), utilizam-se recursos oriundos da mineração ou de seus produtos de transformação. Os fertilizantes são utilizados para melhorar o crescimento das plantações. O cimento, para a construção dos pisos da casa, da escola, ou mesmo do ambiente do trabalho. O asfalto para a pavimentação das ruas.

Combustíveis, plásticos e outros derivados do petróleo são originados de matérias formadas nas profundezas da Terra. Casas, estradas, pontes, ônibus, metrô, automóveis, foguetes, bicicletas, patins, aviões e outros produtos da era industrial demandam muitos tipos de metais e minérios para se tornarem realidades.

Os automóveis têm mais de quinze diferentes tipos de minerais e seus produtos de transformação, destacando-se ferro, manganês, alumínio, cromo, ligas metálicas, zinco, platina e cobre. Os aviões são feitos de alumínio, cromo, cobalto, colúmbio, tântalo e titânio. Os satélites e os mísseis lançados no espaço dependem da força, da confiabilidade e da resistência à corrosão dos metais. As roupas dos astronautas e os revestimentos dos equipamentos espaciais utilizam ouro para protegê-los da radiação do sol. O combustível que automóveis, aviões, satélites e mísseis usam, são derivados do petróleo.

Nos avanços tecnológicos, os minerais tiveram papel fundamental. A eletrônica e a informática tornaram possível a exploração do espaço e milhares de outras realizações tecnológicas que não seriam possíveis sem os minerais.

Os instrumentos da ciência, por exemplo, os microscópios, os computadores, os tubos de ensaios etc., dependem também de minerais. O Programa Espacial Americano utilizou grandes variedades de minerais, mas principalmente o alumínio (Figura 181).



**Figura 181.** Capsula espacial do Programa Espacial Americano.

Fonte: Reprodução fotográfica do autor, em Museu of Flight - Seattle - Washington/USA.

A condução da eletricidade, através de cabos feitos de cobre e alumínio, além de servir para iluminação e aquecimento, fornece energia a um mundo de máquinas que podem fazer quase tudo, exceto pensar. Desse modo, luz, energia, comunicação, informação, lazer e um incontável número de benefícios não seriam possíveis sem os minerais.

Iniciativas de divulgar a mineração e colocar no cotidiano das pessoas têm sido feitas por muitos segmentos, como a que o Instituto Brasileiro de Mineração (Ibram) e o Sindicato das Indústrias Mineradoras do Pará (Simineral) fizeram, em implantar para visitas, de modo particular os estudantes, a *Casa da Mineração* (Figura 182), um local com exposição envolvendo a indústria mineral (Figura 183).



**Figura 182.** Casa da Mineração.

Fonte: Simineral



**Figura 183.** Visita estudantes à Casa da Mineração.

Fonte: Ibram.

Também, por iniciativa do Simineral, foi criada a Frente Parlamentar da Mineração Sustentável, dando oportunidades aos deputados-membros de visitar os projetos de mineração em todo o Pará (Figura 184). O objetivo é servir de efeito multiplicador, tendo em vista que os parlamentares possuem a responsabilidade de representar a sociedade em todas as formas de expressão.



**Figura 184.** Frente Parlamentar em visita ao Projeto Alumina Rondon.

Fonte: Simineral.

Outra boa iniciativa que merece destaque é a do Centro de Tecnologia Mineral (Cetem), órgão pertencente ao governo federal, aliado a outros centros de pesquisa no mundo inteiro, ao desenvolver pesquisas tecnológicas, visando permitir o uso de menos recursos minerais, gerar menos resíduos, limpar áreas contaminadas e manter todos os mananciais de águas limpos.

Muito se contribuiria para o bem do Planeta Terra se cada vivente utilizasse os *cinco erres* (*repense, reduza, reutilize, recicle e recuse*), dentro desta sequência: **repense** seus hábitos e atitudes. **Reduza** a geração e o descarte de resíduos. **Reutilize** os produtos aumentando sua vida útil. **Recicle** transformando em novos produtos. **Recuse** produtos nocivos à saúde e ao meio ambiente.

O CETEM – Centro de Tecnologia Mineral ([www.cetem.gov.br](http://www.cetem.gov.br)) dá excelente exemplo, ao divulgar uma tabela periódica, ilustrativa com associação de cada elemento a seu uso em recursos utilizados pela população (Figura 185).



**Figura 185.** Tabela ilustrativa sobre utilização mineral.

Fonte: Cetem.

Os minerais devem ser usados em todos os aspectos para assegurar a paz no mundo, embora, em muitos momentos, eles tenham feito parte da história das guerras humanas, desde que o homem das cavernas moldou a primeira pedra até os mísseis atuais.

Vê-se, enfim, que todas as indústrias, sem exceção, utilizam minerais em seus produtos, cuja estimativa da Associação Internacional de Mineralogia indica existirem cerca de dois mil diferentes tipos de minerais. Nunca é demais ressaltar que qualquer um dos minerais demanda milhões de anos para se formar. Assim, na escala de tempo humana, jamais poderão ter tempo para se refazer, o que significa dizer que eles não são renováveis. É por esse motivo que eles devem ser usados de forma responsável.

## 12. A MINERAÇÃO E O FUTURO

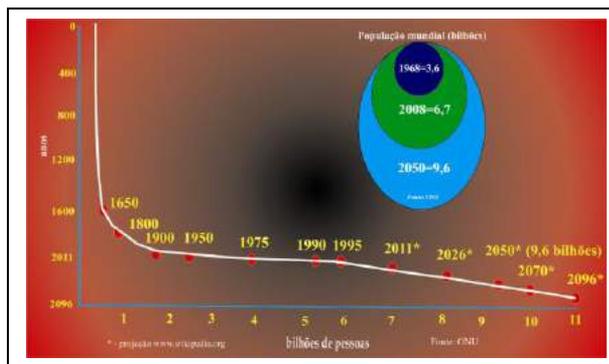
A indústria mineral ao longo do tempo possui relação direta com a evolução da humanidade, haja vista que, como já citado, o dia a dia da sociedade tem quase tudo a ver com os minerais ou seus produtos de transformação.

A evolução da vida evidencia muito bem essa assertiva em processo constante. Com o tempo, o ser humano passou a fabricar vasilhas de barro, usadas para guardar comida e água, flechas e facas de pedra. Assim o homem viveu as idades da *pedra*

*lascada* e da *pedra polida* até que, alguns milhares de anos depois de dominar o fogo, fez uma nova e importante descoberta: o metal. O processo para obtê-lo deveu-se ao momento a partir do aquecimento de substâncias que ocorriam na superfície da Terra e sua utilização como substituto para a pedra na fabricação de armas e objetos cortantes e na produção de uma série de outros objetos de uso variado, inclusive adornos (brincos, colares e pulseiras). Esse fato marcou a chegada do homem à *idade dos metais*.

Como a população mundial sempre está em crescimento, cada vez depende-se dos minérios e seus produtos de transformação para o dia a dia da população. E quem busca essas demandas são as empresas de mineração por intermédio de seus geólogos, engenheiros de minas e técnicos em mineração.

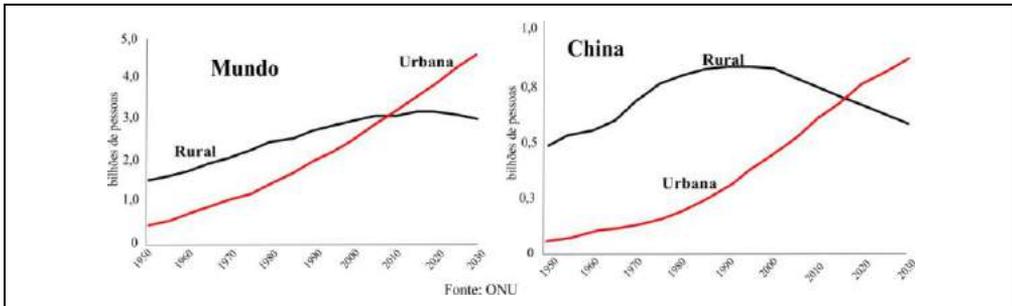
À medida que o tempo foi passando, o número de habitantes no mundo cresceu e eles passaram a necessitar, cada vez mais, de minérios ou de seus produtos de transformação para os diversos usos. Até 2050 o mundo terá cerca de 9,6 bilhões de pessoas. Segundo as projeções, o Brasil hoje é o quinto país mais populoso do mundo, com cerca de 200 milhões de habitantes; em 2050 deverá ser o oitavo, pois até lá, a população brasileira terá sido superada pela de Bangladesh, Nigéria e Paquistão. Hoje, são mais populosos que o Brasil, e continuarão a ser em 2050: China, Índia, Estados Unidos e Indonésia. Para 2096, a previsão é de todo o planeta chegar a 11 bilhões de habitantes (Figura 186).



**Figura 186.** População Mundial.

Fonte: ONU. Elaboração autor.

Se todos dependem de bens minerais e a população deverá crescer cada vez mais, mesmo que, em alguns casos, em taxas menores, sempre haverá demanda por produtos da mineração. Assim se faz necessário levar em conta a urbanização da população, com ênfase ao fenômeno na China, pois ao se ter o crescimento na população nas cidades, quer grandes, médias ou pequenas, o consumo de mais minérios e seus produtos de transformação vai ser maior. E esse é um fenômeno cada vez mais marcante (Figura 187).

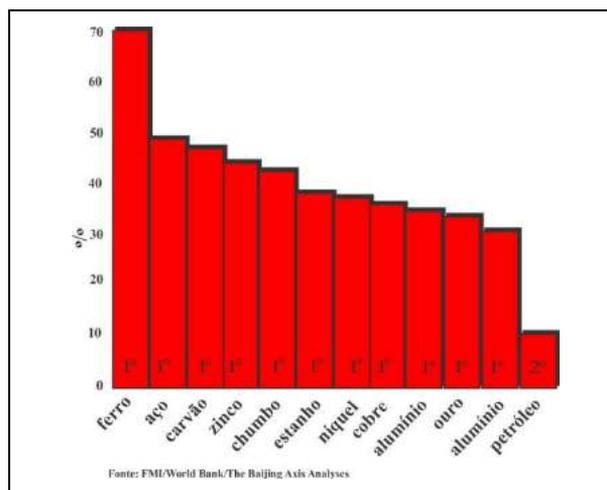


**Figura 187.** Urbanização mundial e chinesa.

Fonte: Arquivo do autor.

Há de se levar constantemente em consideração que o minério é um recurso natural com algumas características próprias, como não ser renovável, possuir safra única e localização rígida; ter pouca distribuição geográfica; ser explorado, de um modo geral, próximo ao seu local de ocorrência; sua exploração ser de risco elevado e exigir alto investimento em capital; e possuir retorno demorado. Por outro lado, também merece ser considerado o fato de que ao ser implantado um novo projeto, a grande demanda da população será, sem dúvida, o emprego, mas também a expectativa de solução dos problemas demandados.

Dados estatísticos indicam que a China é atualmente o principal consumidor de commodities minerais (Figura 188).



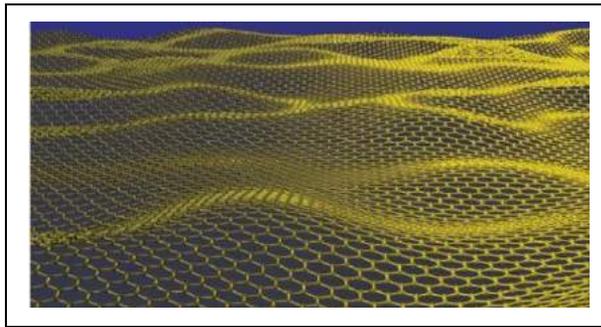
**Figura 188.** Consumo de bens minerais chineses.

Fonte: Arquivo do autor.

Equipamentos com tecnologias modernas como computadores, GPSs, telefones celulares, tablets e outros têm forte componente mineral, causando novas demandas da mineração e seus produtos de transformação.

Recentemente houve certa expectativa em função da demanda dos minerais do grupo das terras raras, em que a China praticamente detém o monopólio. A Samsung, uma das líderes de equipamentos de tecnologia no mundo inteiro, se dispôs a investir cerca de quatro bilhões de dólares em pesquisa de novos materiais e tecnologias, capazes de diminuir tal dependência.

Entretanto, eis que surge no mercado um novo material: o *grafeno*. Descoberto em 2004 por Andre Geim e Konstantin Novoselov, rendeu aos seus descobridores o prêmio Nobel de Física, em 2010. O grafeno é retirado da grafita e é o primeiro material de *duas dimensões* descoberto pelo homem. Esse mineral é composto da mesma substância que o diamante, o carvão e o grafite, mas difere por ser formado por uma folha de átomos de carbono arrumada de forma hexagonal (Figura 189). Poucas vezes um material saiu tão rápido dos laboratórios para uma infinidade de produtos que já estão em todos os lugares.



**Figura 189.** Folha de *grafeno*.

Fonte: Reprodução/Universidade de Manchester.

Além da resistência, ele também é o material mais leve que há, sendo capaz ainda de conduzir a eletricidade melhor do que o cobre, ser transparente, flexível e resistente à corrosão, qualidades que já o colocam na condição de um dos mais promissores compostos das próximas décadas.

As aplicações são inúmeras e podem ajudar, inclusive, à saúde humana. A corrida em laboratórios e universidades é para descobrir como usar o *grafeno* para criar super baterias, capazes de armazenar muito mais energia e recarregar em questão de minutos. Ele deverá revolucionar a informática, bens de consumo eletrônicos, transportes e indústria aeroespacial. A expectativa é que esse material torne a internet cem vezes mais veloz e armazene muito mais dados do que fazem os atuais computadores.

A Nokia, uma das grandes fabricantes de telefones celulares do mundo, acredita que o *grafeno* seja um material com potencial para mudar o futuro, e está participando dessa iniciativa para ajudar a trazer esse tão promissor material para o mundo real. O grande desafio, porém, será torná-lo comercial, pois atualmente seu

preço é cerca de duas vezes maior do que o do ouro. Não se pode esquecer que esse fenômeno já ocorreu com o aço, quando foi descoberto, e hoje é totalmente competitivo.

Como derivado da grafita, haverá busca desse mineral que hoje tem cerca de 75% de suas reservas mundiais na China. O Brasil detém menos de 1% dos recursos já conhecidos no mundo inteiro.

A maturidade e a organização da sociedade farão com que, cada vez mais, os projetos tenham maior interação com ela, ao serem utilizadas tecnologias modernas, limpas e capazes de aproveitar ativos com teores cada vez menores.

Assim, o ciclo da indústria mineral deverá perdurar aquecido por um longo período, mesmo que com intensidades diferentes, haja vista sua afinidade com o cotidiano de cada pessoa. Mesmo em épocas adversas, como catástrofes, os produtos do universo mineral vão merecer demandas, porque há necessidade de se reconstruir a infraestrutura danificada, necessitando de bens minerais e seus produtos de transformação, como minério de ferro, alumínio, material de construção civil e outros, todos ligados ao ciclo mineral.

A Amazônia, que tem o Pará como melhor exemplo da indústria mineral, já tendo passado pelo ciclo do ouro, minério de ferro, manganês, alumínio e cobre, acaba de entrar na fase do níquel. Nos próximos anos, quando forem consolidados todos os novos projetos no solo paraense, terá posição invejável no cenário mundial, ou seja, a produção de cobre e de níquel se equivalerá à da Indonésia, e a de manganês à da África do Sul; a de bauxita, à mais da metade da Austrália; a de alumina, à metade da atual produção da China; e a de minério de ferro superará à da Índia. Em contrapartida, os grandes depósitos reinantes até o presente deverão dar lugar, no futuro, a médios e pequenos depósitos minerais, o que, aliás, deverá ser o futuro da mineração mundial em que novos ativos deverão ser cada vez menores e alguns com teores mais baixos.

Em síntese, pode-se dizer que a indústria mineral, como todo e qualquer segmento econômico do mundo, terá que dar muita atenção às vertentes econômica, ambiental e social. A vertente social deve estar perfeitamente previsível na elaboração de um projeto para que se tenha garantia de que o novo empreendimento esteja disponível ao bem estar da vida humana.

Não se pode deixar de lado a infraestrutura, que é de fundamental importância para se viabilizar novos projetos em áreas de fronteiras como a Amazônia.

O Banco Mundial, em sua publicação *“Treasure or Trouble? Mining in Developing Countries”*, assim se posicionou: *“É quase impossível imaginar a vida sem minerais, metais e compostos metálicos. Dos 92 elementos que ocorrem*

*naturalmente, 70 são metais e muitos são essenciais para a vida das plantas, dos animais e dos seres humanos.”*

Recentemente, o presidente da Anglo American, o australiano Mark Cutifani, ao proferir a palestra “Contribuição da mineração para o desenvolvimento sustentável: o papel de uma moderna mineradora global”, assegurou que: *“A mineração ocupa menos de 1% da superfície terrestre, movimentada 14% de toda a economia global e a sua pegada de carbono é de menos de 3%. Graças à mineração - em especial ao uso de fertilizantes - a produção mundial de alimentos duplicou e estamos usando metade do volume de terra necessário para alimentar as populações mundiais. Portanto, a minha mensagem é que a mineração é a atividade mais importante no mundo”*. Ainda, segundo o executivo, é essencial o respeito às pessoas que moram próximo aos projetos e são as mais afetadas pelos processos de exploração mineral. Em seguida afirmou: *“Queremos ser lembrados por termos consultado e ouvido as comunidades locais sobre o que elas querem para o seu futuro e o de seus filhos. Mais que um buraco no chão e caminhões que passam gerando poeira, estou convicto de que estamos ajudando a criar um mundo melhor para todos os brasileiros. Se conseguirmos realmente fazer isso, teremos alcançado nosso objetivo de ser uma empresa verdadeiramente sustentável.”*

Resgatando o Programa de Desenvolvimento das Nações Unidas (PNUD), o Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) das cidades mineradoras é maior do que a média dos municípios dos respectivos Estados. O total da mão de obra empregada na mineração, em 2012, ultrapassou, no Brasil, a 180 mil trabalhadores e, no Pará, constitui-se no segmento econômico que mais avança em termos de postos de trabalho. Estudo do Ministério de Minas e Energia mostra que o efeito multiplicador de empregos é de um para treze no setor mineral. Para cada posto de trabalho na mineração, são criadas treze outras vagas (empregos diretos) ao longo da cadeia produtiva.

Em recente pronunciamento, o presidente do Instituto Brasileiro e Mineração (Ibram), Fernando Coura, referindo-se ao Congresso Brasileiro de Mineração, disse que o evento foi montado para debater os rumos da mineração mundial com base na sustentabilidade. *“Daqui pra frente, as empresas mineradoras não terão muito futuro, podendo até mesmo desaparecer, se não atentarem para a sustentabilidade socioambiental, uma vez que estão inseridas nos municípios. Elas terão de abraçar também o quesito competitividade, o que significa produzir menos rejeitos, contar com funcionários treinados, ter menor consumo de energia e água, e procurar a constante modernização”*.

Enfim, mineração sustentável representa um trabalho árduo para que todos os *stakeholders* (todas as partes interessadas) se tornem felizes.

## BIBLIOGRAFIA

- Atlas of Geology and Landforms, Writer: Cally Oldershaw. Co Writer: New Morris, Artwork: Franklin Watts – A Division Scholastic Inc. New York, Toronto, London, Auckland, Sidney, Mexico City, New Delhi, Hong Kong, Danburyand Connecticut.
- BEISIEGEL, W & TEIXEIRA, J. B.G. Carajás, geologia e ocupação humana. Museu Paraense Emílio Goeldi, 2000, Belém-PA.
- CETEM. Estudo dos Impactos Ambientais Decorrentes do Extrativismo Mineral e Poluição Mercurial no Tapajós – Pré-diagnóstico. Série Tecnologia Mineral. Rio de Janeiro-RJ. CETEM/Seicom, 1994. ([www.cetem.gov.br](http://www.cetem.gov.br)).
- ENRÍQUEZ, M. A. R. S. Mineração no Pará: Uma agenda pró-ativa para ampliar e potencializar os benefícios regionais. Federação das Indústrias do Estado do Pará (Fiepa). 2007, Belém-PA.
- MARON, M. A. C. & SILVA, A. R. B. da. Perfil Analítico do Ouro. Brasília, DNPM, 1984. 144 p. il. bilbiogr. (Brasil. Departamento Nacional da Produção Mineral. Boletim, 57).
- NUNES, H. F. O Estado do Pará e a Democratização do Subsolo, 2000, Belém-PA.
- OURO. In: BRASIL. Departamento Nacional da Produção Mineral. Principais Depósitos Minerais do Brasil. Coordenação-Geral de Carlos Shobbenhaus e Carlos Eduardo Silva Coelho. Brasília, 1988. v. 3, p. 289. 133 p. il. bilbiogr.
- PARÁ. Secretaria de Estado de Indústria, Comércio e Mineração – Seicom. Legislação Mineral: Orientações básicas. Belém, 1997. 68 p. ilust.
- PARÁ. Secretaria de Estado de Indústria, Comércio e Mineração do Pará - SEICOM, Belém-PA, 1995. Perfil Mineral do Estado do Pará. Belém, 1995. 34 p. ilust.
- RAMOS, C. R. & SILVA, A. R. B. da. Uma Visão da Macroeconomia Paraense: Perspectiva da economia mineral. Revista Pará Desenvolvimento. Belém-PA, Idesp, 1990.
- RODRIGUES M.A.R. Meio Século de Mineração na Amazônia: das ocorrências à diversificação concentrada. In: A Amazônia, terra e civilização: Uma trajetória de 60 anos. Armando Dias Mendes (Org.). 2ª ed. rev. - Belém: Banco da Amazônia, 2004,v.1 p. 245-270.
- SILVA, A. R. B. da. A Atividade Garimpeira e Mineração Organizada. Belém. DNPM - 5º Distrito, 1988 /n. p./ il.
- SILVA, A. R. B. da. Evolução e Tendência da Atividade Garimpeira de Ouro. Palestra apresentada no Seminário Garimpos de Ouro: Evolução e tendências. Cuiabá-MT, 1994.
- SILVA, A. R. B. da. *et al.* Legislação Mineral: Orientações básicas. Belém: DNPM/Seicom, 1997.
- SILVA, A. R. B. da. A Comunidade e a Mineração – Os Minérios e os Metais no Desenvolvimento do Pará. Companhia Vale do Rio Doce, 56 pg – ilustrado, 2000, Belém-PA.
- SILVA, A. R. B. da. Carajás como Fator de Desenvolvimento Regional. Para business – Associação Comercial do Pará. Belém-PA, 2000.

- SILVA, A. R. B. da. Guia do Minerador no Pará. Associação Comercial do Pará – Câmara Setorial de Mineração e Metalurgia, II. 2001 – Belém-PA.
- SILVA, A. R. B. da. Principais Rotas da Verticalização Mineral Paraense – Guia Empresarial do Pará – Editora Ver, 2001, pag. 109-121. Belém-PA.
- SILVA, A. R. B. da. A Importância da Indústria Mineral Paraense no Mercado Mundial. Gazeta Mercantil-Pará (Especial). Belém-PA, 2002.
- SILVA, A. R. B. da. Indústria de Base Mineral do Estado do Pará. Instituto Brasileiro de Mineração (Ibram). 2007, Belém – PA.
- SILVA, A. R. B. da. Indústria Mineral no Pará . Ibram, Simineral, Reinara Mineração e D'Gold. 2012, 178 p. il. Belém – PA.
- VILLAS BOAS, R. C.; BEINHOFF, C. e SILVA, A. R. B. da. – Mercury in the Tapajos Basin. Unido/Cyted/Cetem/Imaac. Rio de Janeiro – Brasil, 2001.



*Alberto Rogério Benedito da Silva* é paraense de Juruti, geólogo com 40 anos de formado, pós-graduado em economia e legislação mineral. Tem vasta experiência em gerenciamento de projetos minerais e ambientais, em níveis nacional e internacional. Diretor-executivo da ARBS Consultoria; membro da Academia Artística e Literária de Óbidos; membro do Comitê Pará-Missouri (*Partners of the Americas*); e consultor de diversas empresas/órgãos ligados à mineração. É autor de mais de 500 artigos técnicos e autor coautor, organizador e editor de oito livros, envolvendo mineração e meio ambiente

Trabalhou na CPRM, Vale e DNPM. No Pará, foi diretor-técnico da Paraminérios, diretor de Mineração da Seicom e membro do Conselho Estadual de Meio Ambiente do Pará (Coema). Atuou como membro do Conselho de Geodiversidades do Estado do Amazonas. Premiado, em nível nacional, pelo Ministério de Minas e Energia, com o trabalho *Atividade Garimpeira e a Mineração Organizada*; e agraciado, em dezembro/2006, com a medalha *Ordem do Mérito da Cabanagem*, pela Assembleia Legislativa do Pará. Coordenou, representando o Brasil, o projeto Mercúrio da Comissão da União Europeia (Sol 3/Imperial College-Londres/Gedebam); proferiu uma série de conferências no Brasil e no exterior sobre temas nacionais relevantes; e foi considerado, pelo Banco Mundial, como a pessoa que levantou o problema mercurial na Amazônia, ganhando, por isso, destaque no livro do ano de 1990, da Enciclopédia Britânica.



Após concluir o livro *A Indústria Mineral no Pará*, o autor achou que sua missão em contribuir para a sociedade com publicações havia sido encerrada; entretanto, após profunda reflexão e recordando a cartilha *A Comunidade e a Mineração* feita para a Vale, em 2001, chegou à conclusão de que poderia fazer uma similar àquela, voltada para estudantes de níveis fundamental e médio. Assim, organizou um *draft* do que poderia ser o novo desafio, dentro do espírito de contribuir para melhor se conhecer a mineração, como segmento econômico e social.

Como sua neta Gabby (Gabrielle Jimenez da Silva) é apaixonada por cristais, a presenteou com uma agenda sobre gemas. Ao folheá-la, ela disse que gostava de ver cristais em livros da Biblioteca Pública de Vancouver-British Columbia, Canadá, onde reside. Indo à seção infantil da biblioteca, ela mostrou cinco diferentes livros, dentre eles o *Atlas of Geology and Landforms*. Ele era exatamente como havia previsto a obra que estava pensando escrever. Com isso, o projeto inicial foi reprogramado, contemplando parte do que havia observado naquele livro, procurando adaptá-lo à realidade amazônica. O resultado é que o presente livro, didaticamente ilustrado, é focado em informações sobre um segmento importante da economia e de nosso dia a dia.

Os jovens, que nele vierem buscar conhecimentos, certamente os encontrarão, de maneira

Agência Brasileira do ISBN

ISBN 978-85-8261-032-9



9 788562 610329

**CETEM**  
CENTRO DE TECNOLOGIA MINERAL

Ministério da  
Ciência, Tecnologia  
e Inovação

GOVERNO FEDERAL  
**BRASIL**  
PÁTRIA EDUCADORA