



**INSTITUTO  
ÁGUA E TERRA**

**GEOLOGIA AMBIENTAL APLICADA ÀS  
ASSOCIAÇÕES DE MUNICÍPIOS DO PARANÁ**  
Associação dos Municípios do Norte Pioneiro  
**AMUNORPI**

Curitiba  
2021



**INSTITUTO  
ÁGUA E TERRA**

GOVERNO DO ESTADO DO PARANÁ

Governador: Carlos Massa Ratinho Junior

SECRETARIA DE ESTADO DO DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL E TURISMO

Secretário: Márcio Fernando Nunes

INSTITUTO ÁGUA E TERRA

Diretor-Presidente: Everton Luiz da Costa Souza

DIRETORIA DE GESTÃO TERRITORIAL

Diretor: Amílcar Cavalcante Cabral

GERÊNCIA DE GEOCIÊNCIAS

Gerente: Carlos Roberto Fernandes Pinto

DIVISÃO DE GEOLOGIA

Chefe de Divisão: Luciano Cordeiro de Loyola

EQUIPE TÉCNICA

Lucas Akio Iwakura

Josué Souza Passos

Vinicius Antunes Ferreira da Silva

Gil Francisco Piekarz (apoio)

**Instituto Água e Terra**

*Rua Engenheiros Rebouças, 1206 – Rebouças, Curitiba – PR, 80215-100*

*+55 (41) 3213-3700*

[www.iat.pr.gov.br](http://www.iat.pr.gov.br)

## PREFÁCIO

A relação das civilizações com o contexto geológico é tão antiga quanto a própria existência da humanidade na Terra. Desde os primórdios, o homem apodera-se e transforma o meio ambiente em prol da sua subsistência. Nesse sentido, a exploração de bens minerais e energéticos, o aproveitamento dos recursos hídricos e o domínio territorial como um todo, foram e são práticas indispensáveis para o desenvolvimento das comunidades durante toda história da vida humana.

No entanto, a exploração desses recursos e as transformações territoriais tem se aproximado dos seus limites naturais. Neste contexto, o avanço da degradação e poluição ambiental têm interferido no equilíbrio da sustentabilidade dos sistemas e, por consequência, interferem diretamente na qualidade de vida das populações.

O consumo cada vez mais elevado de recursos como um todo, somados à poluição do solo e dos recursos hídricos, ilustram o problema deparado pelo ser humano nos dias atuais. O agravamento dessa inter-relação insustentável entre homem-natureza é de tamanha relevância que alguns autores defendem o estabelecimento de um novo período na escala geológica, o Tecnógeno, que teria iniciado com o surgimento de um novo e até então desconhecido agente geológico – o homem (TER-STEPANIAN, 1988).

A proposta Geologia Ambiental Aplicada às Associações de Municípios do Paraná tem como ponto focal a aplicação da informação geológica voltada para todo o espectro de interações entre os seres humanos e o meio ambiente físico para, na medida do possível, apontar soluções e recomendações relacionadas aos conflitos do uso e ocupação inadequada do solo, minimizar a degradação ambiental e maximizar os resultados benéficos da utilização sustentável dos ambientes naturais e aqueles modificados pela ação antrópica. Cumpre destacar que todo dado e informação aqui inventariada têm como fonte trabalhos de terceiros e de instituições públicas e privadas para as quais são dados os devidos créditos e que os produtos deste projeto não têm objetivos comerciais, mas sim o de informar, esclarecer e despertar interesse para a importância da geologia e suas disciplinas principalmente na gestão territorial e urbana para os técnicos que atuam nas secretarias municipais do meio ambiente.



## Sumário

INTRODUÇÃO.....	6
<b>CAPÍTULO I - ÁGUA</b> .....	<b>10</b>
ÁGUAS SUPERFICIAIS .....	10
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS CINZAS .....	15
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITARARÉ.....	16
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARANAPANEMA 1 .....	17
VULNERABILIDADE.....	18
IMPACTOS DA ATIVIDADE AGRÍCOLA.....	22
CONSERVAÇÃO .....	24
MONITORAMENTO .....	27
ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....	28
AQUÍFERO SERRA GERAL.....	31
AQUÍFERO GUARANI.....	31
AQUÍFERO PALEOZOICO .....	32
VULNERABILIDADE.....	33
CONSERVAÇÃO .....	35
MONITORAMENTO.....	38
<b>CAPÍTULO II - TERRA</b> .....	<b>41</b>
GEOLOGIA.....	41
O TEMPO GEOLÓGICO.....	42
DADOS DE CARTOGRAFIA GEOLÓGICA.....	44
O CICLO DAS ROCHAS.....	45
ESTRATIGRAFIA.....	48
COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOLÓGICA .....	49
GEOLOGIA DA AMUNORPI.....	50
REGISTRO FOSSILÍFERO .....	56
FÓSSEIS NA AMUNORPI.....	57
GEODIVERSIDADE E PATRIMÔNIO GEOLÓGICO .....	60
RISCO GEOLÓGICO.....	68
RECURSOS MINERAIS.....	70



**INSTITUTO  
ÁGUA E TERRA**

POTENCIALIDADE MINERAL NA AMUNORPI .....	70
PROCESSOS MINERÁRIOS .....	75
COMPENSAÇÃO FINANCEIRA PELA EXPLORAÇÃO DE RECURSOS MINERAIS (CFEM) .....	81
RECOMENDAÇÕES E CONCLUSÕES .....	84
REFERÊNCIAS .....	86
GLOSSÁRIO .....	89

## INTRODUÇÃO

O levantamento de informações geológicas é imprescindível como instrumento indutor de desenvolvimento econômico e social, tendo como objetivo a melhoria das ações para um meio ambiente ecologicamente equilibrado e sustentável. Isso porque os dados geológicos representam uma base fundamental de conhecimento do meio físico. Além de orientar o uso de recursos minerais e naturais, bem como a descoberta de novas jazidas, o conhecimento geológico auxilia diretamente o gerenciamento de recursos hídricos, o ordenamento espaço-territorial, a identificação de áreas de risco e também as ações voltadas à proteção ambiental.

No Paraná, as associações dos municípios do estado têm como principal objetivo a integração regional, econômica e administrativa para fortalecimento dos entes as quais elas representam. Assim, o projeto intitulado Geologia Ambiental Aplicada às Associações de Municípios do Paraná, centrado em áreas-alvos de pesquisa, segundo a divisão estabelecida pela Associação dos Municípios do Paraná (AMP), visa o levantamento de um acervo de considerações geológicas e ambientais aos municípios que constituem as respectivas associações.

Fundada em 20 de agosto de 1964, a Associação dos Municípios do Paraná foi declarada Entidade de Utilidade Pública pela Lei Estadual 5455, de 24 de dezembro de 1966. Congrega os 399 municípios do Estado, divididos em 19 entidades municipalistas/associações regionais (Tabela 1) constituídas sob a forma de sociedade civil, sem fins lucrativos e de duração indeterminada.

As associações regionais são entidade representativas dos municípios do Paraná, habilitada para integrar os órgãos colegiados da Administração Pública Estadual e Federal ou indicar seus representantes bem como firmar convênios com o Poder Público Municipal, Estadual e Federal nos diversos setores de atividades da Administração Pública, trabalhamos em prol da coletividade e nossas ações são de cunho difuso, abrangendo todos os municípios do Paraná.



*Tabela 1. Entidades municipalistas/associações regionais do Paraná*

<b>Sigla</b>	<b>Associações Regionais de Municípios do Paraná</b>
AMCESPAR	Associação dos Municípios do Centro Sul do Paraná
AMCG	Associação dos Municípios da Região dos Campos Gerais
AMENORTE	Associação dos Municípios do Médio Noroeste do Estado do Paraná
AMEPAR	Associação dos Municípios do Médio Paranapanema
AMERIOS	Associação dos Municípios da Região do Entre Rios
AMLIPA	Associação dos Municípios do Litoral do Paraná
AMOCENTRO	Associação dos Municípios do Centro do Paraná
AMOP	Associação dos Municípios do Oeste do Paraná
AMSOP	Associação dos Municípios do Sudoeste do Paraná
AMSULEP	Associação dos Municípios da Região Sudeste do Paraná
AMSULPAR	Associação dos Municípios do Sul Paranaense
AMUNOP	Associação dos Municípios do Norte do Paraná
AMUNORPI	Associação dos Municípios do Norte Pioneiro
AMUNPAR	Associação dos Municípios do Noroeste do Paraná
AMUSEP	Associação dos Municípios do Setentrião Paranaense
AMUVI	Associação dos Municípios do Vale do Ivaí
ASSOMECC	Associação dos Municípios da Região Metropolitana de Curitiba
Cantuquiriguaçu	Associação do Cantuquiriguaçu
COMCAM	Comunidade dos Municípios da Região de Campo Mourão

A Associação dos Municípios do Norte Pioneiro (AMUNORPI), uma das entidades municipalistas, reúne 22 municípios (Figura 1 **Erro! Fonte de referência não encontrada.**) na região norte-nordeste do Paraná. Assim como as outras entidades, a AMUNORPI tem como principal objetivo a integração regional, econômica e administrativa para fortalecimento dos municípios que ela representa de forma colaborativa entre os órgãos e entidades públicas, privadas, visando sempre os interesses regionais dos associados.

A AMUNORPI, que tem Santo Antonio da Platina como cidade polo, abrange os municípios de Andirá, Barra do Jacaré, Cambará, Carlópolis, Conselheiro Mairinck, Guapirama, Ibaiti, Jaboti, Jacarezinho, Japira, Joaquim Távora, Jundiá do Sul, Pinhalão, Quatiguá, Ribeirão Claro, Ribeirão do Pinhal, Salto Itararé, Santana do Itararé, Santo Antonio da Platina, Siqueira Campos, Tomazina e Wenceslau Braz.

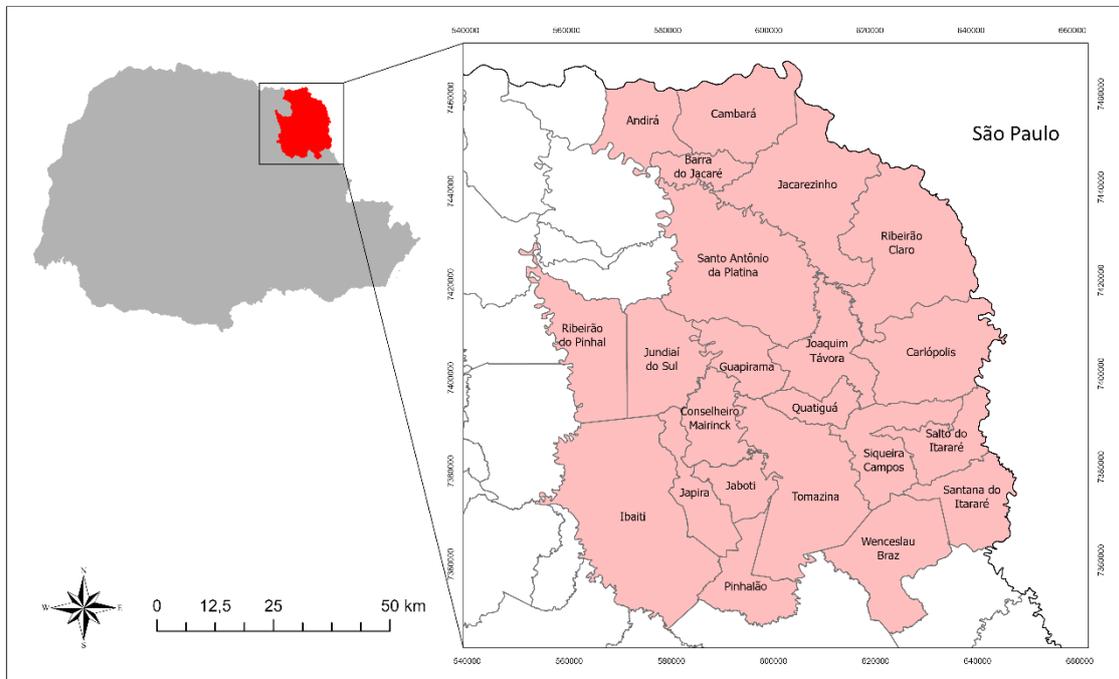


Figura 1. Localização da Associação dos Municípios do Norte Pioneiro, AMUNORPI. Fonte de dados: Instituto Água e Terra/PR.

Associação dos Municípios do Norte Pioneiro compreende uma área de mais de 7.700 km<sup>2</sup>, representando cerca de 4% do território estadual e com uma estimativa atual de 291 mil habitantes (Tabela 2).



Tabela 2. Dados geoeconômicos dos municípios da AMUNORPI. Fonte de dados: IBGE (2010; 2018; 2019) e ITCG (2019)

Município	Área em km <sup>2</sup> (ITCG/2019)	PIB per capita (IBGE/2018)	População censo (IBGE/2010)	População estimada (IBGE/2019)
Andirá	233,261	R\$ 37.115,48	20.610	20.031
Barra do Jacaré	115,727	R\$ 33.015,66	2.727	2.781
Cambará	365,091	R\$ 28.586,57	23.886	25.360
Carlópolis	449,079	R\$ 23.990,73	13.706	14.320
Conselheiro Mairinck	204,494	R\$ 24.756,47	3.636	3.860
Guapirama	189,03	R\$ 26.862,15	3.891	3.802
Ibaiti	900,233	R\$ 21.791,16	28.751	31.364
Jaboti	138,969	R\$ 20.628,86	4.902	5.274
Jacarezinho	603,111	R\$ 34.442,35	39.121	39.378
Japira	189,08	R\$ 20.254,96	4.903	4.994
Joaquim Távora	289,337	R\$ 49.769,88	0,704	11.908
Jundiá do Sul	319,744	R\$ 22.476,19	3.433	3.292
Pinhalão	220,6	R\$ 24.868,89	6.215	6.326
Quatiguá	112,885	R\$ 23.984,75	7.045	7.449
Ribeirão Claro	630,325	R\$ 43.864,02	10.678	10.668
Ribeirão do Pinhal	374,853	R\$ 17.801,07	13.524	13.029
Salto do Itararé	200,104	R\$ 17.862,07	5.178	4.935
Santana do Itararé	251,042	R\$ 19.137,73	5.249	4.992
Santo Antônio da Platina	720,183	R\$ 26.464,00	42.707	45.993
Siqueira Campos	279,14	R\$ 26.060,49	18.454	21.016
Tomazina	594,011	R\$ 24.895,33	8.791	7.918
Wenceslau Braz	393,236	R\$ 28.652,64	19.298	2.552
Total	7773,535	-	286.706	291.242

## CAPÍTULO I - ÁGUA

A superfície da Terra é dominada, em 75%, pelas águas. Os 25% restantes são terras emersas, ou seja, terras acima do nível do mar, dos rios e lagos. Tamaña abundância cria condições essenciais para a vida e mantém o equilíbrio da natureza.

A água de fácil acesso, encontrada nos reservatórios superficiais, representa uma pequena porção das fontes de água doce no país. Os maiores reservatórios nacionais são de água armazenada em **aquíferos** ou, comumente chamadas, águas subterrâneas. Para o uso desses reservatórios, a água precisa ser de boa qualidade, estar livre de contaminação e de qualquer substância tóxica. Acredita-se que menos de 1% de toda a água doce do Planeta está em condições potáveis.

Para melhor gestão e fiscalização desse recurso indispensável, entraram em vigor as leis nº 9.433/1997 (federal) e nº 12.726/1999 (estadual), também conhecidas como Leis das Águas. Segundo essas leis, a água é considerada um bem de domínio público e um recurso natural limitado, dotado de valor econômico. A gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e sempre proporcionar o uso múltiplo das águas.

Atualmente os recursos hídricos se destinam ao abastecimento público e esgotamento sanitário, uso industrial, irrigação agrícola e pecuária, produção de energia elétrica, navegação, atividades de lazer e recreação e a preservação da vida aquática. No estado do Paraná, o maior consumo de água se dá para o abastecimento público, com cerca de 44% do total, seguido da demanda industrial com 24%, agricultura 20% e pecuária, com 12% (IAP, 2019).

### ÁGUAS SUPERFICIAIS

As águas que não penetram no solo, acumulam-se na superfície, escoam e dão origem aos rios, riachos, lagoas e córregos. Por esta razão, são consideradas uma das principais fontes de abastecimento de água potável do planeta. Portanto, faz-se necessária a realização do monitoramento dessas águas, a fim de conhecer a quantidade e a qualidade disponível e gerar insumos para o planejamento e a gestão dos recursos.

Quando as águas superficiais são delimitadas geograficamente pela área de drenagem, essa região é denominada como **bacia hidrográfica**. Neste sentido, a unidade territorial da bacia hidrográfica é delimitada por todos os rios e córregos que convergem para um rio principal (Figura 2).

Atualmente, a qualidade e quantidade das águas têm sido influenciadas diretamente pela atividade humana existente na bacia. A forma de uso, modificações no solo e relevo, o desmatamento, atividades rurais e industriais são os principais agentes de causa-efeito que exercem grande pressão sobre os recursos naturais que compõem a bacia hidrográfica.



*Figura 2. Esquema ilustrativo de uma bacia hidrográfica. (Fonte de imagem: Sema Pará)*

O estado do Paraná possui **16 bacias hidrográficas** (Tabela 3 e Figura 3) estabelecidas legalmente pela Resolução n.º 024/2006/SEMA. Essas bacias somam mais de 196 mil quilômetros quadrados de extensão, dotados de recursos naturais e um potencial turístico imensurável.

Para o gerenciamento de recursos hídricos no estado do Paraná foram definidas, por meio da Resolução Nº 49/2006/CERH, **12 unidades hidrográficas** (Tabela 3 e Figura 4). A abrangência dessas unidades pode ser a bacia hidrográfica na sua totalidade ou parte dela. O propósito da regionalização é estabelecer a área de atuação da gestão de recursos hídricos, considerando os pressupostos legais e os aspectos intervenientes na disponibilidade e qualidade da água.



*Tabela 3. Bacias Hidrográficas e Unidades Hidrográficas do Paraná*

Bacias Hidrográficas	Unidades Hidrográficas
Bacia do Paraná 1	Alto Iguaçu/Ribeira
Bacia do Paraná 2	Alto Ivaí
Bacia do Paraná 3	Alto Tibagi
Bacia do Paranapanema 1	Baixo Iguaçu
Bacia do Paranapanema 2	Baixo Ivaí/Paraná I
Bacia do Paranapanema 3	Baixo Tibagi
Bacia do Paranapanema 4	Itararé/Cinzas/Paranapanema I e II
Bacia do Piquiri	Litorânea
Bacia do Rio das Cinzas	Médio Iguaçu
Bacia do Rio Iguaçu	Paraná III
Bacia do Rio Itararé	Piquiri/Paraná II
Bacia do Rio Ivaí	Pirapó/Paranapanema III e IV
Bacia do Rio Pirapó	
Bacia do Rio Ribeira	
Bacia do Rio Tibagi	
Bacia Litorânea	

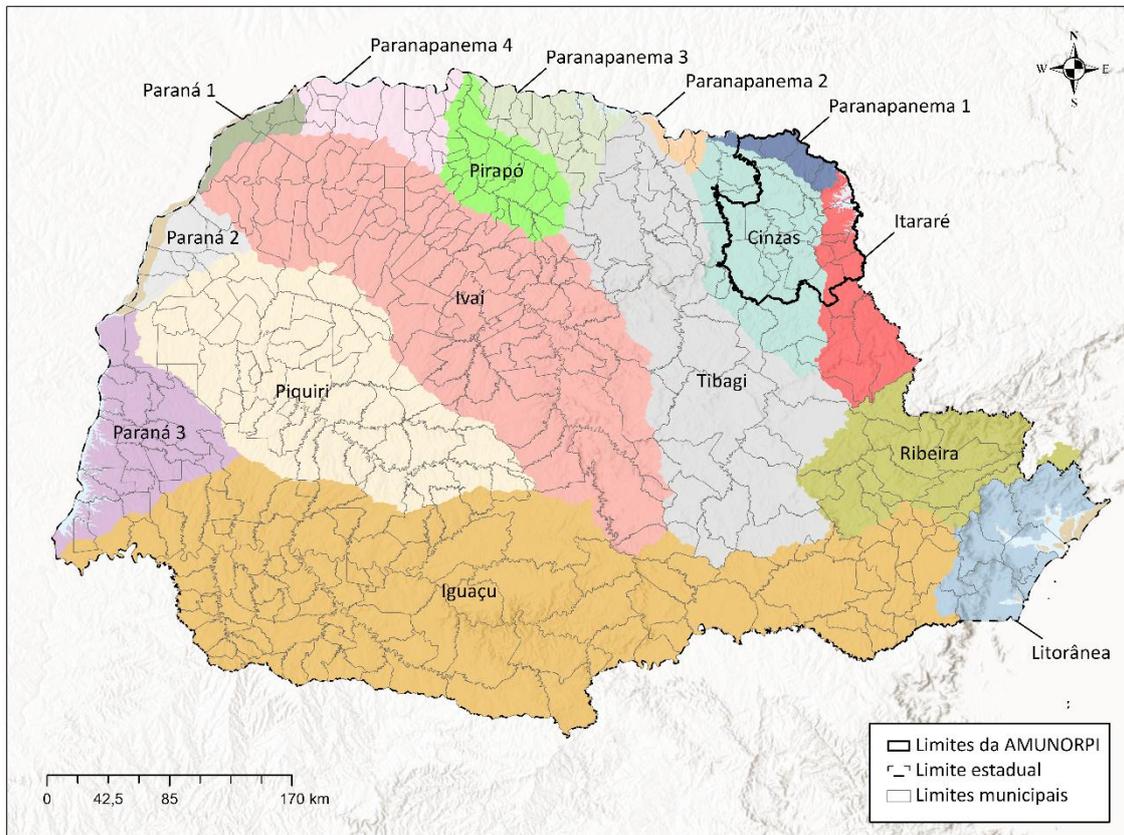


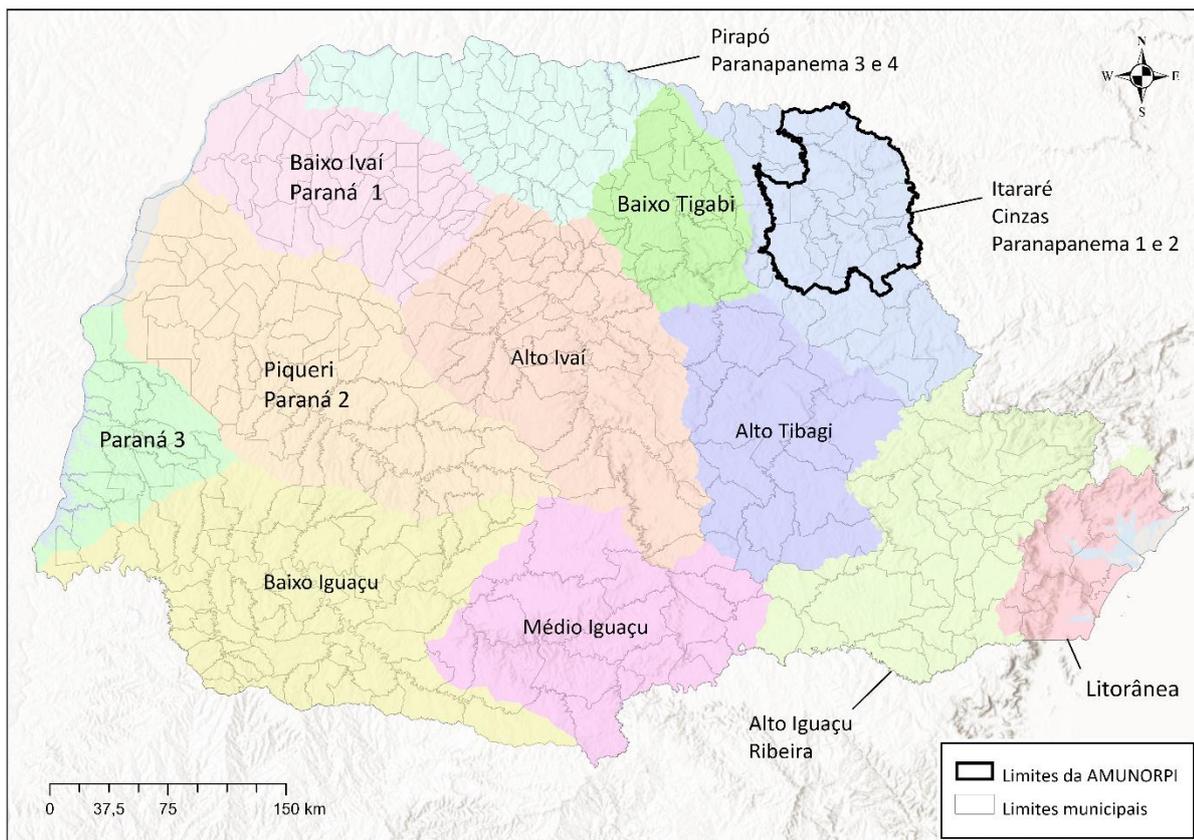
Figura 3. Bacias hidrográficas do Paraná. Destaque para os limites da AMUNORPI.

Conforme já pontuado, a regionalização das bacias em unidades hidrográficas (Figura 4) é uma forma de agrupar e subdividir essas áreas de acordo com características socioeconômicas e de uso e ocupação do solo, definindo áreas homogêneas para atuação dos Comitês de Bacias Hidrográficas. Segunda a Agência Nacional de Águas (ANA), os Comitês de Bacia Hidrográfica, antes do Sistema Nacional de Gestão dos Recursos Hídricos, constituem o “Parlamento das Águas”, espaço em que representantes da comunidade de uma bacia hidrográfica discutem e deliberam a respeito da gestão dos recursos hídricos compartilhando responsabilidades de gestão com o poder público.

Comitê é um termo que indica uma comissão, junta, delegação ou reunião de pessoas, para debate e execução de ações de interesse comum. Bacia hidrográfica é um território delimitado por divisores de água cujos cursos d’água em geral convergem para uma única foz localizada no ponto mais baixo da região. Unindo os dois conceitos: Comitê de Bacia Hidrográfica (CBH) significa o fórum em que um grupo de pessoas, com diferentes visões e atuações, se reúne para discutir sobre um interesse comum – o uso



d'água na bacia. Portanto, o incentivo para que as comunidades participem dos comitês é de grande importância para os municípios.



*Figura 4. Unidades hidrográficas do Paraná. Destaque para os limites da AMUNORPI.*

A Associação dos Municípios do Norte Pioneiro se estende pelo limite geográfico de 3 diferentes bacias (Figura 5), que por sua vez, são gerenciados por distintos comitês de gestão. Essas bacias hidrográficas são: Cinza, Itararé e Paranapanema 1.

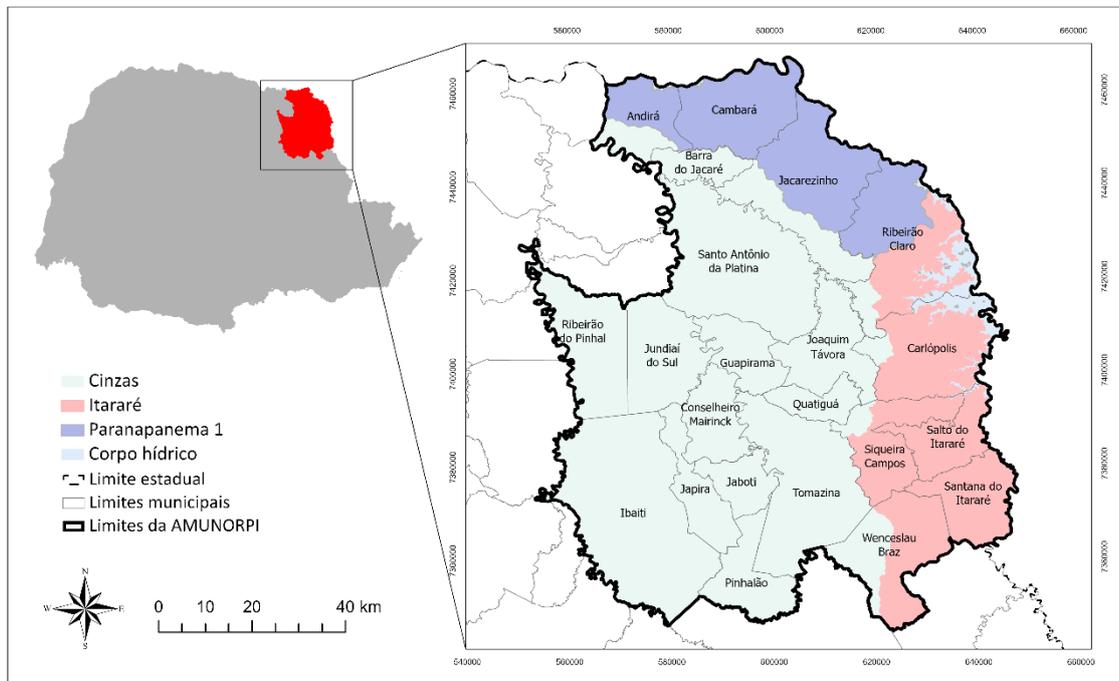


Figura 5. Bacias hidrográficas presentes na AMUNORPI. (Fonte de dados: Águas Paraná).

## BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO DAS CINZAS

A bacia hidrográfica do rio das Cinzas (Figura 6) possui uma área total de 9.612,8 km<sup>2</sup>, cerca de 5% da área do estado. Esta bacia é o principal curso d'água do Norte Pioneiro e nasce na Serra de Furnas, no município de Piraí do Sul a oeste da Escarpa Devoniana e deságua no Rio Paranapanema na divisa dos municípios de Santa Mariana e Itambaracá. Possui uma extensão de 240 km e os seus principais afluentes são: o Ribeirão Grande, o Ribeirão Jaboticabal, o Ribeirão Vermelho e o Rio Laranjinha.

Os cursos hídricos pertencentes a essa bacia, na AMUNORPI, cruzam os municípios de Andirá, Barra do Jacaré, Jacarezinho, Santo Antonio da Platina, Joaquim Távora, Ribeirão Claro, Carlópolis, Jundiá do Sul, Ribeirão do Pinhal, Ibaiti, Japira, Jaboti, Pinhalão, Tomazina, Conselheiro Mairinck, Guapirama, Quatiguá, Siqueira Campos e Wenceslau Braz.

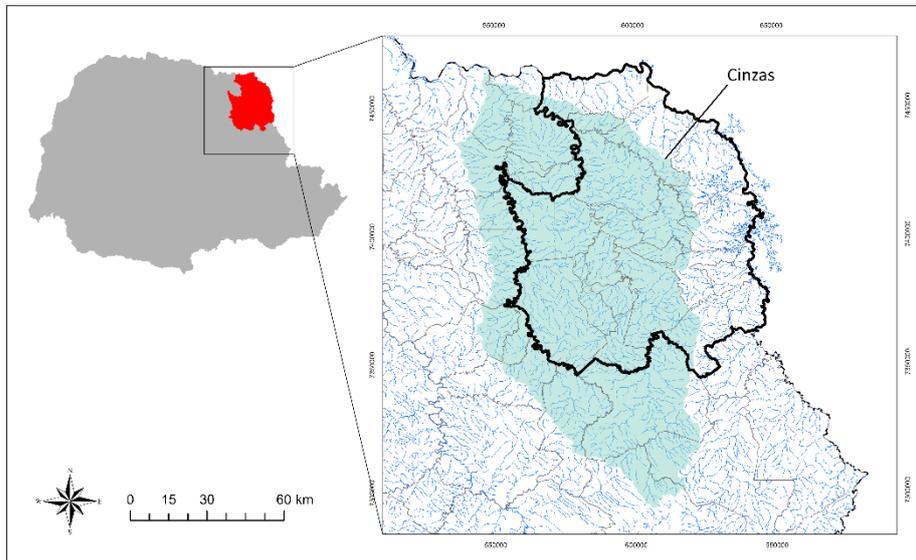


Figura 6. Bacia hidrográfica do rio das Cinzas. Destaque para os limites da AMUNORPI. (Fonte de dados: Águas Paraná).

## BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO ITARARÉ

A bacia hidrográfica do rio Itararé (Figura 7) possui uma área total de 4.845,40 km<sup>2</sup>, cerca de 2% da área do Paraná. O Rio Itararé tem seu fluxo de sul para norte e conta com o Rio Jaguariaíva como principal afluente.

Historicamente, Itararé em tupi-guarani significa "pedra que o rio cavou", pois o rio Itararé corre em um leito rochoso que foi sendo desgastado pela correnteza formando altos paredões, grandes cachoeiras e belas grutas. Inicialmente habitado por índios Guaianazes, tornou-se ponto conhecido de bandeirantes, exploradores, jesuítas e estudiosos, firmando-se como um dos pontos de descanso dos tropeiros que convergiam do Sul levando animais para a feira de Sorocaba pelo conhecido Caminho das Tropas.

Na AMUNORPI, a bacia do rio Itararé está presente nos territórios municipais de Ribeirão Claro, Carlópolis, Siqueira Campos, Salto do Itararé, Wenceslau Braz e Santana do Itararé.

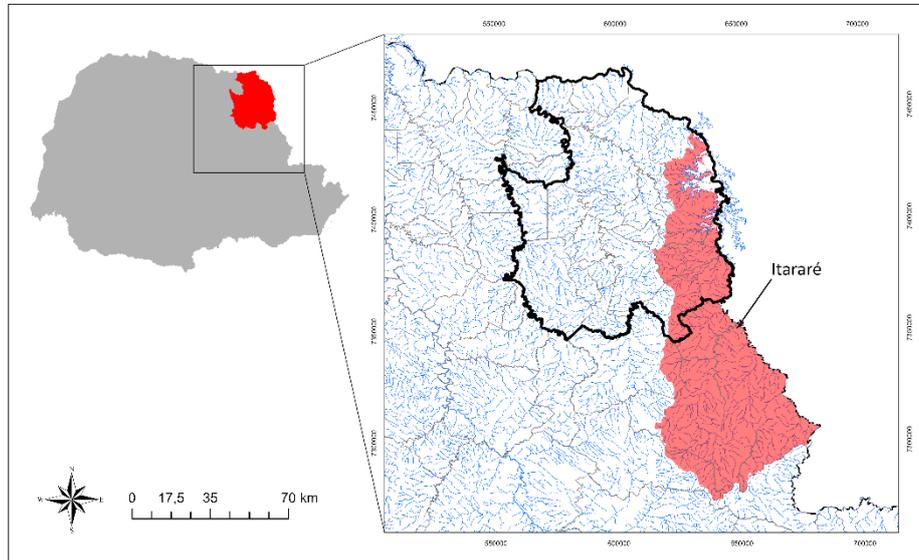


Figura 7. Bacia hidrográfica do rio Itararé. Destaque para os limites da AMUNORPI. (Fonte de dados: Águas Paraná).

## BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO PARANAPANEMA 1

A bacia do rio Paranapanema (Figura 8) abrange um total de 247 municípios (220 com sede na bacia), dos quais 132 no estado do Paraná e 115 em São Paulo. A bacia do Rio Paranapanema 1 possui cerca de 1.200 km<sup>2</sup>, menos de 1% da área do estado.

O rio Paranapanema nasce na Serra de Agudos Grandes, no sudeste do estado de São Paulo, a cerca de 100 km da costa atlântica e a aproximadamente 900 m de altitude, e tem sua foz no rio Paraná, após percorrer cerca de 900 km. Na região da nascente é rodeado por intensa mata nativa, protegida por três parques estaduais: Carlos Botelho, Intervales e Petar. Deixando a região da mata, o rio entra numa região de campo natural, cuja vegetação original é o cerrado. O Rio segue a descida da serra, atravessa os campos, delineia um zigue-zague na 'Cuesta de Botucatu', elevação que assinala o final da depressão, e segue em viagem pelo planalto, em descida suave até o Rio Paraná.

Na AMUNORPI, a bacia do rio Paranapanema 1 está presente no território municipal de Andirá, Cambará, Jacarezinho e Ribeirão Claro.

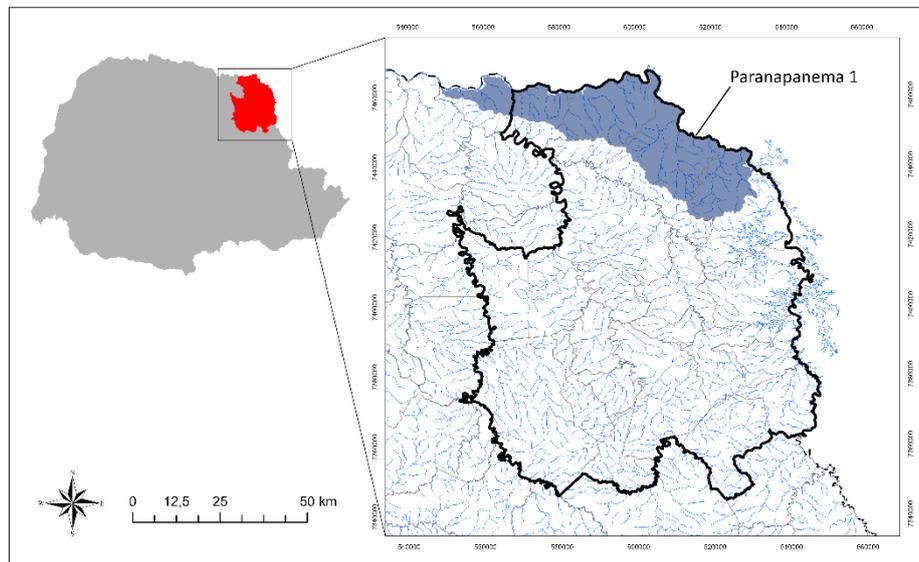


Figura 8. Bacia hidrográfica do rio Paranapanema 1. Destaque para os limites da AMUNORPI. (Fonte de dados: Águas Paraná).

## VULNERABILIDADE

As águas superficiais são, em grande parte, poluídas devido ao lançamento irregular de esgoto não tratado e resíduos sólidos que são descartados nas proximidades da bacia hidrográfica ou até mesmo diretamente no leito dos rios.

As atividades humanas, assim como os processos naturais, podem alterar as características físicas, químicas e biológicas da água, com ramificações específicas para a saúde humana e do ecossistema. A seguir, estão enumeradas as principais alterações nas águas superficiais que podem trazer transtornos para as comunidades que dependem, de forma direta ou indireta, dos recursos hídricos:

### I. Aumento de nutrientes e eutrofização

Essa contaminação, geralmente associada a excessos de nitrogênio e fósforo tende a aumentar taxas de produtividade primária (produção de matéria vegetal por meio da fotossíntese) em níveis excessivos, levando a um supercrescimento de algas e ao esgotamento do oxigênio dissolvido na coluna de



água, o que pode provocar estresse ou mesmo matar organismos aquáticos. Normalmente, os contaminantes são provenientes do escoamento da agricultura, mas também provocada por lançamento de esgoto e de resíduos industriais. Esse processo é denominado de eutrofização (Figura 9).



Figura 9. Processo de eutrofização de recursos hídricos superficiais (Fonte de imagem: Patrulha Ambiental Itinerante).

## II. Assoreamento

Assoreamento é o acúmulo de terra, lixo e matéria orgânica no fundo de um rio. O fenômeno geralmente acontece quando o curso d'água não possui matas ciliares (vegetação nas margens do rio). Sem a flora natural, o vento e a chuva levam a camada superficial do solo em direção aos rios, o que resulta em danos ambientais, como a dificuldade de navegação pelo curso d'água (Figura 10).

O fenômeno pode acontecer de maneira natural, mas as ações humanas têm intensificado o processo de assoreamento dos rios brasileiros. O desmatamento é um dos maiores agravantes desse processo. Sem árvores, arbustos ou até mesmo grama, o solo fica mais solto e menos resistente, ou seja, mais propício para ser arrastado pela chuva ou pelo vento. A falta de matas ciliares também ocasiona a erosão da encosta dos rios. Além da dificuldade de navegação, o assoreamento pode causar outros danos sociais e ambientais. Devido aos sedimentos acumulados no fundo do leito, a água vai procurar atalhos para seguir seu caminho. Muitas vezes esses desvios acabam chegando em áreas com ruas e casas, o que ocasiona as enchentes urbanas.



Figura 10. Processo de assoreamento de cursos hídricos superficiais (Fonte de imagem: PUC Minas).

### III. Temperatura da água

A temperatura da água desempenha papel importante na sinalização de funções biológicas como desova e migração e afeta taxas metabólicas de organismos aquáticos. Alterações na temperatura natural dos ciclos da água podem impedir o sucesso reprodutivo e de crescimento, ocasionando diminuições de populações pesqueiras e de outras classes de organismos. Quanto mais quente a água, menor seu conteúdo de oxigênio, o que prejudica funções metabólicas e condições de saúde. Esses impactos podem ser especialmente graves a jusante de usinas de geração de energias térmicas ou nucleares, fábricas ou unidades industriais, nas quais as águas retornadas aos fluxos podem estar numa temperatura substancialmente mais elevada do que os ecossistemas são capazes de absorver (CARR & NEARY, 2008).

### IV. Salinidade

Tipicamente, espécies vegetais e animais de água doce não toleram altos níveis de salinidade. O acúmulo de sais na água pode ter uma série de causas provocadas pela ação do homem, normalmente. Entre elas estão o escoamento agrícola, de terras com alto teor de sais, as descargas de águas subterrâneas de perfurações de petróleo e gás ou outras operações envolvendo bombeamento; atividades industriais diversas; e certos tipos de tratamento municipal de água. Ademais, a natureza química dos sais introduzidos pelas atividades humanas pode ser diferente daquela que ocorre naturalmente; por exemplo, teores mais elevados de potássio em relação a sais de sódio.



A salinidade crescente pode provocar estresse em alguns organismos de água doce, afetando a função metabólica e os níveis de saturação de oxigênio. Pode também alterar a vegetação ribeirinha e emergente, afetar as características das terras úmidas e pântanos naturais, diminuir o habitat de algumas espécies aquáticas e reduzir a produtividade agrícola e de certos cultivos (CARR & NEARY, 2008).

## V. Acidificação

O pH (potencial de hidrogênio) é a referência para a determinação do nível de acidez de um meio. O pH de diferentes ecossistemas aquáticos determina a saúde e as características biológicas deles. Uma gama de atividades industriais, com destaque para a mineração e a produção de energia a partir de combustíveis fósseis, pode provocar acidificação localizada em sistemas de água doce (Figura 11). Chuva ácida, causada predominantemente pela interação de emissões da combustão de combustíveis fósseis e processos atmosféricos, pode afetar grandes regiões. A acidificação afeta desproporcionalmente organismos mais jovens que tendem a ser menos tolerantes ao baixo pH.

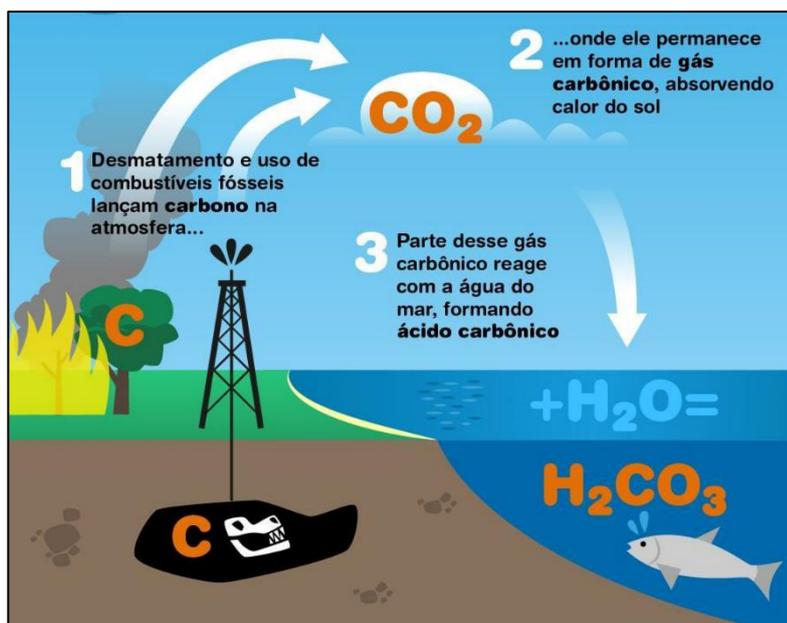


Figura 11. Processo de acidificação de recursos hídricos superficiais (Fonte de imagem: Patrulha Ambiental Itinerante).

## **VI. Organismos Patogênicos**

Estes organismos representam uma das principais ameaças à saúde humana no planeta. Os maiores riscos de contaminação microbiana vêm do consumo de água contaminada com agentes patogênicos provenientes de fezes humanas ou animais (CARR & NEARY, 2008). Além dos micro-organismos introduzidos nas águas pela contaminação fecal humana ou animal, existem diversos micro-organismos patogênicos que, uma vez introduzidos, são capazes de colonizar novos ambientes. Estes micro-organismos patogênicos, como algumas espécies bacterianas e alguns tipos de ameba, podem provocar gravíssimos problemas de saúde nas pessoas expostas, causando, inclusive, infecções intestinais, encefalite amebiana, meningite amebiana, podendo levar a óbito (OMS, 2008).

## **VII. Contaminantes químicos e toxinas**

Há uma diversidade de contaminantes orgânicos produzidos pelo homem que podem ser carreados para as águas superficiais e subterrâneas, provocando contaminação desses recursos hídricos, em consequência de atividades humanas, entre elas o uso de agrotóxicos e processos industriais, bem como resultantes da decomposição de produtos químicos (CARR & NEARY, 2008). Muitos desses poluentes, incluindo agrotóxicos e outras toxinas não metálicas, são largamente utilizados em todo o mundo, persistem no meio ambiente e podem ser transportados por longas distâncias até regiões nas quais nunca foram produzidos (PNUMA, 2009).

## **IMPACTOS DA ATIVIDADE AGRÍCOLA**

Conforme já citado, as atividades agrícolas contribuem significativamente para as cargas de poluentes hídricos. Águas de escoamento agrícola muitas vezes contêm contaminantes como nitrogênio, fósforo, agrotóxicos e sedimentos, que acometem tanto águas superficiais quanto subterrâneas. Diversas atividades relacionadas à agricultura possuem impactos negativos na qualidade da água (Tabela 4).



Tabela 4. Impactos das atividades agrícolas sobre a qualidade da água (FAO, 1996).

Atividades agrícolas	Impactos
<b>Aração/gradeação</b>	Sedimentos/turbidez: sedimentos carregam fósforo e agrotóxicos absorvidos em partículas de sedimento; assoreamento de leitos de rios e perda de habitat, áreas de desova, etc.
<b>Adubação</b>	Escoamento superficial de nutrientes, especialmente fósforo, levando à eutrofização e provocando alterações de sabor e odor na água de abastecimento público; proliferação de algas, levando à desoxigenação da água e à mortalidade de peixes.
<b>Espalhamento de estrume</b>	Realizado como atividade de adubação; espalhamento em terreno gelado resulta em altos níveis de contaminação das águas por agentes patogênicos, metais, fósforo e nitrogênio, que levam à eutrofização e à contaminação potencial. Ademais, a aplicação de estrume pode disseminar antibióticos e outros produtos farmacêuticos administrados a animais.
<b>Agrotóxicos</b>	Escoamento superficial de agrotóxicos, provocando contaminação da água superficial e da biota; disfunção do sistema ecológico nas águas superficiais pela perda dos principais predadores devido à inibição de crescimento e ao fracasso reprodutivo; impactos sobre a saúde humana pela ingestão de peixes contaminados. Agrotóxicos são propagados em forma de pó pelos ventos por longas distâncias e contaminam sistemas aquáticos a milhares de quilômetros de distância (ex.: agrotóxicos tropicais/ subtropicais encontrados em mamíferos do Ártico).
<b>Confinamento de animais/currais</b>	Contaminação da água superficial por muitos agentes patogênicos (bactéria, vírus etc.), levando a problemas crônicos de saúde. Também contaminação por metais, antibióticos e outros compostos farmacêuticos contidos na urina e nas fezes.
<b>Irrigação</b>	Escoamento superficial de sais, provocando a salinização das águas superficiais; escoamento superficial de fertilizantes e agrotóxicos às águas superficiais, provocando danos ecológicos, bioacumulação de espécies de peixes comestíveis etc. Altos níveis de elementos traço como selênio podem ocorrer, provocando graves danos ecológicos e potenciais impactos sobre a saúde humana.
<b>Corte raso de florestas</b>	Erosão do terreno, levando a altos níveis de turbidez dos rios, assoreamento do habitat bentônico etc. Deturpação e alteração do regime hidrológico, muitas vezes com perda de riachos perenes, provocando problemas de saúde devido a perdas de água potável.
<b>Silvicultura</b>	Ampla gama de efeitos: escoamento superficial de agrotóxicos e contaminação de água superficial e peixes; problemas de erosão e sedimentação.
<b>Aquacultura</b>	Liberação de agrotóxicos e altos níveis de nutrientes para as águas superficiais e subterrâneas, pela ração e pelas fezes, levando a sérios problemas de eutrofização.

## CONSERVAÇÃO

O cuidado com as águas superficiais, para conservá-las em uma condição adequada para a sustentabilidade da vida e para os diversos usos, envolve uma abordagem sistêmica e um conjunto de condutas nos ambientes públicos e privados, sendo necessário que cada pessoa se conscientize de sua corresponsabilidade e coopere no que estiver ao seu alcance, seja em sua moradia ou fora dela. A seguir, estão elencadas as principais formas de contribuir para a conservação desses recursos.

### CAPTAÇÃO LEGAL

A captação de recursos hídricos para as atividades industriais e agropecuárias, ou até mesmo para o consumo doméstico, pode provocar a alteração das condições naturais de vazão das águas superficiais. Como forma de controle e de gestão desse recurso, **a captação de água de rios, córregos, lagos, nascentes e similares, necessita de autorização do órgão ambiental.** No caso do Paraná, o Instituto Água e Terra é responsável pela emissão dessa autorização, denominada de **outorga**.

A outorga é o ato administrativo que expressa os termos e as condições mediante as quais o Poder Público permite o uso de recursos hídricos por um prazo determinado. Direciona-se ao atendimento do interesse social e tem por finalidades assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água e disciplinar o exercício dos direitos de acesso à água. Dependendo das características do empreendimento, este poderá necessitar de outorga ou de cadastro de uso insignificante de água.

A captação de água superficial sem outorga ou cadastro de uso independente pode ser enquadrado como infração ambiental e estará sujeito a multa. Para maiores informações de como requerer a outorga, acesse o website:

<http://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Outorga-de-Recursos-Hidricos>

### ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP)

Segundo a Lei Federal nº 12.651 de 2012 que instituiu o novo Código Florestal, **as faixas marginais de qualquer curso d'água natural perene e intermitente devem ser preservadas.** O tamanho das Áreas de Preservação Permanentes varia a partir da largura dos cursos d'água (Figura 12). Essas áreas são destinadas



a proteger o solo e, principalmente, as matas ciliares. Este tipo de vegetação cumpre a função de proteger os rios e reservatórios de assoreamentos, evitar transformações negativas nos leitos, garantir o abastecimento dos lençóis freáticos e a preservação da vida aquática.

A possibilidades de ocupação de uma APP pode ser regularizada em apenas 3 casos: (i) empreendimento de utilidade pública; (ii) em caso de interesse social e (iii) em caso de baixo impacto. É possível ainda, conforme o Art. 64 do Novo Código Florestal, a regularização fundiária dos núcleos urbanos informais que ocupam Áreas de Preservação Permanente, desde que seja feito o estudo que, entre outras informações, apresente proposição de intervenções para a prevenção e o controle de riscos geotécnicos e de inundações.

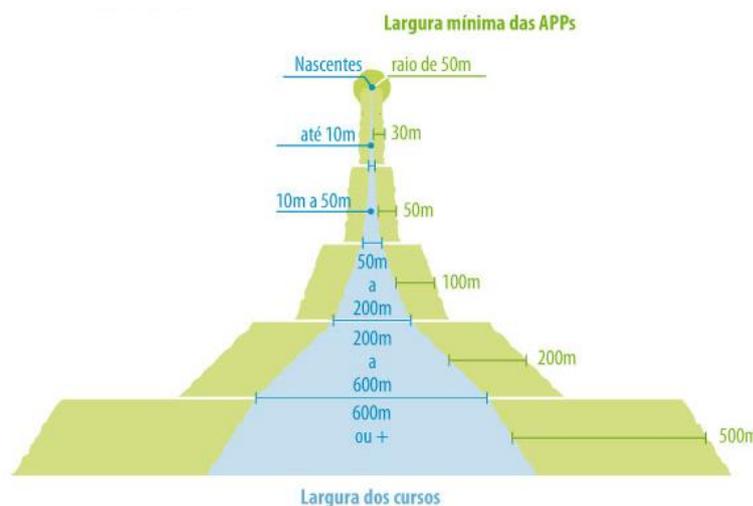


Figura 12. Área de Proteção Permanente (APP) obrigatória para às margens de cursos hídricos (Fonte: Senado Federal).

A ocupação às margens de cursos hídricos pode desencadear diversos transtornos para a população. Essas regiões possuem a tendência de alagamento, principalmente em épocas de chuvas intensas. Além disso, a construção de infraestruturas, sem o estudo adequado, pode comprometer a vegetação das matas ciliares. Segundo o Ministério Público do Paraná, a vegetação existente ao longo dos



rios funciona como um obstáculo natural ao escoamento das águas, que ficam retidas e são absorvidas, em grande parte, pela mata, evitando a erosão dos leitos e, conseqüentemente, movimentos de massa.

## **CONTROLE DE POLUENTES**

Segundo o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2018), a produção pecuária oferece risco sanitário de contaminação microbiológica das águas através dos dejetos. Os animais podem excretar agentes patogênicos e, se os processos de destinação não forem realizados de forma adequada, os microrganismos podem infectar seres humanos. Como forma de proteger as comunidades, **os dejetos pecuários devem ser destinados corretamente, preferencialmente para adubação ou geração de energia.**

A agricultura, como já mencionada, também é uma atividade potencialmente poluidora dos cursos hídricos. Efluentes agrícolas podem conter produtos químicos como fertilizantes (ricos em nitritos e nitratos), pesticidas, que degradam a qualidade das águas superficiais. Segundo Resende (Embrapa/2002), a primeira etapa de um programa de controle da contaminação de água por nitrato consiste no levantamento e monitoramentos das áreas afetadas. **O controle de poluentes da agricultura pode ser realizado através da diluição, fervura, desinfecção, deionização, destilação ou osmose da água antes do seu descarte.** Além disso, é essencial a construção adequada das instalações agrícolas, o controle da erosão e manejo de solo e o correto dimensionamento da adubação e da época de aplicação.

O controle de poluentes domésticos também é imprescindível para a manutenção e sustentabilidade dos sistemas hídricos. Apesar de grande parte da zona rural paranaense não apresentar um sistema de tratamento de esgoto, a população deve implementar estratégias para o controle desses poluentes. Calgaro *et al.* (2020) citam alguns sistemas de tratamento de esgoto doméstico adaptáveis à realidade do produtor rural desenvolvidas pela Embrapa: **Fossa Séptica Biodigestora, Clorador Embrapa e Jardim Filtrante. Além disso, biodigestores e tratamento a partir de zona de raízes são alternativas mais próximas da realidade rural.**

## **ENVOLVIMENTO E COMPROMETIMENTO**

O envolvimento das comunidades e usuários dos recursos hídricos é imprescindível para a manutenção e sustentabilidade dos sistemas. O consumo consciente e a participação nos comitês de bacia

devem ser incentivados pelas instituições públicas e privadas na tentativa de abordar os desafios e elaborar planos de ação na gestão dos recursos hídricos.

Além disso, qualquer cidadão pode denunciar crimes ambientais que envolvam poluição, despejo de resíduos e detritos, desmatamento de APP ou qualquer irregularidade.



Figura 13. Em caso de irregularidades ambientais, denuncie. (Fonte de imagem: CREA)

Disque Denúncia: <http://www.181.pr.gov.br/>

Ouvidoria IAT: <http://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Fale-Conosco>

Ouvidoria SANEPAR: <http://site.sanepar.com.br/clientes/ouvidoria>

## MONITORAMENTO

Para subsidiar as ações de conservação da qualidade das águas, frente às atividades potencialmente poluidoras, a Sanepar desenvolveu um sistema de monitoramento da qualidade da água por meio de uma grande rede de estações espalhadas por todas as bacias hidrográficas do Paraná.

Em relação aos recursos hídricos, o Estado do Paraná possui uma rede de monitoramento da qualidade das águas é composta por 164 estações (tabela 5), distribuídas ao longo dos cursos de rios e bacias hidrográficas.



Tabela 5. Estações de monitoramento da qualidade das águas. (Fonte de dados: Sanepar).

Baciais	Estações
Bacia do Cinzas	5
Bacia do Iguaçu	95
Bacia do Itararé	2
Bacia do Ivaí	11
Bacia Litorânea	13
Bacias do Paraná	4
Bacias do Paranapanema	1
Bacia do Piquiri	8
Bacia do Pirapó	1
Bacia do Ribeira	8
Bacia do Tibagi	16

Além disso, é possível verificar o Índice de Qualidade da Água (IQA) nos pontos de monitoramento através da plataforma do IAT:

<https://geo.iat.pr.gov.br/portal/apps/op dashboard/index.html#/3543e8d8d6284e8fb1d62abdfb0f1895>

O IQA foi desenvolvido para avaliar a qualidade da água bruta visando seu uso para o abastecimento público, após tratamento. Os parâmetros utilizados no cálculo do IQA são em sua maioria indicadores de contaminação causada pelo lançamento de esgotos domésticos.

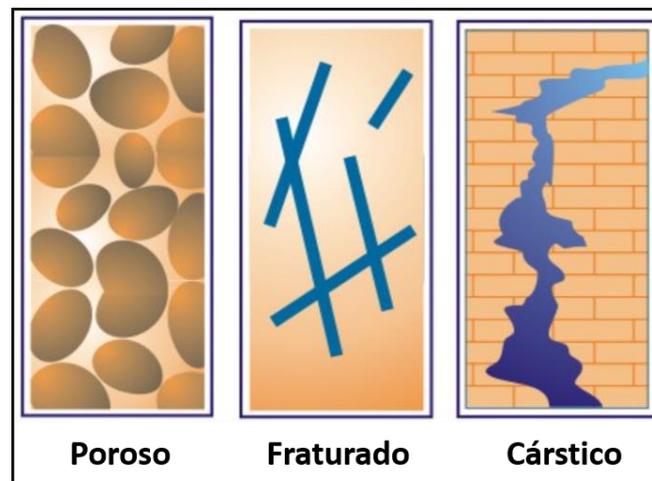
## ÁGUAS SUBTERRÂNEAS

As águas subterrâneas são formadas pelo excedente das águas de chuvas que percorrem camadas abaixo da superfície do solo e preenchem os espaços vazios entre as rochas. Essas formações geológicas permeáveis são chamadas de aquíferos e são classificadas em três tipos: fraturado (fissural), poroso e



cárstico (Figura 14). Dessa forma, os aquíferos são uma reserva de água embaixo do solo, abastecida pela chuva, e funciona como uma espécie de caixa d'água que alimenta os rios.

No Brasil, os aquíferos contribuem para que boa parte dos rios brasileiros seja perene, ou seja, não sequem no período da estiagem. Por serem relativamente abundantes, compoem uma parcela significativa da água potável utilizada para consumo humano, agricultura e outros fins, o acompanhamento das condições das águas subterrâneas é muito importante.



*Figura 14. Esquema ilustrativo dos tipos de aquíferos (Fonte de imagem: Kelly Alberto).*

No Paraná, existem diversas unidades aquíferas, distribuídas ao longo de todo território estadual (Figura 15 e 16). Segundo a Sanepar (2015), cerca de 21% da água tratada, fornecida pela empresa, provém das águas subterrâneas. O aquífero que oferece maior contribuição é o Serra Geral, que responde por 55% dos 153 milhões de metros cúbicos extraídos pela Sanepar, seguido do Caiuá (15%), Karst (13%), Guarani (7%), Paleozoico (7%) e Pré-Cambriano (Cristalino)

Na Associação de Municípios do Norte Pioneiro, estão presentes 4 das 11 das unidades aquíferas do Paraná, sendo elas: Serra Geral Norte, Guarani, Paleozoica Superior e Paleozoica Média Superior.

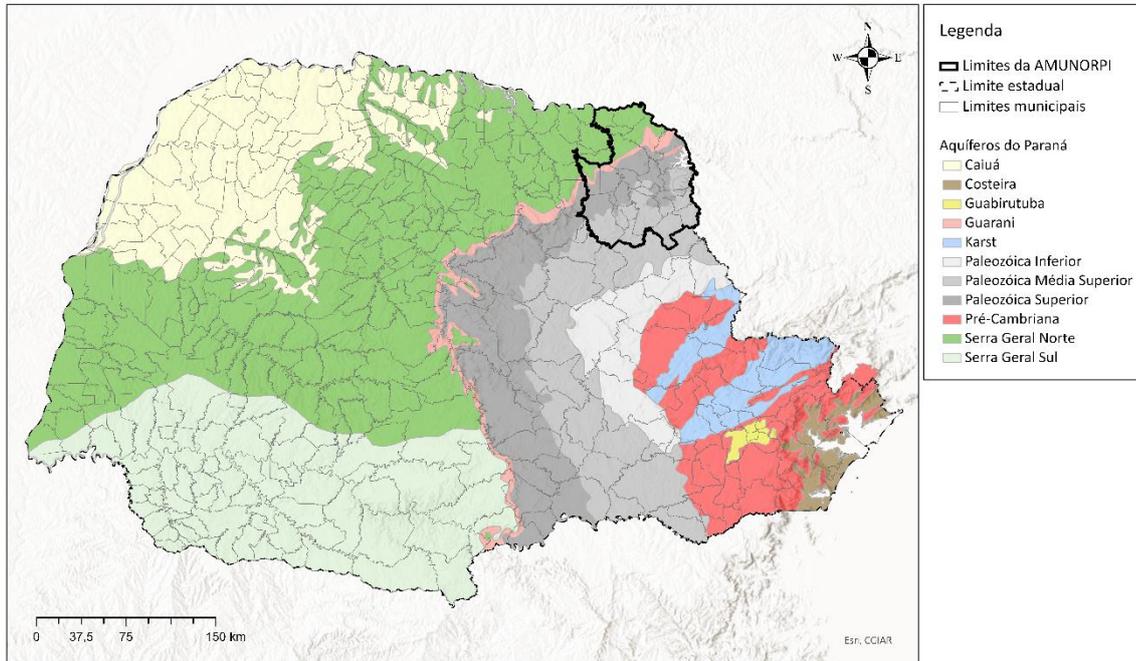


Figura 15. Unidades Aquíferas do Paraná, destaque para a Associação de Municípios do Norte Pioneiro. (Fonte de dados: Águas Paraná).

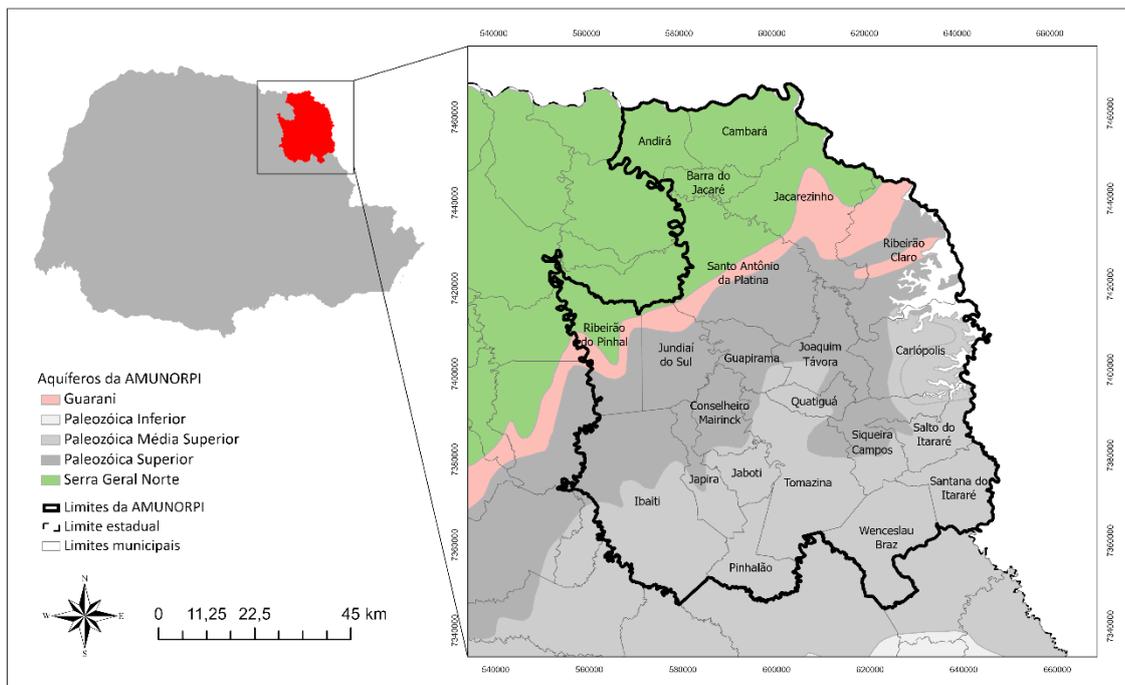


Figura 16. Unidades Aquíferas da Associação de Municípios do Norte Pioneiro. (Fonte de dados: Águas Paraná).

## AQUÍFERO SERRA GERAL

O Sistema Aquífero Serra Geral (SASG) é formado por rochas impermeáveis originadas por derrames basálticos da Formação Serra Geral (Grupo São Bento e intrusões diabásicas, dessa forma, a produção de águas subterrâneas ocorre predominantemente ao longo de falhas e fraturas das rochas. Os derrames basálticos ocorreram de forma contínua em um período de intenso vulcanismo não explosivo, mas de inundação, dando origem as paisagens mais aplainadas. As rochas basálticas podem atingir espessuras de até 1.500 metros e são intensamente fraturados, configurando um amplo reservatório hídrico.

A recarga para este aquífero se dá através da precipitação pluvial sobre os solos basálticos, que vão atingir as regiões fissuradas da rocha matriz. Ocorre também um grande intercâmbio de água com o aquífero Bauru, localizado acima, e também com o aquífero inferior, constituído pelos arenitos Botucatu e Pirambóia. As principais saídas de drenagem desse aquífero basalto são os rios.

As rochas basálticas, que se comportam como uma Unidade Aquífera, formaram-se aproximadamente há 133 milhões de anos (Ma), no início do período geológico denominado de Cretáceo (144-66 Ma).

## AQUÍFERO GUARANI

O Sistema Aquífero Guarani (SAG) é um dos maiores aquíferos transfronteiriços do mundo, ocorrendo nos territórios do Brasil, Argentina, Paraguai e Uruguai, dos quais, 70% estão em território brasileiro (ARAÚJO; FRANÇA; POTTER, 1995). As rochas do Guarani, em sua maioria caracterizadas como arenitos, pertencem as Formações Pirambóia e Botucatu, incluídas no Grupo São Bento, o qual compreende a sequência Mesozóica (251 a 65 milhões de anos) da Bacia Sedimentar do Paraná.

O Aquífero Guarani é do tipo regional confinado (Figura 17), uma vez que 90 % da área total está recoberta por espessos derrames de lavas basálticas (CAMPOS, 2000). A espessura dos pacotes de arenito, preenchidos por água em seus poros, oscila entre 200 e 800 m. No Paraná, segundo dados da Sanepar, a espessura do aquífero alcança a ordem dos 400 metros (município de Antônio), e espessura mínima de 9 metros (município de Grandes Rios).

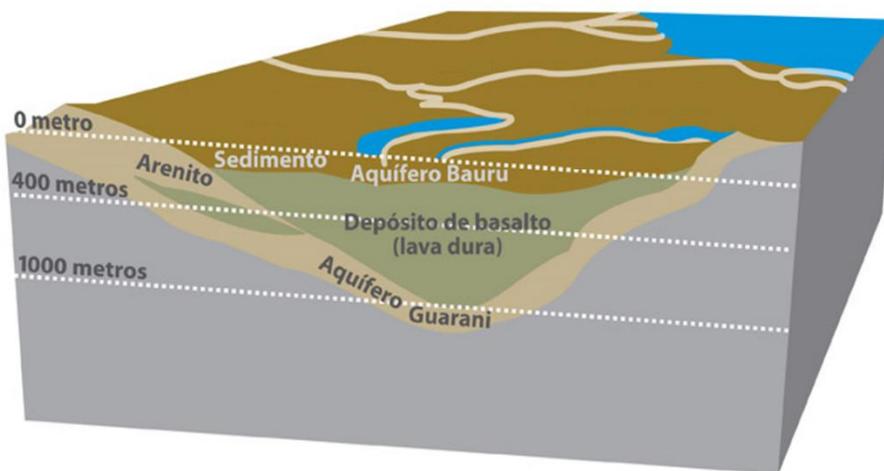


Figura 17. Aquífero Guarani sob as rochas basálticas (Fonte de imagem: UNESP).

Estima-se que a quantidade de água do aquífero seja em torno de 46.000 km<sup>3</sup> (Borghetti *et al.*, 2004). Em estudo muito anterior, o geólogo brasileiro Aldo Rebouças (1976) estimou as reservas em 48.000 km<sup>3</sup>. A recarga do aquífero em questão se dá por dois mecanismos: a) infiltração direta das águas de chuva nas áreas de recarga; e b) infiltração vertical ao longo de descontinuidades nas áreas de confinamento, num processo mais lento (ROCHA, 1996).

## AQUÍFERO PALEOZOICO

O Paleozoico é o período de tempo geológico entre 542 milhões e 251 milhões de anos, idade da formação das rochas que se comportam como Unidade Aquífera e afloram em cerca de 22% da área do Estado do Paraná, estando localizadas no Segundo Planalto Paranaense. As unidades litoestratigráficas paleozoicas correspondem às unidades basais da Bacia do Paraná e são compostas por rochas sedimentares clásticas (arenitos, siltitos, folhelhos e argilitos) e raras ocorrências de calcários e margas. As rochas desse aquífero compreendem as formações Furnas, Ponta Grossa, Rio do Sul, Mafra, Campo do Tenente, Rio Bonito, Palermo, Irati, Serra Alta, Teresina e Rio do Rastro.

Segundo Ramos *et al.* (2013), a Unidade Aquífera Paleozoica Inferior cobre, no Paraná, uma superfície de aproximadamente 7.000 km<sup>2</sup>, numa faixa que compreende uma extensão desde Campo Largo-Porto Amazonas até o rio Itararé, compreendendo as formações Furnas e Ponta Grossa. A Formação Furnas, com uma espessura da ordem de 300 m, é composta majoritariamente por arenitos, essas rochas

apresentam-se tão consolidadas que a ocorrência da água subterrânea está associada mais às estruturas tectônicas do que propriamente à sua porosidade primária. Em contrapartida, a Formação Ponta Grossa não se constitui aquífero devido às características das rochas, predominantemente constituída por folhelhos que apresentam baixa condutividade hidráulica. Essas rochas ocorrem interligadas com os arenitos do aquífero Furnas e, quase sempre, funcionam como camadas confinantes do aquífero Furnas.

A Unidade Aquífera Paleozoica Média-Superior, formada pelos aquíferos Rio Bonito e Itararé, ocupa uma área em torno de 19.500 km<sup>2</sup>. O índice pluviométrico varia de 1.300 a 1.400 mm/ano. É constituída principalmente pelas litologias do aquífero Itararé representado por camadas de arenitos que se encontram intercaladas com diamictitos, argilitos e folhelhos (ASSINE, 1996).

As unidades geológicas representadas pelas formações Irati, Serra Alta, Palermo, Terezina e Rio do Rasto, do Paleozoico Superior, não são classificadas como aquíferos. A área ocupada por esta unidade aquífera é de aproximadamente 17.100 km<sup>2</sup> (RAMOS *et al.*, 2013).

## VULNERABILIDADE

Os aquíferos, por sua natureza são mais protegidos quanto à contaminação do que as águas superficiais. No entanto, como esses depósitos de recurso hídrico não são visíveis, chamam menos atenção dos órgãos gestores e da sociedade como um todo.

Assim, a exploração da água subterrânea tem que observar a proteção dos aquíferos durante a fase de perfuração e operação dos poços. Deve-se atentar também ao perímetro de proteção dos poços, ao equilíbrio regional do aquífero quanto às recargas e descargas e aos limites outorgados pelo poder público.

Não se pode considerar que a simples “proteção conferida pela natureza a um aquífero” seja suficiente para mantê-lo qualitativamente adequado. Como já foi lembrado, tanto um projeto, como uma construção e ainda uma operação inadequada podem comprometer não somente a estrutura de produção como ainda afetar o próprio aquífero.

Desta maneira a política de proteção ao meio em que se localiza o poço tubular profundo deve ser objeto de avaliação constante, não somente quanto ao manejo do mesmo e dos seus equipamentos

associados, mas também se deve ater a proteção de seu entorno, observando-se possíveis fontes de contaminações.

Os aquíferos são patrimônio de toda a sociedade. Todos os que os exploram, seja para abastecimento público, atividades comerciais, industriais, agrícolas ou turísticas, devem atuar com responsabilidade, garantindo sustentabilidade, por meio da extração condizente com a capacidade de oferta. Além disso, os usuários e agentes concessionários devem assegurar a devida proteção ambiental para toda área de influência do aquífero para que seja evitada a contaminação do recurso hídrico (Figura 18).

Um recurso hídrico contaminada é quando a água possui organismo patogênicos, substâncias tóxicas e/ou radioativas, em teores prejudiciais à saúde do homem. Assim, toda água contaminada é poluída, mas nem toda água poluída (desde que não afete a saúde do homem) é contaminada. De acordo com a classificação estabelecida pelo Office of Tchnology Assessment (OTA) do Congresso dos EUA, modificada por Fetter (1993), é possível distinguir as seguintes fontes de contaminação:

- I. **Fontes projetadas para recepção de substâncias:** fossas sépticas, poços de injeção, aplicação no solo como fertilizantes, nitrogênio, fósforo.
- II. **Fontes projetadas para reter substâncias durante transporte:** vazamento de oleodutos, gasodutos, acidentes com caminhões, trens, etc.
- III. **Fontes produtoras de substâncias em virtude de outra substância:** irrigação, aplicação de pesticida, fertilizantes, etc.
- IV. **Fontes projetadas para armazenar, tratar ou receber substâncias:** aterros sanitários, valas abertas, resíduos de mineração, etc.
- V. **Fontes que podem atuar como condutoras da água contaminada:** poços produtores (óleo, gás, energia geotérmica), poços mal construídos, poços escavados, etc. Contaminação de águas subterrâneas por fossa séptica.
- VI. **Fontes naturais cuja descarga é criada pela atividade humana:** interações da água superficial e subterrânea, lixiviação natural, etc.



Figura 18. Fontes de poluição e contaminação de aquíferos (Fonte de imagem: DAE/Bauru/SP).

## CONSERVAÇÃO

A conservação dos recursos hídricos subterrâneos, em prol da manutenção dos aquíferos, é de extrema importância para a sustentabilidade socioambiental das comunidades. A grande maioria dos municípios do Paraná depende direta e indiretamente da captação de água por poços. As ações em defesa desse recurso natural devem partir de agentes tanto públicos quanto privados, através de uma abordagem sistêmica e um conjunto de condutas. A seguir, estão elencadas as principais formas de contribuir para a conservação desses recursos.

## CAPTAÇÃO LEGAL

Segundo a Lei nº 9.433/1997, conhecida como Lei das Águas, a água é um bem de domínio público, ou seja, caso uma pessoa tenha interesse em fazer uso de águas superficiais ou subterrâneas, esta deve solicitar uma autorização ao Poder Público. No Paraná, o Instituto Água e Terra é responsável pela emissão dessa autorização, denominada de **outorga**.

O procedimento para captação de água subterrânea envolve duas etapas: A Anuência Prévia, que é a autorização para perfurar o poço e deve ser solicitada antes da perfuração; Outorga de Direito ou Cadastro de Uso Insignificante, que são autorizações para o uso do recurso hídrico.

Após o recebimento do documento de Anuência Prévia e até 60 dias depois de executada a obra de perfuração do poço, deverá ser solicitada a outorga de direito de uso ou cadastro de uso insignificante. A solicitação destes processos deve ser feita antes de iniciar a utilização da água, e o interessado deverá aguardar a manifestação positiva do Instituto Água e Terra por meio da emissão da Portaria de outorga de direito de uso ou cadastro de uso insignificante para iniciar o uso do recurso hídrico seguindo as regras de utilização estabelecidas pelo órgão. Para maiores informações de como requerer a outorga, acesse o website:

<http://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Outorga-de-Recursos-Hidricos>

## **CONSTRUÇÃO SUSTENTÁVEL DE POÇOS**

Segundo o Instituto Água e Terra, o poço tubular, conhecido popularmente como poço artesiano, é uma obra complexa de engenharia destinada à captação subterrânea nos diversos aquíferos, requerendo cuidados e critérios para sua perfuração, conforme orientação apresentada a seguir:

- Análise da área (estudo hidrogeológico) que deverá ser realizada por geólogo para avaliar a viabilidade técnica quanto a perfuração do poço tubular com projeto construtivo de acordo com a ABNT;
- A empresa contratada para a construção do poço tubular deverá seguir as normas técnicas da ABNT e estar devidamente registrada no CREA (Conselho Regional de Engenharia, Arquitetura e Agronomia) com certidão em vigor e profissional habilitado em seu quadro técnico;
- Exija sempre um contrato de trabalho, onde deverão constar todas as etapas discriminadas do serviço a serem realizados. O contrato servirá de garantias para as partes, assegurando os direitos e deveres de cada parte.
- Para perfuração do poço tubular, no caso do Estado do Paraná, é exigido registro junto a Instituto Água e Terra, visando a obtenção da respectiva anuência prévia (licença) e posterior outorga de direito de uso da água;



- Deverá ser apresentado ao Instituto Água e Terra um relatório conclusivo, onde deverão constar os seguintes itens: localização, perfil de sondagem, perfil das características construtivas e hidráulicas, gráficos com condições de exploração, análise físico-química e bacteriológica e outorga de uso.

O cumprimento destas exigências garantirá sua segurança quanto a qualidade do seu poço, bem como a preservação das águas subterrâneas em geral.

## **CONTROLE DE POLUENTES**

A contaminação dos aquíferos é algo cada vez mais recorrente e ocorre por inúmeras fontes poluidoras, conforme já abordado no tópico de Vulnerabilidade. A agropecuária, a indústria, a mineração, os postos de combustível e até o próprio meio urbano, quando não gerenciados adequadamente, podem alterar as características do reservatório e inviabilizar o consumo humano do recurso hídrico.

**No setor agropecuário, o cultivo com agroquímicos, a irrigação, os dejetos pecuários e os efluentes devem ser planejados e acompanhados por técnicos responsáveis.** O monitoramento, tanto pelo empreendedor, quanto pelos órgãos ambientais, deve ser realizado de forma constante. Além disso, a fiscalização pode ser uma boa estratégia do poder público como primeiro passo no controle de poluentes.

Na mineração, os efluentes, os lagos e os aterros de rejeitos, quando não corretamente gerenciados, são os grandes agentes causadores de contaminação e rebaixamento dos aquíferos. O aumento da acidez, das concentrações de metais, sulfatos e até mercúrio podem causar danos irreversíveis na qualidade das águas subterrâneas. Nesse sentido, **como forma de evitar desastres ambientais, o projeto minerário deve apresentar planejamento de lavra, todas as licenças ambientais emitidas pelos órgãos públicos responsáveis, além de ter o acompanhamento, do início ao fim, de um geólogo ou engenheiro de minas.**

A contaminação de água subterrânea nos centros urbanos ocorre com bastante intensidade em todo o Brasil. A falta de saneamento básico, vazamento de redes de esgoto, lixões e aterros sanitários contribuem para a poluição bacteriológica e físico-química dos aquíferos. Essas atividades essenciais para manutenção dos centros urbanos devem receber maior atenção do poder público e das empresas envolvidas no gerenciamento desses setores. **O monitoramento, fiscalização e planejamento a longo prazo são de extrema necessidade em todos os centros urbanos.**

Os vazamentos em postos de combustíveis são uma crescente ameaça a sustentabilidade das águas subterrâneas. Esta atividade pode contribuir com a contaminação da reserva hídrica por hidrocarbonetos em geral e com os chamados BTEX (benzeno, tolueno, etilbenzeno, xileno). Segundo a BrasilPostos, **as medidas de controle de vazamento em postos de combustível envolvem: testes adequados no sistema, monitoramento do volume dos tanques, realização de manutenções regulares e recursos de contenção de vazamentos.** Além disso, as licenças ambientais são imprescindíveis para a operação desse serviço.

## ENVOLVIMENTO E COMPROMETIMENTO

Conforme já pontuado no tópico de águas superficiais, o envolvimento das comunidades e usuários dos recursos hídricos também é imprescindível para a manutenção e sustentabilidade dos sistemas. O consumo consciente e a participação popular na conservação dos recursos devem ser incentivados pelas instituições públicas e privadas na tentativa de abordar os desafios e elaborar planos de ação na gestão dos recursos hídricos.

Além disso, qualquer cidadão pode denunciar crimes ambientais que envolvam perfuração e captação ilegal, vazamentos ou poluição em geral:

Disque Denúncia: <http://www.181.pr.gov.br/>

Ouvidoria IAT: <http://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Fale-Conosco>

Ouvidoria SANEPAR: <http://site.sanepar.com.br/clientes/ouvidoria>

## MONITORAMENTO

O monitoramento de poços de captação de água subterrânea (Figura 19) pode ser:

**Mensal:** sonda manual, durante doze meses, contado a partir do início da operação de cada poço.



**Semestral:** sonda manual, a partir do décimo terceiro mês de operação do poço.

**Contínuo:** sonda com transdutor de pressão e registrador automático. Usado para monitorar poços com altas vazões e interferências entre poços.

Em atendimento à Política Ambiental, que estabelece entre outros compromissos o de conservar os recursos hídricos, a Sanepar implantou, em 1998, o Plano de Monitoramento Quantitativo e de Avaliação das Condições de Exploração dos Poços em Operação. O monitoramento constante de poços (Figura 20) possibilita definir, com maior precisão e confiabilidade, as reservas disponíveis e os volumes que podem ser extraídos sem comprometer cada um dos mananciais.



*Figura 19. Medidores de nível dinâmico de aquíferos, medidor manual (esquerda), medidor automático (direita). (Fonte de imagem: Sanepar)*

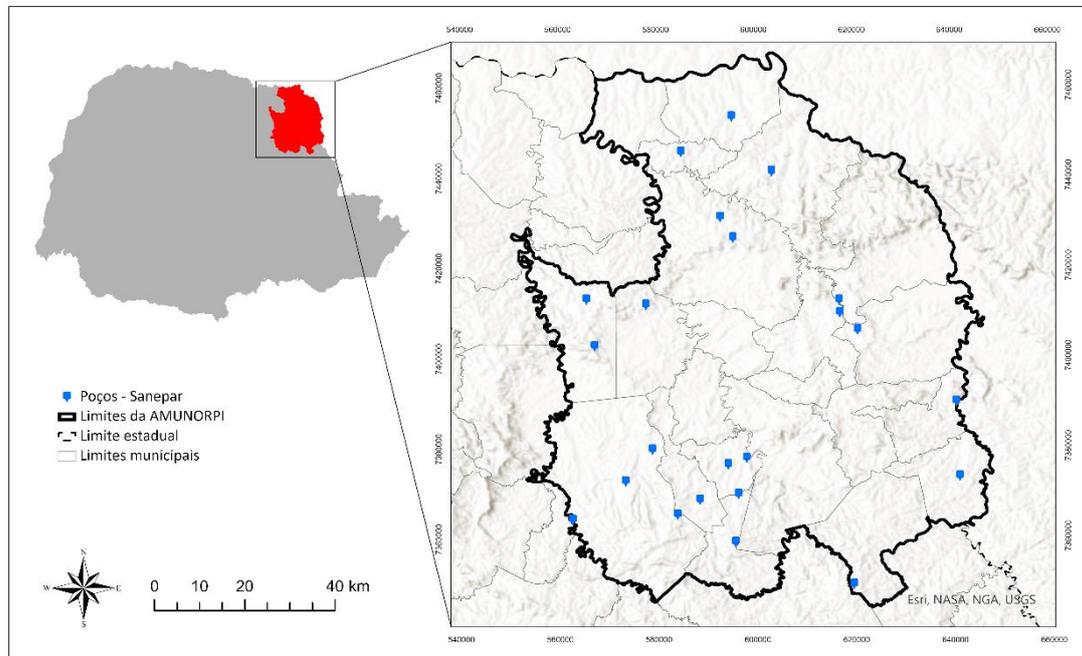
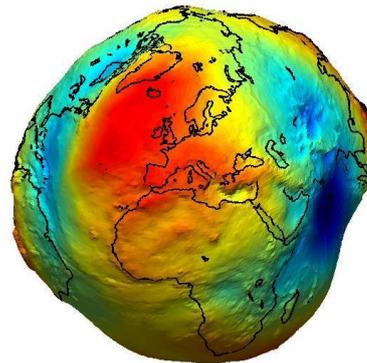


Figura 20. Poços de monitoramento em operação (Fondeste dados: Sanepar).



## CAPÍTULO II - TERRA

Desde o latim, a palavra *terra* já continha em si os diversos significados que o termo mantém ainda hoje no português. Além de dar nome ao único planeta contendo vida na existência do imensurável universo, significa tudo que faz oposição às águas ou toda a camada sólida da superfície terrestre, onde se proliferam as plantas e animais, assim como toda a civilização humana.



*Figura 21. Modelo físico da forma da Terra (Fonte de imagem: Redecol).*

Quando nos referimos ao planeta Terra, estamos falando do terceiro astro sem luz própria que orbita ao redor do Sol, sendo o quinto maior do Sistema Solar. Sua forma é praticamente esférica, com uma deformação que causa um achatamento dos polos, porém, segundo um modelo físico da forma da Terra, o planeta tem o formato de um **geóide** (Figura 21) constantemente transformado e remodelado pelas forças endógenas (internas) e exógenas (externas). Essas forças, assim como a própria origem e composição da Terra e do Sistema Solar, são estudadas e dimensionadas pela Geologia, estudo da Terra.

## GEOLOGIA

O termo geologia é originado das palavras gregas “Terra” e “Conhecimento”, sendo cunhado por filósofos científicos há mais de 200 anos atrás para descrever rochas e fósseis. Atualmente, a geologia compreende uma disciplina de ciências da Terra que estuda todos os aspectos do planeta, história, composição e estrutura interna e suas feições de superfície (GROTZINGER & JORDAN, 2014).

O conhecimento geológico, muitas vezes negligenciado, é de extrema importância para o **desenvolvimento sustentável** de municípios. Todas as obras de infraestrutura e desenvolvimento (hidrelétricas, barragens, túneis, grandes indústrias, aeroportos) devem apresentar laudos geológicos do



solo, das rochas, dos sedimentos e dos aquíferos, como forma de amenizar e prever impactos ambientais. Além disso, a geologia, como ciência, representa um alicerce na economia municipal. Através do estudo de **viabilidade minerária**, o estudo geológico de determinada área pode localizar e auxiliar na exploração sustentável de jazidas de minério, depósitos subterrâneos de água e reservas de petróleo, carvão mineral e gás natural.

Outra vertente da geologia, indispensável para a segurança da população de pequenos a grandes municípios, é o estudo geotécnico de encostas para a prevenção de **riscos geológicos**, como movimentos gravitacionais de massa em regiões ocupadas. O estudo e mapeamento geológico-geotécnico dos municípios têm se mostrado eficaz na prevenção desses acidentes, pois identifica áreas de alta declividade e com solos/rochas propícias para deslizamento, escorregamento ou ruptura de talude.

Por fim, porém não menos importante, a geologia é uma das ciências que estuda os **fósseis** e a reconstrução da história do planeta na tentativa de desvendar e prever o futuro. Os fósseis são restos, marcas ou vestígios da atividade de seres vivos, que ficaram preservados nas rochas ou outros materiais naturais. Dessa forma, através desses vestígios, é possível recompor a história da vida na Terra, as mudanças climáticas e ambientais.

## O TEMPO GEOLÓGICO

Nosso planeta tem 4,54 bilhões de anos. Esse longo intervalo de tempo, chamado de **tempo geológico**, foi dividido pelos cientistas (Figura 22 e tabela 6), para fins de estudo e de entendimento da evolução da Terra, em intervalos menores, chamados unidades cronoestratigráficas: éons, eras, períodos, épocas e idades.

A palavra **éon** significa um intervalo de tempo muito grande, indeterminado. A história da Terra está dividida em quatro éons: Hadeano, Arqueano, Proterozoico e Fanerozoico. Com exceção do Hadeano, todos os éons são divididos em eras. Uma **era** geológica é caracterizada pelo modo como os continentes e os oceanos se distribuíam e como os seres vivos nela se encontravam. O **período**, uma divisão da era, é a unidade fundamental na escala do tempo geológico. Somente as eras do éon Arqueano não são divididas em períodos. A **época** é um intervalo menor dentro de um período. Somente os períodos das eras do éon Proterozoico não são divididos em épocas. A **idade**, por fim, é a menor divisão do tempo geológico. Ela



tem duração máxima de 6 milhões de anos, podendo ter menos de 1 milhão. Somente as épocas mais recentes são divididas em idades.



*Figura 22. Ilustração do tempo geológico e a evolução da vida na Terra (Fonte de imagem: Digital Sevilla).*



Tabela 6. Divisões do tempo geológico. Ma = Milhões de anos (Fonte de dados: IUGS).

ÉONS	ERAS	PERÍODOS	
Fanerozoico	Cenozoico	Quaternário	Hoje
		Neogeno	
		Paleogeno	
	Mesozoico	Cretáceo	66 Ma
		Jurássico	
		Triássico	
	Paleozoico	Permiano	251 Ma
		Carbonífero	
		Devoniano	
		Siluriano	
Ordoviciano			
Proterozoico	Neoproterozoico	Cambriano	
		Ediacarano	541 Ma
		Criogeniano	
	Mesoproterozoico	Toniano	
		Steniano	
		Ectasiano	
	Paleoproterozoico	Calymmiano	
		Statheriano	
		Orosiriano	
		Rhyaciano	
Arqueano	Sideriano		
	Neoarqueano	2500 Ma	
	Mesoarqueano		
	Paleoarqueano		
Hadeano	Eoarqueano		
		4000 Ma.	
		4540 Ma	

## DADOS DE CARTOGRAFIA GEOLÓGICA

Para facilitar e organizar as informações geológicas de um mapeamento, os dados espaciais são disponibilizados em áreas denominadas de folhas. A região da AMUNORPI (Figura 23) encontra-se quase totalmente inserida em 2 folhas geológicas 1:250.000 (MINEROPAR, 2006): Marília (SF.22-Z-A) e Cornélio Procópio (SF.22-Z-C). Apenas uma pequena área ao sul de Wenceslau Braz está localizada na folha Telêmaco Borba (SG.22-X-A).

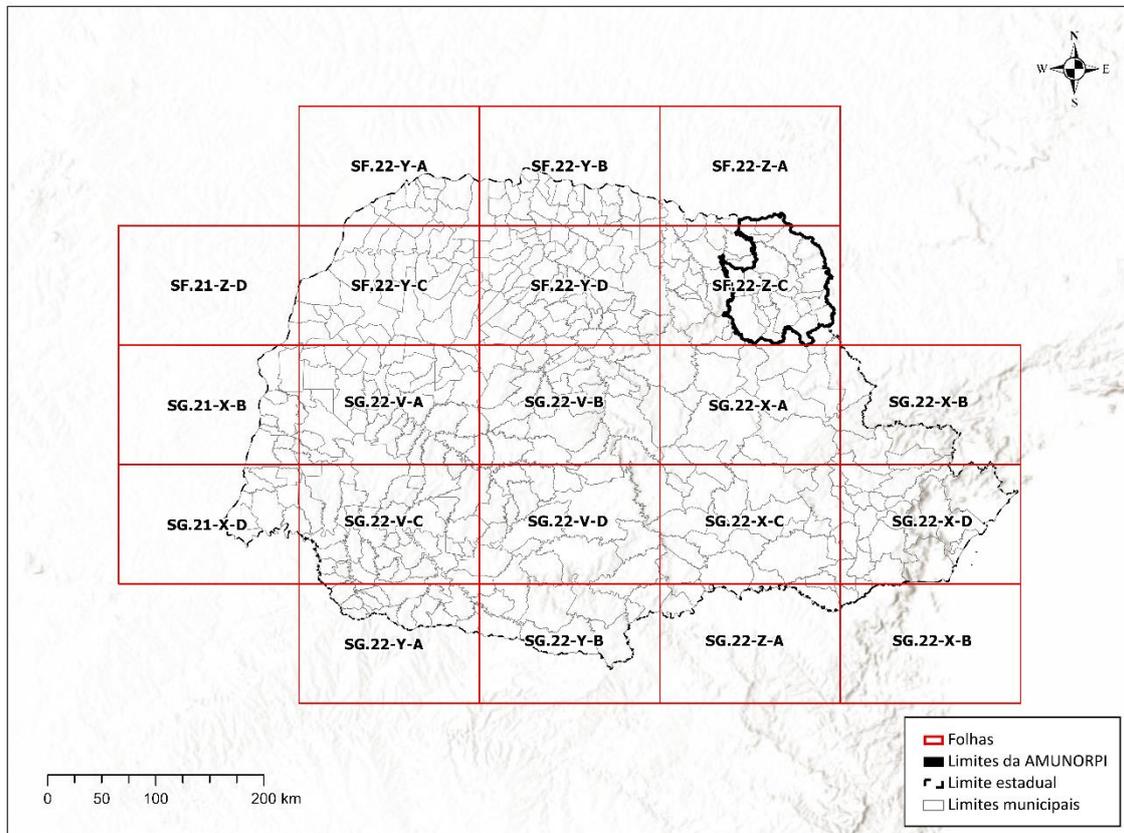


Figura 23. Folhas geológicas dos Paraná 1:250.000 (Fonte de dados: MINEROPAR).

Para maiores informações e aquisição dados das articulações do mapeamento geológico (1:250.000) da Mineropar (2006), acesse o website:

<http://www.iat.pr.gov.br/Pagina/Publicacoes-para-download>

## O CICLO DAS ROCHAS

O termo rocha pode ser definido como um agregado sólido de minerais, em que estes são juntados de uma forma que mantém suas características individuais. Existem três classes de rochas: as ígneas, sedimentares e metamórficas (Figura 24).



Figura 24. Ciclo das rochas. (Fonte de imagem: CienTIC).

## Rochas ígneas

As rochas ígneas, ou rochas magmáticas, são formadas a partir da cristalização do magma que é a massa de rocha em fusão total ou parcial. Tais rochas podem cristalizar tanto na superfície, quanto em subsolo.

A classificação das rochas ígneas se faz a partir do ambiente em que o magma se cristaliza. Rochas ígneas intrusivas ou plutônicas, formadas a partir da cristalização lenta do magma em subsuperfície (ex. granito), e as rochas ígneas extrusivas ou vulcânicas, formadas a partir da cristalização rápida do magma quando chega à superfície da crosta terrestre como lava (ex. basalto).

## Rochas sedimentares

As rochas sedimentares são formadas a partir do acúmulo e consolidação de materiais provenientes da desagregação de outras rochas pré-existentes. Essas rochas podem ser formadas a partir de sedimentos originados de rochas ígneas, metamórficas ou de outras rochas sedimentares.

O processo de desintegração das rochas na superfície, denominado intemperismo, pode ser causado por agentes físicos, químicos ou biológicos. O material desagregado sofre erosão e transporte até os locais mais baixos do relevo onde é depositado, formando camadas sedimentares. Processos de



diagênese, que transformam os sedimentos em rochas, ocorrem desde a deposição até a consolidação dos sedimentos, compreendendo a compactação, cimentação e formação de novos minerais (MINEROPAR, 2001).

### Rochas metamórficas

Quando as rochas sedimentares, ígneas ou metamórficas são submetidas a pressões intensas ou altas temperaturas, sofrem transformações originando rochas metamórficas. Estas modificações, denominadas metamorfismo, ocorrem normalmente nas profundidades variáveis da crosta. O processo não é intenso a ponto de fundir as rochas embora ocorram modificações mineralógicas, texturais e granulométricas (MINEROPAR, 2001).

A seguir, na figura 25, alguns exemplos de rochas magmáticas, metamórficas e sedimentares.

Magmática		Metamórfica		Sedimentar	
					
Granito	Diorito	Ardósia	Quartzito	Conglomerado	Calcário
					
Gabro	Basalto	Gnaiss	Mármore	Arenito	Argilito

Figura 25. Principais grupos de rochas e exemplos (Fonte de imagem: Selftution).

## ESTRATIGRAFIA

Dentro das ciências geológicas, o estudo da organização das rochas no tempo e espaço é denominado de estratigrafia. A estratigrafia tem como objetivo descrever o conhecimento geológico através da caracterização das rochas em unidades (ex. grupo, subgrupo e formações) com suas abrangências verticais e laterais, estabelecer correlações geológicas entre regiões diferentes e servir de fundamento para o estabelecimento da história da evolução geológica local, regional e mundial.

Para melhor entender as inter-relações das rochas e suas unidades, é necessário ter em mente alguns conceitos:

- I. **Formação** é a unidade fundamental na nomenclatura estratigráfica formal. Caracteriza-se por um corpo de rochas identificado pelas suas características líticas e sua posição estratigráfica. Ela deve ser mapeável em superfície ou em subsuperfície.
- II. **Membro** é a unidade litoestratigráfica formal imediatamente abaixo da formação, tendo sempre que fazer parte de uma formação. Caracteriza-se por apresentar aspectos litológicos próprios que podem ser individualizados das partes adjacentes da formação. Uma formação não necessita ser totalmente dividida em membros.
- III. **Camada** é a unidade formal de menor hierarquia da nomenclatura estratigráfica. Espessura e mapeabilidade não são consideradas para sua individualização, podendo variar de centímetros a metros.
- IV. **Grupo** é a unidade formal de categoria imediatamente superior à formação. O grupo deve ser formado por duas ou mais formações. As formações que compõem um grupo não necessitam de ser as mesmas em toda a sua área de ocorrência.

De forma mais didática, um exemplo de formação é a **Formação Serra Geral** do **Grupo São Bento**, que é dividida em vários **membros** e em inúmeras **camadas** de basalto, riolito e riodacito.



## COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOLÓGICA

A geomorfologia é a área da geociência que estuda a diversidade de formas de relevo na superfície da crosta terrestre. O relevo na superfície terrestre resulta de dois conjuntos de forças naturais que constantemente estão agindo um contra o outro.

De um lado, o conjunto rochoso da crosta, embora aparentemente sólido e estável, está submetido às **forças internas** (processos endógenos) do globo terrestre que são responsáveis pelo soerguimento e falhamento de blocos das formações continentais, pela formação de montanhas, pelo vulcanismo e pelos terremotos de grande magnitude. De outro lado, trabalhando para modificar e destruir as rochas e atuando na criação de diferentes formas de relevo estão as **forças externas**, ligadas com a ação do calor, das chuvas, dos rios, do gelo, do vento e do mar. Esse segundo grupo compreende todas as ações naturais capazes de corroer e desgastar a superfície da Terra. São os denominados processos morfogenéticos exógenos.

No Paraná, a geomorfologia é marcada por principais (Figura 26) compartimentações do relevo que moldam a paisagem e refletem características singulares: Serra do Mar, Primeiro Planalto Paranaense, Segundo Planalto Paranaense, Terceiro Planalto Paranaense.

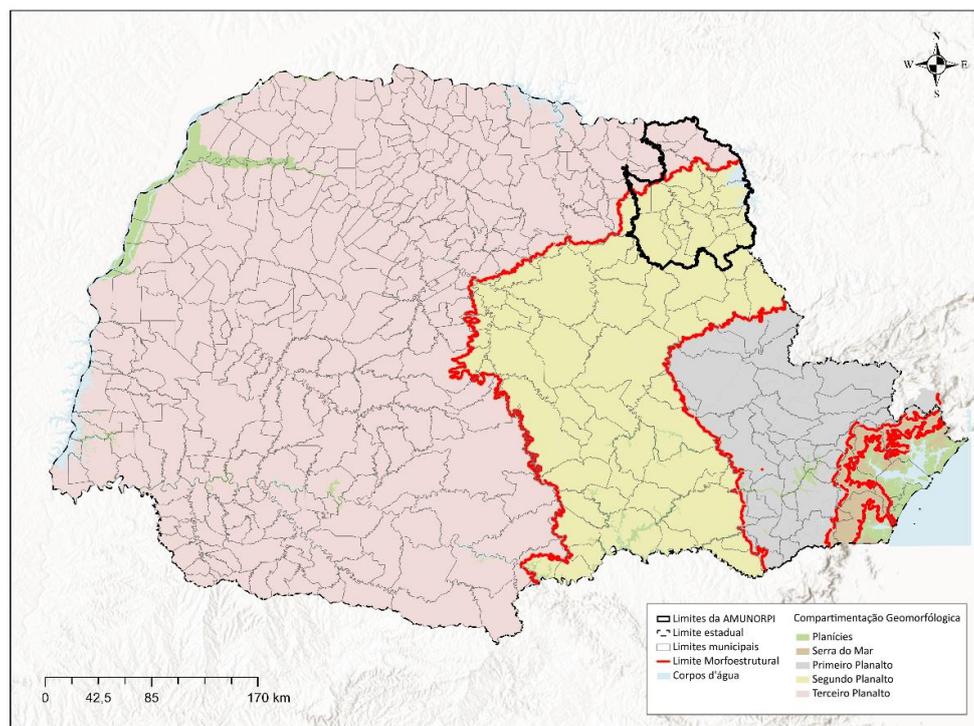


Figura 26. Compartimentação geomorfológica do Paraná.



## GEOLOGIA DA AMUNORPI

O contexto geológico da Associação de Municípios do Norte Pioneiro apresenta uma grande diversificação (Figura 27). As rochas da região pertencem aos grupos São Bento, Passa Dois, Guatá e Itararé, além da cobertura de sedimentos recentes.

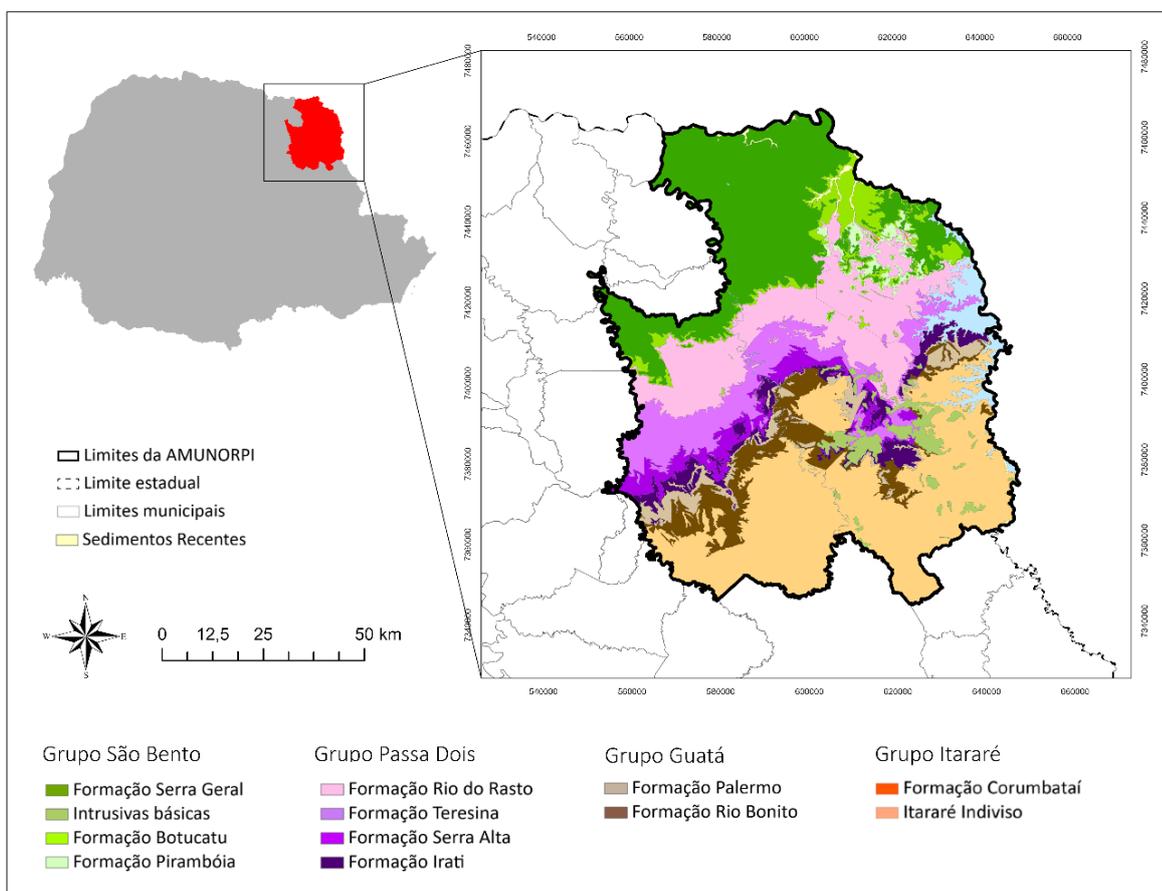


Figura 27. Contexto geológico da Associação de Municípios do Norte Pioneiro (Fonte de dados: Mineropar).

### SEDIMENTOS RECENTES

Para a geologia, sedimento é todo material fragmentário que foi originado através do intemperismo e erosão de rochas, solos e conchas (CPRM, 2018). Esse material é transportado por agentes físicos como rios, ventos, gelo e correntes, e passa a ser depositado e acumulado em dunas, às margens de drenagens, base de encostas, planícies de inundação e regiões litorâneas.

Os sedimentos recentes são aqueles com idades inferiores a 1,8 milhão de anos e recobrem parcialmente as rochas da Bacia e do Escudo Paranaense. Depósitos de terraço aluvionares mais antigos passam, com o avanço do processo erosivo, a constituírem paleoterraços em posição topográfica superior aos aluviões mais recentes, e depósitos coluviais ocorrem localmente em encostas e são provenientes de movimentos de massas (MINEROPAR, 2001).

Na AMUNORPI, a composição dos sedimentos recentes é, em sua grande maioria, de areias, siltes, argilas e cascalhos podendo se apresentar em forma de agregados.

## **GRUPO SÃO BENTO**

Segundo a Mineropar (2006) o Grupo São Bento, localizado em sua maioria a oeste do estado, cobre mais da metade do território paranaense (53%). Na AMUNORPI, o Grupo São Bento está localizado na região mais ao norte, abrangendo os municípios de Andirá, Cambará, Barra do Jacaré e parte dos municípios de Jacarezinho, Ribeirão do Pinhal, Jundiá do Sul, Santo Antonio da Platina e Ribeirão Claro. Além disso, as intrusões básicas estão presentes em quase o território da AMUNORPI (Figura 28).

### **Formação Pirambóia**

Arenitos de granulação muito fina à grossa, níveis conglomeráticos, estratificação cruzada. Níveis de argilito (lamito). Esta unidade é um dos locais onde reside o aquífero Guarani. A Formação Pirambóia possui ocorrências de jazidas/minas de areia para construção civil e industrial e águas termais (Paraná, 2018). Fósseis encontrados: Collurousaria e Therapsida.

### **Formação Botucatu**

Arenitos eólicos róseo-avermelhados, com típica estratificação cruzada tabular de grande porte. Apresentam alternâncias de lâminas com granulação média e fina, com boa seleção em cada lâmina e grãos bem arredondados em ambas as frações. Frequentemente apresentam-se silicificados. Esta unidade é um dos locais onde reside o aquífero Guarani. A formação possui ocorrências de jazidas/minas de areia para construção civil e industrial e águas termais (Paraná, 2018).

## Formação Serra Geral

Constituída por extensos derrames de rochas ígneas, predominando basaltos, de idade entre o Jurássico e o Cretáceo. É uma região composta por terra roxa, latossolos e o aquífero Serra Geral. Esta unidade possui ocorrências de jazidas/minas de agregados minerais, ametista, ágata, cobre, argila e água mineral (Paraná, 2018).

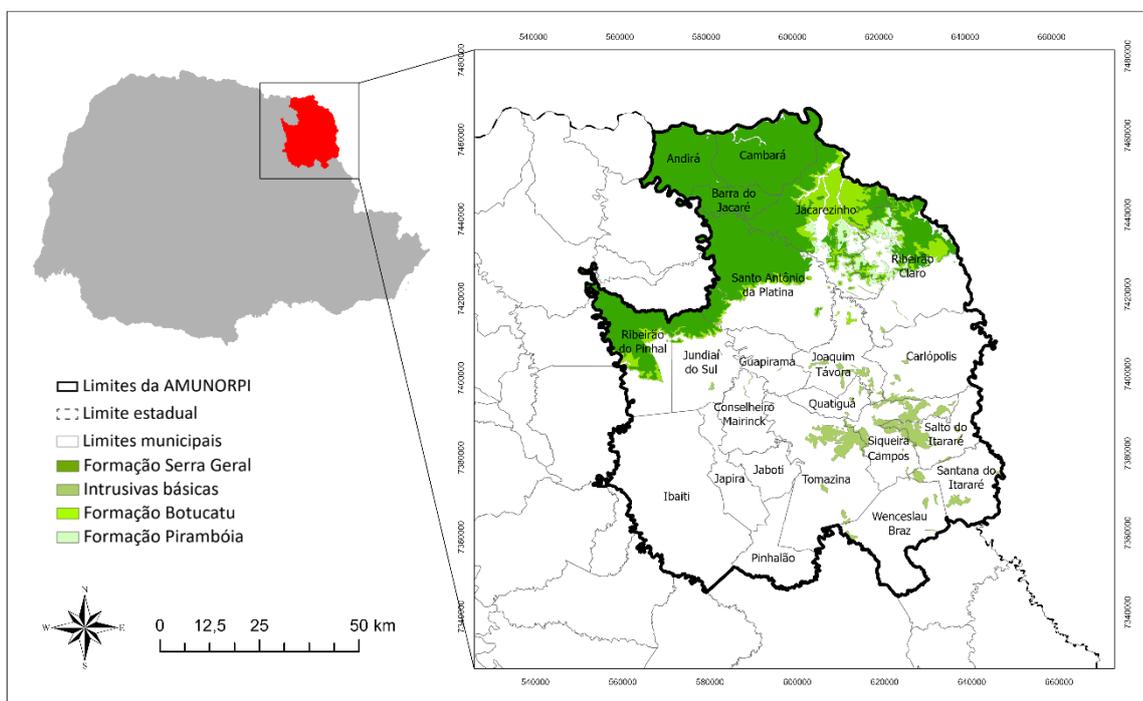


Figura 28. Distribuição das rochas pertencentes ao Grupo São Bento, na Associação de Municípios do Norte Pioneiro (Fonte de Dados: Mineropar).

## GRUPO PASSA DOIS

O Grupo Passa Dois, composto pelas formações Irati, Teresina, Serra Alta e Rio do Rastro, faz parte da Bacia do Paraná. Esse corpo alongado, assim como o Grupo Guatá e o Itararé, apresenta uma configuração de arco voltado para leste, com largura média de 50 km e que corta o Paraná de norte a sul. No caso da AMUNORPI, o extremo norte do arco, formado pelas rochas do Grupo Passa Dois, corresponde geograficamente aos municípios da zona central da região (Figura 29).

### **Formação Irati**

Compreende os membros Taquaral e Assistência. O Membro Taquaral, formado em plataforma rasa, é constituído por argilitos e folhelhos cinzentos com laminação paralela. O Membro Assistência, depositado em bacia restrita, é formado por folhelhos pretos, pirobetuminosos, com intercalações de calcário e laminação paralela.

### **Formação Serra Alta**

Compreende uma sequência de folhelhos e siltitos cinza-escuros a pretos, tendo como principal estrutura a fratura conchoidal (forma curvada como uma concha marinha). Quando intemperizados mostram cores cinza-claro a cinza-esverdeado, e amareladas. Normalmente são maciços ou possuem uma laminação plano-paralela.

### **Formação Teresina**

É constituída por siltitos acinzentados com intercalações de calcário micrítico e estromatolítico, de ambiente de planície de marés e plataforma epinerítica. Apresenta laminação paralela, ondulada e flaser.

### **Formação Rio do Rasto**

Compreende os membros Morro Pelado e Serrinha. O Membro Morro Pelado, depositado em ambiente fluvial e de planície deltáica, contém siltitos e argilitos avermelhados e arenitos finos intercalados.

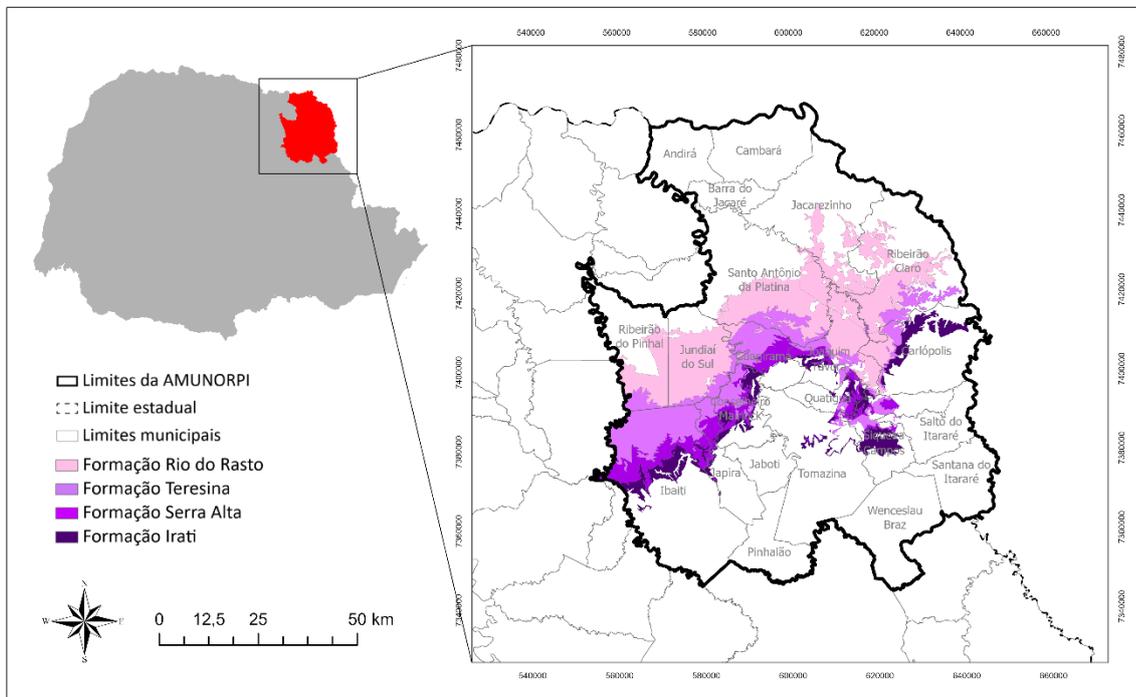


Figura 29. Distribuição das rochas pertencentes ao Grupo Passa Dois, na Associação de Municípios do Norte Pioneiro (Fonte de Dados: Mineropar).

## GRUPO GUATÁ

O Grupo Guatá, também pertencente a Bacia do Paraná, compreende uma sucessão predominantemente siliciclástica que contém as principais jazidas de carvão da Bacia do Paraná. Subdivide-se nas formações Rio Bonito e Palermo. Na AMUNORPI, as rochas desse grupo estão presentes na região centro-sul, abrangendo diversos municípios em uma faixa de direção NE-SW (Figura 30).

### Formação Rio Bonito

Constituída por arenitos, siltitos, folhelhos, carvões e calcários, contém os membros Siderópolis, Paraguaçu e Triunfo. Membro Siderópolis - arenitos finos de planície litorânea. Membro Paraguaçu - depositado em planície de marés e plataforma, constituído por arenitos e siltitos cinzentos, esverdeados e amarronzados, intercalações de níveis calcários, micríticos e estromatolíticos. Apresenta laminação plano-paralela e ondulada, microestratificação cruzada e bioturbação. Membro Triunfo - depósitos flúvio-deltaicos de arenitos cinzentos esbranquiçados, finos a grossos, níveis conglomeráticos, siltitos, folhelhos

carbonosos e estratificação cruzada, marcas onduladas e camadas de carvão (Figueira e Salto Aparado). A Formação Rio Bonito possui ocorrências de jazidas/minas de carvão, urânio e calcário (corretivo agrícola) (Paraná, 2018).

### Formação Palermo

Formada em ambiente de plataforma e planície litorânea, consiste de siltitos cinzentos, com laminação paralela, flaser e bioturbação. Esta unidade possui ocorrências de jazidas/minas de argila para cerâmica vermelha (Paraná, 2018).

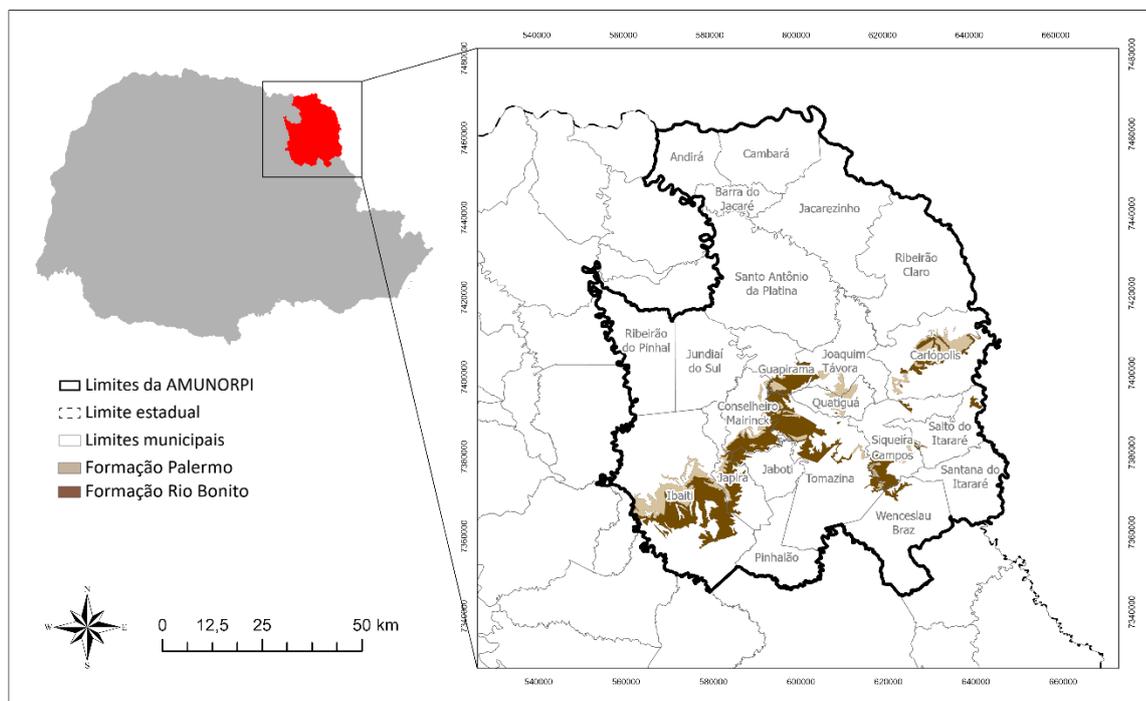


Figura 30. Distribuição das rochas pertencentes ao Grupo Guatá, na Associação de Municípios do Norte Pioneiro (Fonte de Dados: Mineropar).

### GRUPO ITARARÉ

O Grupo Itararé é uma unidade da Bacia do Paraná das mais complexas, quer do ponto de vista da diversidade dos processos geradores, quer da relação espacial, caracteristicamente marcada pela descontinuidade de suas litofácies constituintes. No estado do Paraná, o Grupo Itararé, assim como o Grupo Paraná, também se configura como um arco voltado para leste, com largura que varia, em média,

entre 20 a 50 km. Apesar de o grupo ser dividido entre as formações Campo do Tenente, Mafra e Rio Bonito, na AMUNORPI, o Grupo Itararé é indiviso (Figura 31).

Segundo Paraná (2018), o Grupo Itararé é um Conjunto heterogêneo de rochas sedimentares, incluindo: arenitos, siltitos, folhelhos, argilitos, diamictitos, tilitos e ocasionalmente níveis de carvão.

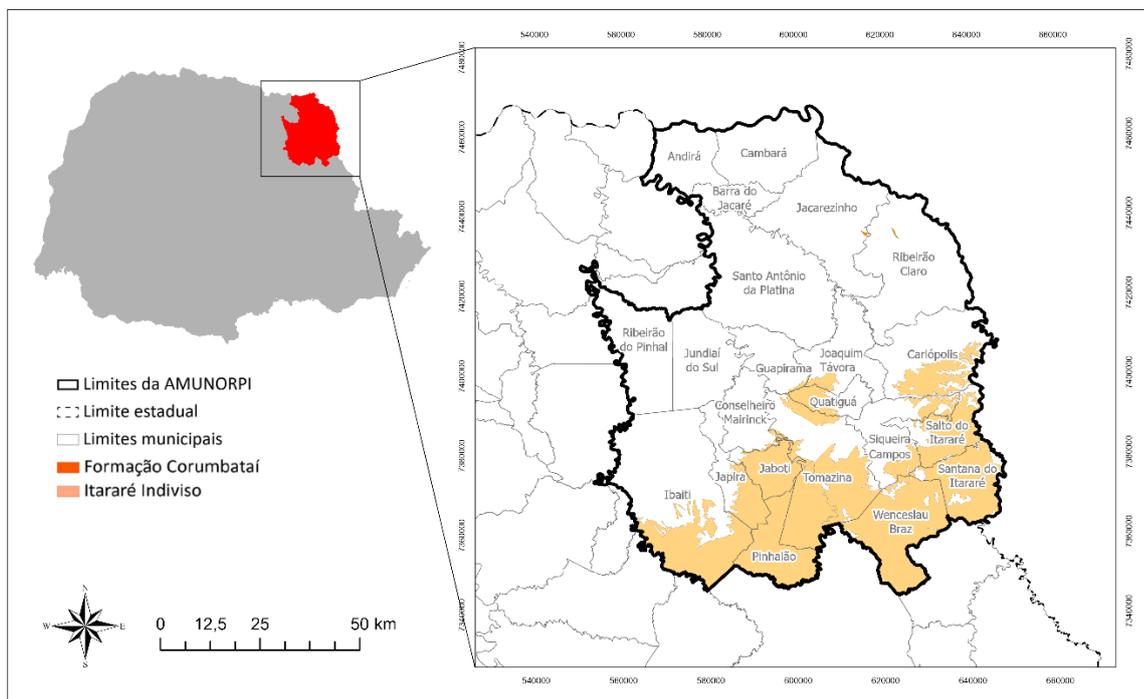


Figura 31. Distribuição das rochas pertencentes ao Grupo Itararé, na Associação de Municípios do Norte Pioneiro (Fonte de Dados: Mineropar).

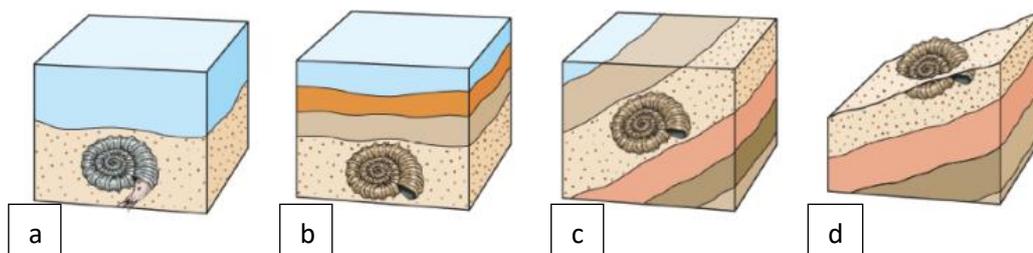
## REGISTRO FOSSILÍFERO

A paleontologia é a área do conhecimento dedicada ao estudo da evolução da vida na Terra. Um dos principais objetos de estudo dessa ciência são os fósseis, restos ou vestígios de organismos pré-históricos preservados principalmente em rochas sedimentares (argilitos, arenitos, siltitos e calcários). O reconhecimento, descrição e estudo dos fósseis é muito importante para determinar o ambiente onde os sedimentos se depositaram, além de ajudar na reconstrução dos paleoambientes e da história do planeta.

O processo de fossilização normalmente ocorre quando restos ou vestígios de animais e vegetais (Figura 32-a) são soterrados por camadas de sedimentos (Figura 32-b). Estas camadas podem ser formadas



por partículas liberadas fisicamente de rochas preexistentes ou de sais (principalmente carbonatos e fosfatos) precipitados quimicamente no fundo de lagos, mares e oceanos. Com a passagem do tempo geológico, os sedimentos transformam-se em rochas sedimentares e os restos de seres vivos são petrificados (Figura 32-c), por meio de processos de substituição da matéria orgânica por sílica, carbonato, fosfato e outros minerais, inclusive metálicos. Desta forma, os restos orgânicos são preservados dentro das rochas, nos detalhes mais íntimos das suas estruturas, mas a sua composição já é a mesma das rochas que os contêm. Por fim, devido aos movimentos tectônicos e a erosão das rochas o fóssil pode aflorar (Figura 32-d).



*Figura 32. Exemplo de fossilização de uma amonite (grupo extinto de moluscos cefalópodes). a) O organismo morre e se deposita no fundo marinho e passa pelo processo de decomposição das partes moles deixando apenas a carapaça. b) Sedimentos cobrem os vestígios do organismo ao decorrer do tempo geológico. c) Os sedimentos e os vestígios dos organismos passam por processos fisioquímicos durante milhões de anos tornando-se rocha. d) Os processos tectônicos, movimentos de massa juntamente com a erosão e os fatores antrópicos podem aflorar os fósseis (Fonte de imagem: Royal R).*

Diante da grande importância científica e cultura dos fósseis, o Decreto-Lei Federal 4.146/42 dispõe sobre a proteção dos depósitos fossilíferos, como patrimônio natural da humanidade. Segundo o decreto, os depósitos fossilíferos são propriedade da Nação, e, como tais, a extração de espécimes fósseis depende de autorização prévia e fiscalização da ANM (Agência Nacional de Mineração).

## FÓSSEIS NA AMUNORPI

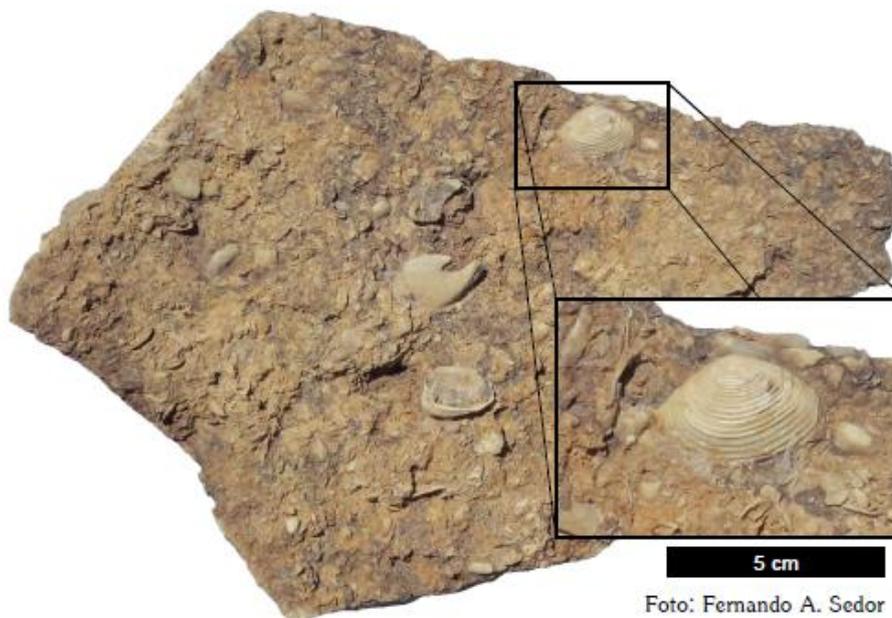
Diferentemente de algumas regiões do Paraná, como os Campos Gerais, as descobertas de registros fossilíferos na AMUNORPI são menos recorrentes. Apesar disso, existem registros muito bem preservados



na região de Guapirama (Figura 33), Santo Antônio da Platina (Figura 34 e Figura 35), Jacarezinho (Figura 36) e Ribeirão Claro (Figura 37).



*Figura 33. Espécie de mesossaurídeo preservado em carbonato, na região de Guapirama. Este animal foi uma importante evidência de que a África estava ligada com a América do Sul milhões de anos atrás (Fonte de imagem: Sedor).*



*Figura 34. Coquina, rocha constituída por acúmulo de conchas de moluscos bivalves, da Formação Terezina, da região de Santo Antônio da Platina (Fonte de imagem: Sedor).*



Foto: Eliseu Vieira Dias

Figura 35. Peixe ósseo primitivo (*Paranaichthys longianalis*) da Formação Rio do Rasto, da região de Santo Antônio da Platina (Fonte de imagem: Sedor).

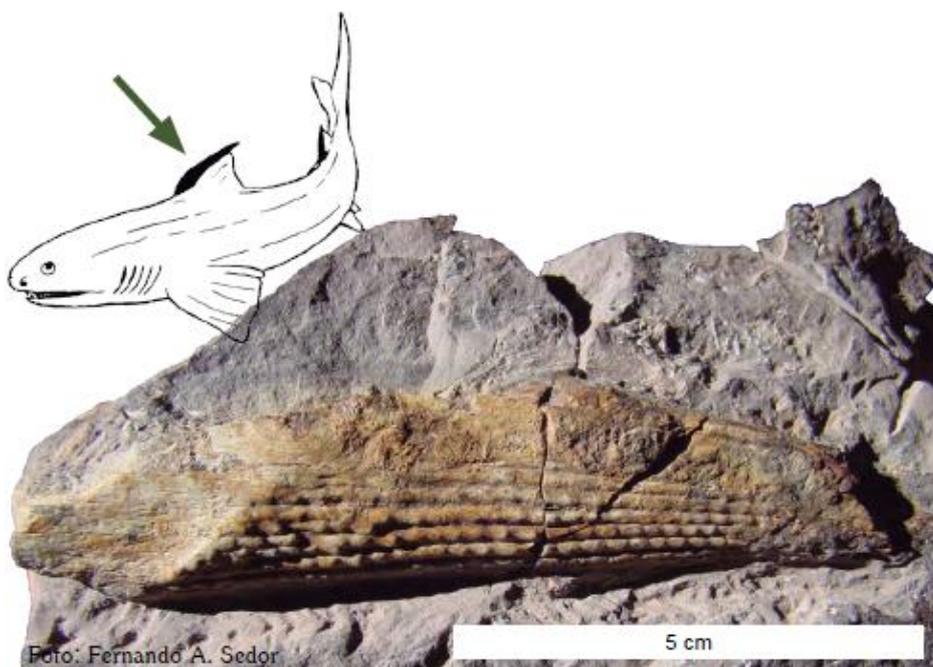


Foto: Fernando A. Sedor

Figura 36. Espinho de nadadeira de tubarão esfenacantídeo, da Formação Rio do Rasto, procedente da região de Jacarezinho (Fonte de imagem: Sedor).



Foto: Fernando A. Sedor

*Figura 37. Tronco vegetal silicificado, da Formação Terezina, encontrado na região do município de Ribeirão Claro (Fonte de imagem: Sedor).*

## GEODIVERSIDADE E PATRIMÔNIO GEOLÓGICO

**Geodiversidade** designa a variedade de ambientes geológicos, fenômenos e processos geradores de paisagens, rochas, minerais, fósseis, solos e outros depósitos superficiais que constituem a base para a vida na Terra, conforme definição da Royal Society for Nature Conservation, da Inglaterra. Este conceito apresenta um paralelo com a biodiversidade, pois enquanto esta congrega todas as espécies e seres vivos do planeta e é uma consequência da evolução, a geodiversidade refere-se ao arcabouço terrestre que sustenta a vida. Cada parte do planeta apresenta uma geodiversidade própria e pode ser considerada numa grande amplitude, desde a escala microscópica como na constituição de alguns minerais, até a escala das maiores feições do nosso planeta, como as cordilheiras.

O inventário da geodiversidade de um local e a seleção de sítios representativos da sua história geológica refletem os primeiros passos na determinação do patrimônio geológico, que formará a base para a geoconservação e o geoturismo.

O conceito de **patrimônio geológico**, segundo Brilha (2014), refere-se a (i) ocorrências de elementos de geodiversidade *in situ* com alto valor científico, denominados geossítios, e (ii) elementos de geodiversidade *ex situ* que, apesar de serem deslocados a partir de sua localização natural de ocorrência, mantenha um alto valor científico (por exemplo, minerais, fósseis e rochas disponíveis para pesquisa em coleções de museus), caracterizados como elementos da geoconservação.

Dentro dos limites da Associação de Municípios do Norte Pioneiro, as peculiares características geológicas contidas refletem uma variedade única e multifacetada de atrativos do patrimônio geológico do estado. A região da AMUNORPI apresenta diversas cachoeiras e sítios paleontológicos que fazem parte das riquezas naturais da humanidade e demandam discussões e, principalmente, políticas públicas para a sua conservação.

Para efetiva proteção destes recursos são necessárias medidas legais que assegurem a sua integridade frente às ameaças que vem sofrendo. Muitos países, já possuem leis específicas que visam proteger os elementos mais relevantes da geodiversidade nacional. No Brasil, existem alguns instrumentos jurídicos que podem ser utilizados para enquadrar a proteção do patrimônio geológico. No entanto, as leis nacionais apontam majoritariamente a proteção da biodiversidade, e abordam os recursos abióticos de maneira secundária (Pereira et al. 2008).

A seguir são descritos alguns locais da geodiversidade dos municípios da AMUNORPI (Figura 38):

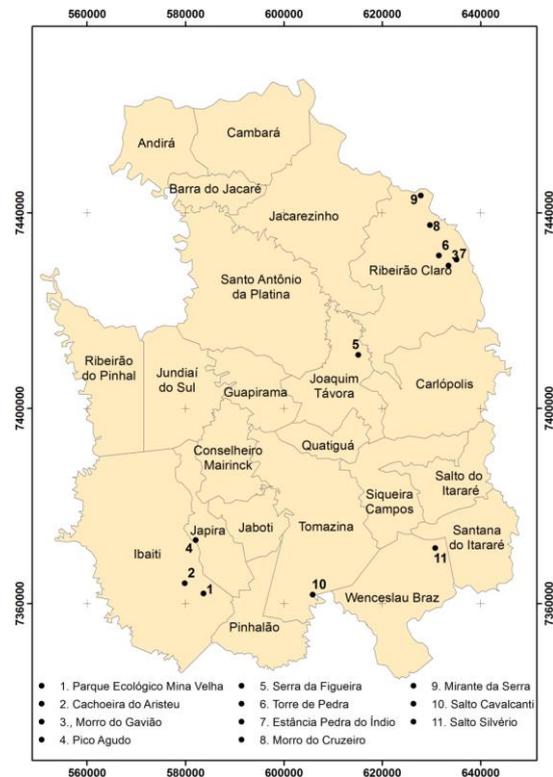


Figura 38. Distribuição de atrativos da geodiversidade da AMUNORPI (Fonte de dados: IAT).

- (1) O **Parque Ecológico Mina Velha** era uma antiga mina de carvão, desativada desde 1940, que marcou o nascimento da cidade de Ibaiti. Tornou-se ponto turístico por conta de sua mata e de uma linda cachoeira que passa na lateral da mina, formando uma piscina natural. No parque, pode-se encontrar a antiga chaminé, caminhar pelos grandes túneis de extração de carvão e diversas trilhas pela mata nativa. Alçado ao Patrimônio Histórico do Paraná, um de seus destaques é a Gruta do Arco da Pedra, uma escultura natural em pedra de mais de 100 metros de extensão, que impressiona os visitantes. A entrada no parque é gratuita (Figura 39-a).
- (2) A **Cachoeira do Aristeu** também é conhecida pela prática de esportes radicais, como o rapel, está localizada em uma Reserva Particular do Patrimônio Natural (Figura 39-b).
- (3) O **Morro do Gavião** é reconhecido como o principal ponto turístico da região (Figura 39-c). Trata-se de uma formação rochosa localizada em uma propriedade particular no município de Ribeirão Claro. É uma imensa formação rochosa que se eleva a 850 m acima do nível do mar e a 380 m acima do nível da Represa de Chavantes (represa formada pela Usina Hidrelétrica de Chavantes), o que possibilita apreciar uma das mais belas paisagens do estado.

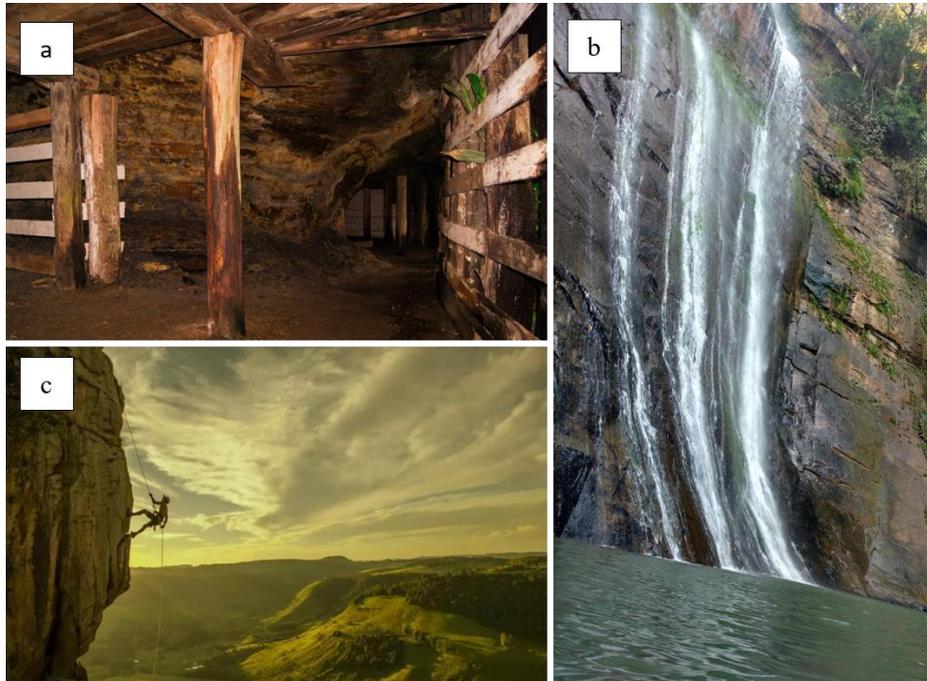
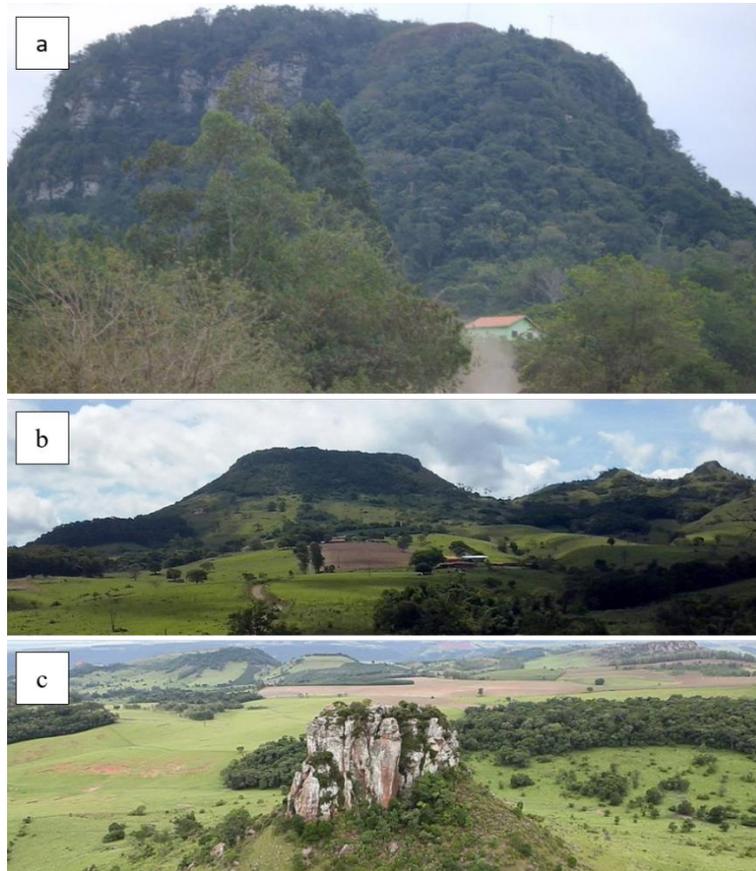


Figura 39. a) Parque Ecológico Mina Velha; b) Cachoeira do Aristeu, em Ibaiti; c) Morro do Gavião em Ribeirão Claro (Fonte de imagens: João Gouveia Cezar, Leonardo Tulio e Prefeitura de Ribeirão Claro).

- (4) O **Pico Agudo**, localizado na divisa entre Ibaiti e Japira, possui 960 metros de altura. O acesso é realizado por Japira pela BR-153. O pico possui cerca de 500 degraus até o cume, sendo um local bastante utilizado para a prática de esportes radicais, como parapente e paraglider, além de ser um dos mais bonitos cenários da região (Figura 40-a).
- (5) A poucos quilômetros da cidade de Joaquim Távora, a **Serra da Figueira** pertence ao patrimônio do Jóa, local muito procurado para escalada, trekking e acampar. A linha imaginária do Trópico de Capricórnio passa nessa região (Figura 40-b).
- (6) Localizada a 6 km da sede do município, a **Torre de Pedra** é uma formação rochosa que se assemelha às ameias de um castelo e tem aproximadamente 80 metros de altura, sendo um local para a prática de rapel (Figura 40-c).



*Figura 40. a) Parque do Pico Agudo em Ribeirão Claro; b) Serra da Figueira em Joaquim Távora; c) Torre de Pedra (Fonte de imagens: Portal do Turismo de Ribeirão Claro).*



(7) A **Estância Pedra do Índio** está localizada a 9 km da sede do município de Ribeirão Claro, as margens da Represa Chavantes, onde são praticados esportes de aventura, como parapente, paratrike, rapel, trilhas, tirolesa, entre outros. Na Pedra do Índio tem a maior tirolesa do Paraná, com aproximadamente 1 km de extensão. O local também conta com um restaurante e área para camping (Figura 41-a).



(8) O **Morro do Cruzeiro** está localizado a 4 km da cidade de Ribeirão Claro e é um morro alto de fácil acesso através de uma estrada de chão de 1 km na rodovia que liga Ribeirão Claro a Carlópolis, de onde se pode desfrutar da visibilidade privilegiada do local, avistando a Represa Chavantes (Figura 41-b).



(9) O **Mirante da Serra** está localizado às margens da rodovia de acesso a Ribeirão Claro e Carlópolis, a aproximadamente 8 km de Ribeirão Claro, e é uma área explanada em topo de formação rochosa (Topo da Serra) com 2.000 m<sup>2</sup>, onde os visitantes tem uma visão privilegiada da Represa Chavantes e da natureza que a circunda. Possui uma das mais belas vistas panorâmicas da região (Figura 41-c).



*Figura 41. a) Estância Pedra do Índio; b) Morro do Cruzeiro; c) . Mirante da Serra em Ribeirão Claro (Fonte de imagens: Portal do Turismo de Ribeirão Claro).*



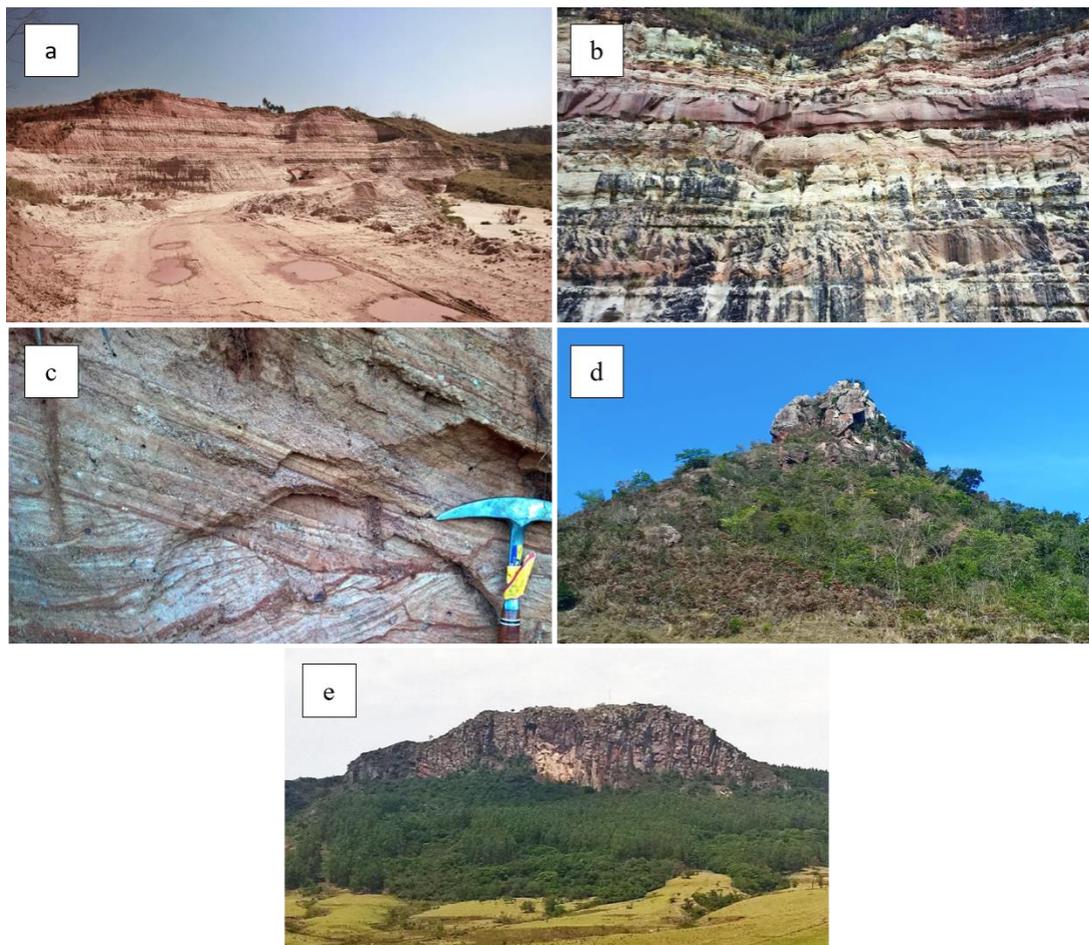
(10) O **Salto Silvério** é outra parada muito conhecida entre os turistas que frequentam a região. A Cachoeira Salto Silvério é um dos principais pontos de lazer de Wenceslau Braz, a 12 km da zona urbana (Figura 42-b).



*Figura 42. a) Salto Cavalcanti em Tomazina; b) Salto Silvério em Wenceslau Braz (Fonte de imagens: Tony Ribeiro e Mário da Silva).*



(11) Nos limites da AMUNORPI, a diversidade de riquezas naturais estão refletidas nos inúmeros **locais de interesse geológico e geomorfológico**, como estratos de arenitos e afloramentos nas cidades de Jacarezinho, Joaquim Távora e Ribeirão do Pinhal (Figura 43).



*Figura 43. a) Lavra de arenito da Formação Piramboia para uso na construção civil em Jacarezinho; b) Arenitos claros e estratificados alternados com camadas de arenito silicificado em lavra abandonada de arenito, sendo uma possível alternância de arenitos do Piramboia com os do Botucatu, município de Jacarezinho; c) Afloramento de arenito de granulação média, com estratificação cruzada, típica de fluxo subaquoso, município de Ribeirão do Pinhal; d) Morro testemunho do arenito Botucatu em Joaquim Távora; e) Um dos inúmeros morros testemunhos de arenito Botucatu que marcam a paisagem de toda a região de Joaquim Távora (Fonte de imagens: Luciano Loyola).*

## RISCO GEOLÓGICO

Em geral, os riscos naturais dizem respeito à probabilidade de um fenômeno natural afetar negativamente os seres humanos, outros animais e/ou o meio ambiente. Dentro dessa perspectiva, o risco geológico pode ser definido como todo processo, situação ou evento no meio geológico, de origem natural, induzida ou mista, que pode gerar um dano econômico ou social para alguma comunidade, e em cuja previsão, prevenção ou correção há de se empregar critérios geológicos (CARCEDO, 1987).

Uma forma sintetizada de se expressar o risco geológico é através da fórmula:

$$\text{Risco Geológico (R)} = \text{Probabilidade (P)} \times \text{Consequências (C)}$$

Desse modo, o risco será considerado baixo quando P e C forem baixos. Por outro lado, à medida que P ou C aumentam, o risco é potencializado e, assim, se P e C são elevados simultaneamente o risco associado aumenta demasiadamente.

De acordo com Oliveira (2010), os escorregamentos (Figura 44) são considerados os acidentes geológicos que mais têm provocado perda de vidas humanas em áreas urbanas no Brasil. Caracterizam-se por movimentos rápidos, bruscos, com limites laterais e profundidades bem definidas. Podem envolver solo, solo e rocha ou apenas rocha. Sua geometria pode ser circular, planar ou em cunha, em função da existência ou não de estruturas ou planos de fraqueza nos materiais envolvidos, os quais condicionam a formação de superfícies de ruptura.

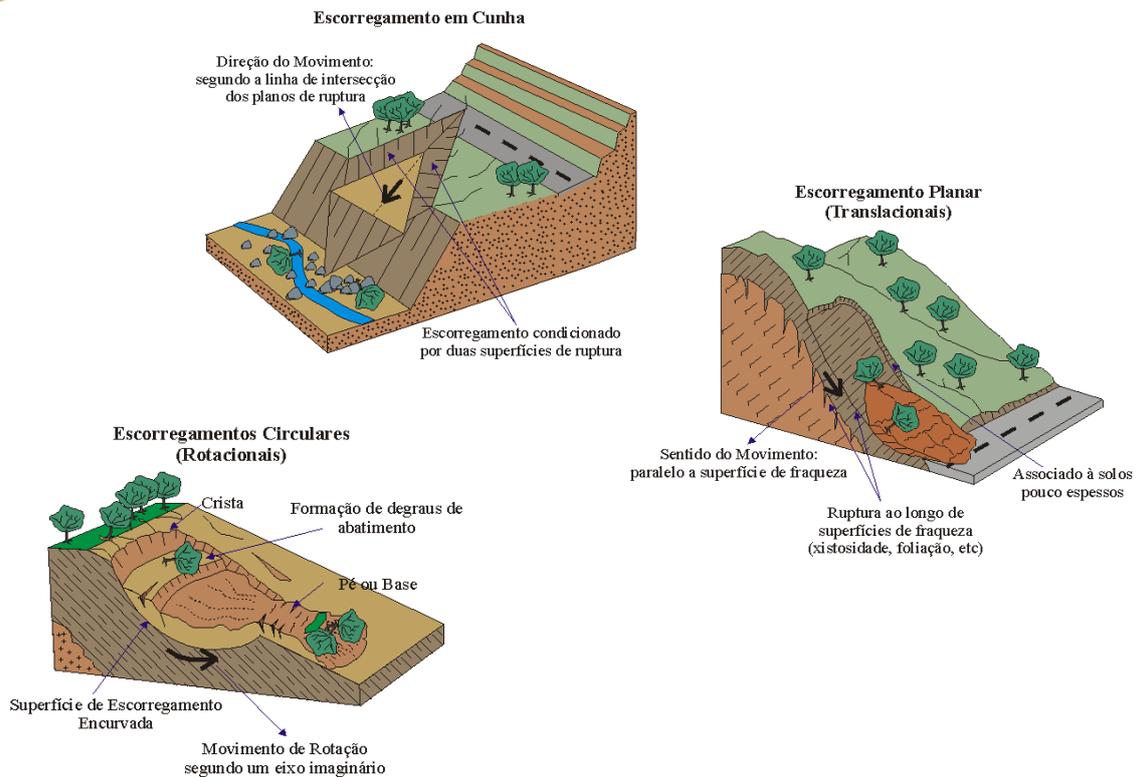


Figura 44. Caracterização dos principais tipos de escorregamentos (Fonte de imagens: IG/SP).

Como forma de prevenção desses acidentes, algumas simples medidas podem ser realizadas pelas prefeituras e secretarias, juntamente com a própria população, de forma a incentivar a cidadania e evitar danos físicos e materiais. Dentre as medidas podemos destacar:

- Evitar a retirada de vegetação das encostas e incentivar o plantio de mudas, grama ou qualquer tipo de planta com raízes rasas que possa fixar o solo e evitar erosão.
- Evitar o cultivo de plantas que acumulem muita água no solo como bananeiras e árvores grandes como pés de manga, mamão, abacate, entre outras.
- Evitar a retirada de solo das encostas pela realização de cortes.
- Evitar a construção de imóveis próximos a encostas íngremes. Caso as encostas já estejam ocupadas, verificar periodicamente se os imóveis possuem rachaduras, vazamentos de água ou esgoto.
- Incentivar a retirada de qualquer material de resíduo sólidos como lixo, pneus e materiais de construção que possam acumular água.
- Educar a população através de campanhas de conscientização sobre os riscos geológicos.

## RECURSOS MINERAIS

**Recurso mineral** é uma concentração ou ocorrência mineral presente na crosta terrestre e que apresenta valor econômico associado. Trata-se, portanto, de um material natural que contém quantidade e qualidade suficiente para eventual extração econômica.

Diversos minerais têm importância por constituírem a base do processo produtivo. Por exemplo: o calcário é a matéria-prima básica para a indústria do cimento e de corretivo de solos para a agricultura; as argilas especiais são a base das indústrias da cerâmica branca, sanitária, refratária e de isolantes elétricos; o petróleo, gás, carvão, folhelho pirobetuminoso (xisto) e turfa são geradores de energia e insumos para a indústria química.

Uma pessoa consome direta ou indiretamente cerca de 10 toneladas/ano de produtos provenientes das rochas e minerais, abrangendo 350 tipos de minerais distintos. A construção de uma residência é um exemplo desta diversidade. Dentro dessa ótica, o crescimento socioeconômico implica maior consumo de bens minerais, torna-se importante garantir a disponibilidade dos recursos demandados pela sociedade. Existe, portanto, uma relação direta entre desenvolvimento econômico, qualidade de vida e consumo de bens minerais.

## POTENCIALIDADE MINERAL NA AMUNORPI

A grande diversidade de grupos e formações geológicas na região da AMUNORPI possibilita uma abundância de áreas de interesse mineral. A tabela 7 apresenta o potencial mineral das unidades geológicas presentes na região. Alguns dos recursos minerais mais importantes são comentados a seguir.



Tabela 7. Potencialidade mineral nas unidades estratigráficas da AMUNORPI (Fonte de dados: MINEROPAR).

Unidade estratigráfica		Ambiente predominante	Agrupamento litológico	Ocorrências minerais/jazidas e minas
	Sedimentos recentes	Fluviais atuais e subatuais	Aluviões, argilitos, arcósios, areias, cascalhos, turfeiras	Diamante, ilmenita, zirconita, ouro, turfa
Grupo São Bento	Formação Serra Geral		Derrames e sills basálticos toleíticos	Cobre, ágata, ametista, pedra brita
	Formação Botucatu	Desértico e de planície aluvial	Arenitos e raros conglomerados	Areia industrial para a construção civil
Grupo Passa Dois	Formação Rio do Rasto	Fluviais, planície deltaica e de marés	Siltitos, argilitos e arenitos verdes ou vermelhos e calcarenitos	Calcário, argila vermelha
	Formação Teresina	Planície de marés e de plataforma epinerítica	Siltitos acimentados com lentes de calcários	
	Formações Serra Alta e Irati	Plataforma epinerítica e de bacia restrita	Lamitos, argilitos, folhelhos cinza escuros e pirobetuminosos	Calcário, folhelho pirobetuminoso e argila
Grupo Guatá	Formações Palermo e Rio Bonito	Plataforma epinerítica, planície litorânea e flúvio deltaicas	Siltitos cinzentos, arenitos, folhelhos e calcários	Calcário, urânio, carvão, argila vermelha
Grupo Itararé	Itararé indiviso	Depósitos litorâneos, de plataforma periglacial, deltaica	Folhelhos e siltitos cinzentos, arenitos esbranquiçados, diamictitos, ritmitos, arenitos grossos avermelhados	Carvão, areia industrial, argila refratária, caulim

## **MINERAIS INDUSTRIAIS**

Minerais industriais são recursos não-metálicos e não-fósseis incluindo, por exemplo, areia, argila, cascalho, rocha para brita, dentre outros. Eles são elementos fundamentais para a construção civil, atividades industriais, comerciais e produtos (AGI, 2014).

Os bens minerais empregados na construção civil ocorrem em todo o estado do Paraná. Algumas regiões concentram depósitos, como no caso da areia, cuja maior exploração se dá nas proximidades dos grandes rios, como o Iguaçu. Próximo aos depósitos de argila para cerâmica vermelha concentram-se as olarias, principalmente na Região Metropolitana de Curitiba, na AMUNORPI e no centro-sul do estado do Paraná (MINEROPAR, 2001). A seguir, algumas especificações de minerais industriais e sua presença na AMUNORPI:

### **AREIA**

As areias são constituídas predominantemente por quartzo e são classificadas de acordo com a granulometria (entre 0,075 e 2,0 mm), o formato dos grãos, a mineralogia e a pureza. A areia é empregada principalmente no preparo de argamassa e concreto. É comercialmente classificada em areia bruta, lavada e peneirada (MINEROPAR, 2001).

Os depósitos de areia são produtos da alteração de rochas, formados a partir de processos naturais de intemperismo, transporte e concentração, ocorrendo em estratos horizontalizados com intercalações de argila. A produção de areia no Paraná provém de 255 empresas que atuam em 85 municípios, principalmente nas planícies de inundação do rio Iguaçu e seus afluentes, além dos rios Paraná, Tibagi e Paranapanema. As reservas medidas no estado são da ordem de 5 milhões de metros cúbicos. Em 1999, a produção atingiu 2,1 milhões de metros cúbicos (MINEROPAR, 2001).

A areia para uso na construção civil é explorada em Santo Antônio da Platina ao longo do Rio das Cinzas que corta a região e faz a divisa do município. Ela é também usada para abastecer o mercado das cidades vizinhas. A areia dragada é proveniente da alteração e transporte do arenito da Formação Botucatu/Piramboia (MINEROPAR 2003).

## **ARGILA**

A argila é um material natural de granulometria fina composta por uma variedade de argilominerais. As argilas para cerâmica vermelha englobam sedimentos que vão desde as argilas de várzea até rochas como argilitos, siltitos, folhelhos e ritmitos. A cerâmica vermelha abrange uma série de produtos empregados na construção de edificações e em obras de saneamento, como tijolos, telhas, blocos, ladrilhos, lajotas, manilhas, tubos cerâmicos, e utensílios domésticos, como potes e vasos. Além disso, existem as argilas industriais utilizadas em cerâmica de pisos e azulejos, louças, porcelanas e refratários.

## **BRITA**

A brita é produzida a partir de rochas duras ou semiduras que após desmonte por explosivos e britagem são empregadas na construção de ferrovias, na pavimentação e conservação de rodovias e na construção civil. Há produção de brita de pelo menos seis tipos de rochas diferentes, como basalto, diabásio, gnaiss, migmatito, granito e calcário. As britas produzidas no embasamento cristalino são de granito, gnaiss, migmatitos e calcário e as britas produzidas na Bacia do Paraná são de basalto e diabásio. Alguns produtores de brita exploram o saibro, utilizado como revestimento primário e sub-base para pavimentação.

A comercialização da pedra britada geralmente é feita na própria região produtora. Os custos com frete oneram o material, que possui baixo valor de comercialização, inviabilizando o transporte a grandes distâncias. As reservas medidas de rochas para brita no Paraná são da ordem de 153 milhões de metros cúbicos, apresentando, em 1999, uma produção em torno de 2 milhões de metros cúbicos (MINEROPAR 2001).

A produção de brita é bastante dispersa no Estado. A maior produção de brita está na Região Metropolitana de Curitiba (municípios de Quatro Barras, Piraquara, Colombo, Almirante Tamandaré, Campo Largo e São José dos Pinhais) e ainda em Londrina, Ponta Grossa e Cascavel. A produção de brita e areia se situa em torno de 5 milhões de toneladas/ano por substância, correspondendo a cerca de 18 milhões de dólares/ano para brita e 10 milhões de dólares para a areia (MINEROPAR 2001).

As matérias-primas para brita ocorrem em quase todo o território paranaense, com exceção do extremo-noroeste, onde há cobertura do arenito Caiuá (MINEROPAR 2001).

## PANORÂMA GERAL

O município de **Cambará** tem alto potencial para argilas, que podem ser usadas para cerâmica vermelha e branca. O município possui também ocorrências de calcário (MINEROPAR 1993) que não foram caracterizadas para qual uso servem.

O município de **Conselheiro Mairinck** apresenta diversas potencialidades minerais, tais como: argila, diabásio e calcário (MINEROPAR 2001), tendo como maior potencial argilas para produção de cerâmica vermelha.

O município de **Guapirama** dispõe de argilas para a produção de cerâmica vermelha em várias unidades geológicas sedimentares da Bacia do Paraná: Itararé, Rio Bonito, Palermo, Irati, Serra Alta e Teresina. O território do município é ocupado totalmente por estas formações, o que demonstra o seu grande potencial para matérias-primas cerâmicas. O calcário explorado no município não apresenta viabilidade econômica conforme estudos da MINEROPAR (2002).

O município de **Ibaiti** dispõe de argilas para a produção de cerâmica vermelha em várias unidades geológicas sedimentares da Bacia do Paraná: Itararé, Rio Bonito, Palermo, Irati, Serra Alta e Teresina (MINEROPAR 2001). O carvão mineral e o calcário, explorados no passado, não têm potencial econômico e técnico para seu aproveitamento nos dias de hoje.

O município de **Jacarezinho** possui potencial para argila, areia, pedras britadas, pedras de revestimento e água subterrânea (MINEROPAR 2003).

Para **Ribeirão Claro**, o potencial mineral da região resume-se aos seguintes tipos de substâncias minerais: argilas para indústria cerâmica em pequenos depósitos, areia para construção civil, calcário calcítico (para corretivo de acidez do solo e para indústria), basaltos e diabásio - para brita, pedras de talhe, paralelepípedos e blocos irregulares para calçamento de ruas e estradas secundárias - e arenitos silicificados (para pedras de talhe, cantaria e pisos e revestimentos e, quando em sub-superfície, são ricos em água subterrânea) (MINEROPAR 2003).

O município de **Santo Antônio da Platina** possui potencial para argila de indústria cerâmica vermelha (MINEROPAR 2003). Apesar de a cidade ter áreas com depósitos de argilas residuais e primárias, apenas as pequenas olarias utilizam as argilas residuais para a confecção de tijolos maciços. Para a

produção de tijolos estruturais, as cerâmicas de maior porte utilizam-se de argilas residuais, lavradas em municípios vizinhos, Guapirama, e Conselheiro Mairinck (MINEROPAR 2003).

## PROCESSOS MINERÁRIOS

Os recursos minerais, por princípio constitucional, são propriedade distinta do solo e pertencem à União (Artigo 176 da Constituição Federal). Compete à União administrar os recursos minerais, a indústria de produção mineral, a distribuição, o comércio e o consumo de produtos minerais (Decreto-Lei nº 227 de 28 de fevereiro de 1967). O exercício da mineração independe de consentimento do proprietário do imóvel em que estiver localizada a jazida (com exceção do regime de Licenciamento).

O processo que envolve o estudo dos recursos minerais está intimamente ligado aos campos do conhecimento geológico e envolve basicamente as seguintes fases: 1) pesquisa para a localização do bem mineral; 2) prospecção para determinação da extensão e valor econômico do bem mineral localizado; 3) estimativa quanto a extensão e teor; 4) planejamento – avaliação da parte mineral extraível e estudos de viabilidade do exercício da atividade; 5) exploração – com vistas à extração do bem mineral e 6) recuperação das áreas afetadas pela exploração.

Primeiramente, antes do início de qualquer projeto de mineração, é necessário verificar a disponibilidade da área. Como já mencionado, o direito minerário independe da posse ou propriedade do terreno. Para a verificação da disponibilidade, a plataforma SIGMINE da Agência Nacional de Mineração - ANM (<http://sigmine.dnpm.gov.br/webmap/>) apresenta um mapa interativo com todos os processos registrados pelo órgão.

Em relação as questões legais e aos processos junto às instituições governamentais, é importante observar que o estudo e exploração dos recursos minerais envolvem uma série de procedimentos administrados (Figura 45 e 46) pela ANM. Este órgão é responsável desde a autorização de pesquisa até a autorização de lavra mineral, assim como os órgãos ambientais que são responsáveis pelos procedimentos administrativos referentes ao licenciamento ambiental para a execução das atividades. Além disso, a contratação de um responsável técnico (Geólogo ou Engenheiro de Minas) é imprescindível para a elaboração do projeto, pois os documentos técnicos apresentados juntos à ANM deverão estar



acompanhados do original ou cópia autenticada da respectiva anotação de responsabilidade técnica – ART do profissional que os elaborou.

#### Requerimento de Pesquisa

O requerimento de pesquisa junto à ANM poderá ser realizado em áreas livres que não tenha nenhum processo minerário. São consideradas livres as localidades não vinculadas a outras autorizações de pesquisa, registro de licença, concessão de lavra, permissão de lavra garimpeira, dentre outros.

#### Autorização de Pesquisa

O prazo de validade da autorização de pesquisa não será inferior a um ano, nem superior a três anos, a critério da ANM. Ao concluir os trabalhos, o titular apresentará à **ANM relatório final dos trabalhos de pesquisa** realizados, conforme o disposto em Resolução da ANM.

*Figura 45. Requerimento de Pesquisa e Autorização de Pesquisa (Decreto Federal Nº 9.406/2018).*



#### Requerimento de Lavra

Aprovado o relatório final de pesquisa com plano de aproveitamento econômico, o titular terá um ano para requerer a concessão de lavra e, neste prazo, poderá negociar o seu direito minerário. Nesse contexto o requerente deverá apresentar o **licenciamento ambiental**.

#### Concessão de Lavra

Após a publicação da concessão de lavra, o requerente deverá iniciar os trabalhos previstos no plano de aproveitamento econômico no prazo de 6 meses e deverá entregar relatório anual sobre as atividades realizadas no ano anterior.

Figura 46. Requerimento de Lavra e Concessão de Lavra (Decreto Federal Nº 9.406/2018).

Para a exploração de bens minerais de pequeno volume e distribuição irregular, outro regime de exploração concedido pela ANM, é a Permissão de Lavra Garimpeira (Figura 47). São considerados como minerais garimpáveis o ouro, diamante, cassiterita, columbita, tantalita, volframita, nas formas aluvionar, eluvional e coluvial, scheelita, demais gemas, rutilo, quartzo, berilo, moscovita, espodumênio, lepidolita, feldspato, mica e outros tipos de ocorrência que vierem a ser indicados a critério da ANM.

#### Permissão de Lavra Garimpeira

A lavra garimpeira é um regime de extração de substâncias minerais com aproveitamento imediato do jazimento mineral que, por sua natureza, seu pequeno volume e a distribuição irregular do bem mineral, não justificam investimento em trabalhos de pesquisa, tornando-se, assim, a lavra garimpeira.

Figura 47. Permissão de Lavra Garimpeira (Decreto Federal Nº 9.406/2018).

A permissão de lavra garimpeira é concedida pelo Diretor-Geral da ANM, pelo prazo de até cinco anos, sempre renovável por mais cinco, a critério da ANM. A área permissionada não poderá exceder 50 (cinquenta) hectares, salvo quando outorgada a cooperativa de garimpeiros. O título pode ser objeto de cessão ou transferência de direitos, mediante anuência da ANM, a quem satisfaça os requisitos legais.

Para a exploração mineral por **órgãos públicos**, há a possibilidade do Regime de Registro de Extração. O Registro de Extração (Figura 48) é uma declaração fornecida pela ANM (Decreto Lei 9.406/2018) para os órgãos governamentais em suas diferentes escalas. Nesse regime de exploração, os bens minerais devem ter seu uso imediato na construção civil em obras públicas executadas pelos próprios órgãos governamentais. Consideram-se substâncias minerais de emprego imediato na construção civil: I - areia, cascalho e saibro, quando utilizados in natura na construção civil e no preparo de agregados e argamassas; II - material síltico-argiloso, cascalho e saibro empregados como material de empréstimo; III - rochas, quando aparelhadas para paralelepípedos, guias, sarjetas, moirões ou lajes para calçamento; e, IV - rochas, quando britadas para uso imediato na construção civil.

Por fim, o Regime de Licenciamento (Figura 48). Nesse tipo de licença, os bens minerais devem, também, ser utilizados na construção civil (Artigo 1º da Lei nº 6.567/1978), porém por qualquer interessado. Poderão ser aproveitados pelo regime de licenciamento: I - areias, cascalhos e saibros para utilização imediata na construção civil, no preparo de agregados e argamassas, desde que não sejam submetidos a processo industrial de beneficiamento, nem se destinem como matéria-prima à indústria de transformação; II - rochas e outras substâncias minerais, quando aparelhadas para paralelepípedos, guias, sarjetas, moirões e afins; III - argilas para indústrias diversas; IV - rochas, quando britadas para uso imediato na construção civil e os calcários empregados como corretivo de solo na agricultura. V - rochas ornamentais e de revestimento; VI - carbonatos de cálcio e de magnésio empregados em indústrias diversas.



### Registro de Extração

Declaração fornecida pela ANM exclusivamente aos órgãos da administração direta ou autárquica da União, dos Estados, do Distrito Federal e dos Municípios, que permite a extração de substâncias minerais de uso imediato na construção civil, para utilização somente em obras públicas, sendo proibida sua venda, lavra por terceiros ou transferência para empresas privadas.

### Regime de Licenciamento

Mineração de substâncias destinadas ao emprego imediato na construção civil e para alguns usos industriais (Lei Federal 6.567/1978; Lei Federal 13.975/2020). O aproveitamento mineral por licenciamento fica adstrito à área máxima de 50 há e é facultado exclusivamente ao proprietário do solo ou a quem dele obtiver expressa autorização.

*Figura 48. Registro de extração e Regime de Licenciamento.*

Para evitar descontentamentos, é importante verificar os prazos dos regimes de beneficiamento. Quando um processo minerário é renunciado, desistido, ou no caso de o titular ter seu direito caducado, ele será destinado ao Regime de Disponibilidade e compete à Agência Nacional da Mineração ofertar a referida área por meio de processo licitatório, a fim de encontrar novos interessados.

De acordo com o Decreto nº 9.406, de 12 de junho de 2018, artigo 51, a comunicação da renúncia total ou parcial da concessão de lavra, do licenciamento ou da permissão de lavra garimpeira deverá ser instruída com relatório dos trabalhos efetuados e do estado da mina e de suas possibilidades futuras, conforme Resolução da ANM.

Para mais informações referentes aos processos minerários, indica-se a leitura da legislação mineral (principalmente Decreto-Lei nº227 e Decreto nº 9.406) e dos websites dos órgãos competentes (ANM e IAT).

Entre as substâncias registradas nos processos minerários (Figura 49) da Agência Nacional de Mineração (ANM) de 2019 para a região da AMUNORPI estão: água mineral, areia, arenito, argila, basalto, calcário, carvão, cascalho, diabásio, diamante, quartzito e saibro (Tabela 8).

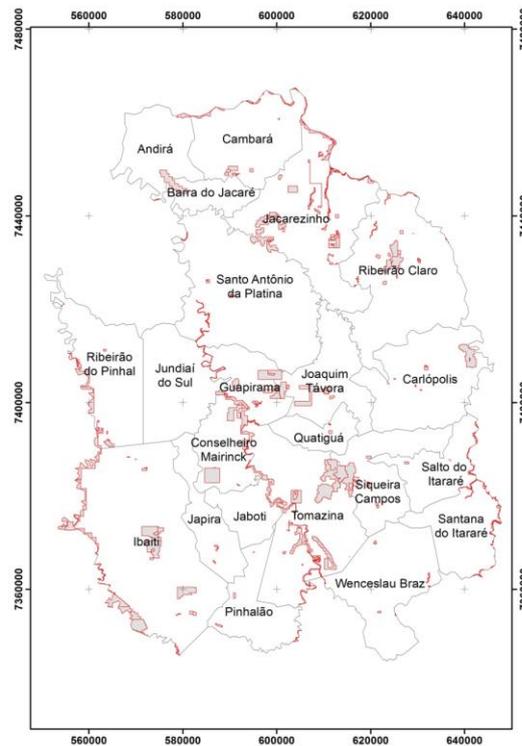


Figura 49. Processo Minerário na AMUNORPI (Fonte de dados: SIGMINE/ANM).



*Tabela 8. Processos minerários na AMUNORPI (Fonte de dados: SIGMINE/ANM).*

Substância mineral	Requerimento de pesquisa	Autorização de pesquisa	Requerimento de lavra	Concessão de lavra
Água mineral	1	2	1	1
Areia	3	33	37	32
Arenito	2	4	1	2
Argila	2	13	1	4
Argila refratária	-	3	-	-
Basalto	-	-	2	4
Calcário	-	-	-	1
Calcário calcítico	-	1	-	-
Carvão	-	2	-	2
Cascalho	-	2	-	-
Diabásio	6	5	1	2
Diamante	-	2	-	-
Quartzito	-	-	-	1
Saibro	-	1	-	1
<b>Total</b>	<b>14</b>	<b>68</b>	<b>43</b>	<b>50</b>

#### COMPENSAÇÃO FINANCEIRA PELA EXPLORAÇÃO DE RECURSOS MINERAIS (CFEM)

Segundo § 1º art. 20 da Constituição Federal é assegurado aos estados, ao Distrito Federal e aos **municípios**, bem como a órgãos da administração direta da União, participação no resultado da exploração de petróleo ou gás natural, de recursos hídricos para fins de geração de energia elétrica e de outros recursos minerais no respectivo território, plataforma continental, mar territorial ou zona econômica exclusiva. Neste contexto, a participação ocorre através da **Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais (CFEM)**. A alíquota aplicada sobre a exploração do recurso mineral depende exclusivamente da substância lavrada (Tabela 9) e incidem sobre:

I - a venda, sobre a receita bruta da venda, deduzidos os tributos incidentes sobre sua comercialização;

II - o consumo, sobre a receita bruta calculada, considerado o preço corrente do bem mineral, ou de seu similar, no mercado local, regional, nacional ou internacional, conforme o caso, ou o valor de

referência, definido a partir do valor do produto final obtido após a conclusão do respectivo processo de beneficiamento;

III - as exportações, sobre a receita calculada, considerada como base de cálculo, no mínimo, o preço parâmetro definido pela Secretaria da Receita Federal do Brasil do Ministério da Fazenda, conforme legislação.

IV - a hipótese de bem mineral adquirido em hasta pública, sobre o valor de arrematação;

V - a hipótese de extração sob o regime de permissão de lavra garimpeira, sobre o valor da primeira aquisição do bem mineral.

*Tabela 9. Alíquota aplicada sobre as substâncias minerais exploradas (Fonte: ANM).*

<b>ALÍQUOTA</b>	<b>SUBSTÂNCIA MINERAL</b>
1%	Rochas, areias, cascalhos, saibros e demais substâncias minerais quando destinadas ao uso imediato na construção civil; rochas ornamentais; águas minerais e termais
1,5%	Ouro
2%	Diamante e demais substâncias minerais
3%	Bauxita, manganês, nióbio e sal-gema
3,5%	Ferro*

A partir da arrecadação da CFEM, os municípios onde ocorrem a produção mineral receberão 60% desse montante e 15% quando afetados pela atividade de mineração. Para maiores informações, verificar Lei nº 13.540/2017.

Segundo o Informe Mineral 01/2020 do Instituto Água e Terra, o Paraná ocupou a décima primeira posição na arrecadação nacional da Compensação Financeira pela Exploração de Recursos Minerais – CFEM em 2019, participando com 0,39% do total, produzindo principalmente bens minerais não metálicos destinados à construção civil.



No Paraná a arrecadação da CFEM é bastante concentrada. Em 2019, os 20 principais municípios responderam por 73,2% do total e os 5 primeiros por 48,2%, sendo eles: Rio Banco do Sul (17,8%); Campo Largo (11,2%); Figueira (8,7%), Adrianópolis (6,3%) e Almirante Tamandaré (4,1%).

Na AMUNORPI, os municípios de Ribeirão Claro, Tomazina e Jacarezinho lideram o ranking de arrecadação da CFEM da região (Tabela 10).

*Tabela 10. Arrecadação da CFEM em 2019 nos municípios da AMUNORPI (Fonte de dados: ANM).*

Ordem de arrecadação no estado do Paraná	Município	Quantidade Títulos	Valor da operação (R\$)	Recolhimento CFEM (R\$)	% Recolhimento CFEM
49	RIBEIRÃO CLARO	6	4.593.930,08	50.320,74	1,09%
87	TOMAZINA	6	1.273.895,20	13.316,55	1,04%
90	JACAREZINHO	15	1.233.573,99	18.061,44	1,46%
102	SANTANA DO ITARARÉ	10	876.984,28	16.142,85	1,84%
108	SANTO ANTÔNIO DA PLATINA	1	783.688,20	15.310,05	1,95%
124	CAMBARÁ	6	474.658,57	8.829,78	1,86%
134	SALTO DO ITARARÉ	10	366.172,93	4.383,18	1,19%
143	CARLÓPOLIS	3	256.370,00	5.751,35	2,24%
155	RIBEIRÃO DO PINHAL	3	128.533,00	2.145,77	1,66%
161	QUATIGUÁ	2	101.060,00	2.021,68	2,00%
162	JAPIRA	1	99.244,15	1.082,08	1,09%
171	SIQUEIRA CAMPOS	2	42.926,83	858,54	2,00%
174	GUAPIRAMA	2	37.764,00	645,88	1,71%
181	IBAITI	2	13.514,00	270,58	2,00%
-	ANDIRÁ			Não informado	
-	CONSELHEIRO MAIRINCK			Não informado	
-	JABOTI			Não informado	
-	JUNDIAÍ DO SUL			Não informado	
-	JOAQUIM TÁVORA			Não informado	
-	PINHALÃO			Não informado	
-	WENCESLAU BRAZ			Não informado	

## RECOMENDAÇÕES E CONCLUSÕES

Os municípios que compõem a AMUNORPI apresentam potencial para argila, além de terem sido reportadas ocorrências de calcário, diabásio, areia e água. Além disso, alguns municípios apresentam problemas ambientais que foram reportados nas décadas de 1990 e 2000, como a falta de aterros sanitários para o despejo de lixo industrial e residencial. Como, por exemplo, no município de Santo Antônio de Platina, em que foi constatada pela equipe da MINEROPAR em 2003 a ausência de um aterro sanitário em operação, sendo que lixos industriais e domésticos eram despejados em lixões improvisados. Dessa forma, torna-se necessário checar como está a situação atual a fim de verificar contaminações do lençol freático nessa área. Este município possui potencial mineral para argila, areia, brita, além de saibro e captação de águas superficiais e subterrâneas.

Do ponto de vista do geodiversidade, sugere-se que se façam levantamentos de campos para se mapear o potencial da AMUNORPI em relação a geodiversidade. Um exemplo de município a ser levantado seria o de Ribeirão Claro, que apresenta turismo fortemente ligado a atividades naturais associadas ao contexto geológico e geomorfológico da região (MINEROPAR 2003).

Visto que existem municípios da AMUNORPI que não foram contemplados com estudos geológicos (conforme relatórios da MINEROPAR), recomenda-se a realização de estudos da avaliação do potencial mineral e/ou de descrição do meio físico para os seguintes municípios: Andirá, Barra do Jacaré, Jaboti, Japira, Joaquim Távora, Jundiá do Sul e Santana do Itararé. Por fim, recomenda-se buscar um aprofundamento na caracterização industrial das matérias-primas que ocorrem na região da AMUNORPI.

Em questão de geologia, recomenda-se fazer uma revisão das rochas aflorantes em Joaquim Távora e entre as regiões de Tomazina até Santana do Itararé. Para os municípios de Ribeirão do Pinhal e Santo Antônio da Platina, principalmente onde poucos afloramentos de rocha foram encontrados, é necessário realizar uma pesquisa de campo para identificar qual das formações (Piramboia ou Botucatu) os arenitos da região pertencem, além de verificar os impactos causados pela forte erosão nas encostas e consequente assoreamento dos rios na área, segundo relatório de Loyola (2017).

O potencial mineral na AMUNORPI exibe uma riqueza ainda não totalmente explorada, portanto, recomenda-se o incentivo dos órgãos municipais à pesquisa geológica como forma de fomento e crescimento do setor. A contratação de geólogos, engenheiros e profissionais do meio ambiente para o

quadro efetivo das prefeituras e secretarias irá assegurar o desenvolvimento sustentável da produção mineral no município além de dar segurança técnica e legal aos pequenos produtores em cada passo do processo minerário. Outra recomendação é a necessidade do fortalecimento da comunicação entre os órgãos municipais, a população e os escritórios regionais do Instituto Água e Terra, não somente nas questões minerárias, mas também no contexto ambiental geral.

O processo de planejamento territorial, em especial quando se trata de áreas relevantes pela geodiversidade e pela abundância de recursos naturais, deve ser elaborado visando o desenvolvimento sustentável, satisfazendo as necessidades da geração atual, sem comprometer as gerações futuras. A contratação de profissionais capacitados para a produção de dados técnicos pode nortear as políticas públicas e dar embasamento às tomadas de decisões. Do mesmo modo, a participação sinérgica e o aprimoramento do diálogo entre comunidades, instituições e órgãos governamentais em suas diferentes escalas são imprescindíveis para o crescimento econômico dos municípios da AMUNORPI.

A atividade turística no município de Joaquim Távora é pouco explorada, embora tenha potencial para ser desenvolvida. Devido à alguns aspectos geográficos, como a Serra da Figueira por sua beleza natural, o ecoturismo poderia ser uma forma consciente de preservação ambiental. O Vale da Pirambeira, que já foi considerado ponto turístico de Joaquim Távora, hoje se encontra abandonado e merece o empenho de todos na recuperação do local sendo que existem alguns grupos ambientais do município que estão envolvidos neste projeto de preservação.

## REFERÊNCIAS

- Ayala Carcedo, F. J. 1987. "Introducción a los riesgos geológicos" Riesgos Geológicos; I.G.M.E. Madrid. Vol. 1, 3-21.
- AGI – American Geosciences Institute. 2014. Industrial Mineral Basics. Disponível em: <https://www.americangeosciences.org/critical-issues/industrial-mineral-basics> Acessado em: 14-out-2019.
- Água e Solo. 2018. Carta das Águas Subterrâneas do Paraná. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano.
- ANA – Agência Nacional das Águas. Governo brasileiro. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/panorama-das-aguas/quantidade-da-agua> Acessado em: 14-out-2019.
- ANM – Agência Nacional de Mineração. 2018. Anuário Mineral Brasileiro – principais substâncias metálicas – ano base 2017. Disponível em: [http://www.anm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/anuario-mineral/anuario-mineral-brasileiro/amb\\_2018.pdf](http://www.anm.gov.br/dnpm/publicacoes/serie-estatisticas-e-economia-mineral/anuario-mineral/anuario-mineral-brasileiro/amb_2018.pdf)
- AMP - Associação dos Municípios do Paraná. Disponível em: <http://www.ampr.org.br/>. Acessado em: 29-jul-2019.
- Barreto A.C.C.T.S. 2016. O Desenvolvimento Sustentável na Ótica da Constituição Federal de 1988 e sua Implementação no Estado Brasileiro. Disponível em: <https://conteudojuridico.com.br/consulta/Artigos/46944/o-desenvolvimento-sustentavel-na-otica-da-constitucao-federal-de-1988-e-sua-implementacao-no-estado-brasileiro> Acessado em: 16-ago-2019.
- Brasil. 2018. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Pecuária de baixa emissão de carbono: Tecnologias de produção mais limpa e aproveitamento econômico dos resíduos da produção de bovinos de corte e leite em sistemas confinados. Secretaria de Mobilidade Social. Brasília.
- Brilha J. 2016. Inventory and Quantitative Assessment of Geosites and Geodiversity Sites: a Review. *Geoheritage*, 8, 119–134. <https://doi.org/10.1007/s12371-014-0139-3>
- Calgaro, Hemerson Fernandes e outros. Esgoto Doméstico no Meio Rural: Tratamento e Implicações para a Saúde Humana. Campinas, CDRS, 2020. 52p. 23cm (Boletim Técnico, 253).
- Carr, G.M. and J.P. Neary. 2008. Water Quality for Ecosystem and Human Health, 2nd Edition. United Nations Environment Programme Global Environment Monitoring System. Retrieved 14 July 2009, from [http://www.gemswater.org/publications/pdfs/water\\_quality\\_human\\_health.pdf](http://www.gemswater.org/publications/pdfs/water_quality_human_health.pdf).
- CEPED-UFSC. 2013. Atlas brasileiro de desastres naturais: 1991 a 2012. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas, Universidade Federal de Santa Catarina. 2ed, Florianópolis, 160p.



CPRM – Serviço Geológico do Brasil. 2011. O que é um sítio geológico. Disponível em: <http://sigep.cprm.gov.br/apresenta.htm> Acessado em: 07-out-2019.

CPRM – Serviço Geológico do Brasil. 2018. O intemperismo e a erosão. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/O-Intemperismo-e-a-Erosao-1313.html> Acessado em: 07-out-2019.

Cunha M.A. (ed.). 1991. Ocupação de encostas. São Paulo: IPT.

Cunico C., Prim D. (eds.). 2018. Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Paraná – volume I. Instituto de Terras, Cartografia e Geologia, Curitiba.

Folha de Londrina. 2016. As maravilhas do Norte Pioneiro. Disponível em: <https://www.folhadelondrina.com.br/norte-pioneiro/as-maravilhas-do-norte-pioneiro-966469.html> Acessado em: 07-out-2019.

Grotzinger J., Jordan T.H. 2014. Understanding Earth. 7ed. W.H. Freeman and Company, New York.

Levin H.L. 2013. The Earth Through Time. 10ed. John Wiley & Sons, Inc.

Lopes M. 2016. As principais rochas ornamentais exploradas no Brasil. Técnico e Mineração. Disponível em: <https://tecnicoeminerao.com.br/principais-rochas-ornamentais-exploradas-no-brasil/> Acessado em: 07-jan-2020.

Loyola L.C. 2017. Mapeamento geológico da faixa aflorante do Sistema Aquífero Guarani no Estado do Paraná. Instituto de Terras, Cartografia e Geologia do Paraná. 68p.

Milani E.J., Melo J.H.G., Souza P.A., Fernandes L.A., França A.B. 2007. Bacia do Paraná. Boletim de Geociências da Petrobrás, Rio de Janeiro, v. 15, n. 2, p. 265-287.

MINEROPAR – Minerais do Paraná. 2001. Atlas Comentado da Geologia e dos Recursos Minerais do Estado do Paraná.

MINEROPAR – Minerais do Paraná. 2017. Geoturismo e Geoconservação – Conceitos. Disponível em: <http://www.mineropar.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=134> Acessado em: 07-out-2019.

Moro D.A. 1998. Desenvolvimento econômico e dinâmica espacial da população no Paraná contemporâneo. Boletim de Geografia, Maringá: Universidade Estadual de Maringá, v.16, n.1, p. 1-57.

NASA - National Aeronautics and Space Administration. Precipitation Education, The Water Cycle. Disponível em: <https://pmm.nasa.gov/education/water-cycle> Acessado em: 07-out-2019.

Oka-Fiori C. et al. 2006. Atlas geomorfológico do Estado do Paraná - Escala base 1:250.000, modelos reduzidos 1:500.000. Minerais do Paraná (MINEROPAR) e Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 63p.

Oliveira L.M. 2010. Acidente geológicos urbanos. Serviço Geológico do Paraná (MINEROPAR), Curitiba, 78p.

ONU – Organização das Nações Unidas – DESA – Population Division. 2018. Disponível em: <https://population.un.org/wpp/>. Acessado em: 16-ago-2019.

Pereira R.G.F.A., Brilha J., Martinez J.E. 2008. Proposta de enquadramento da geoconservação na legislação ambiental brasileira. Publicações do Museu e Laboratório Mineralógico e Geológico da Universidade de Coimbra. Memórias e Notícias.

Price J.G., Hitzman M.W. 2006. The Future of Mineral Resources presentation.

Sanepar - Companhia de Saneamento do Paraná. 2015. Aquíferos fornecem 21% da água tratada ofertada pela Sanepar. Disponível em:

<http://www.aen.pr.gov.br/modules/noticias/article.php?storyid=83565&tit=Aquiferos-fornecem-21-da-agua-tratada-ofertada-pela-Sanepar> Acessado em: 30-out-2020.

Sedor F.A. 2014. Fósseis do Paraná. Museu de Ciências Naturais, UFPR, Curitiba. 24p.

Ter-Stepanian G. 1988. Beginning of the Tertiary. Bulletin of the International Association of Engineering Geology, Paris, n.38, p.133-142.

USGS – U.S. Geological Survey. 1997. Age of the Earth. Disponível em:

<https://pubs.usgs.gov/gip/geotime/age.html> Acessado em: 01-out-2019.



## GLOSSÁRIO

### A

**Água superficial:** corpo aquoso que se acumula na superfície, escoar e da origem aos rios, riachos, lagoas e córregos.

**Água subterrânea:** água que ocorre abaixo da superfície da Terra, preenchendo os poros ou vazios intergranulares das rochas sedimentares, ou as fraturas, falhas e fissuras das rochas.

**Aluvião:** designação genérica para englobar depósitos constituídos por cascalhos, areias, siltes e argilas, transportados e depositados por corrente, sobre planícies de inundação e no sopé de montes e escarpas.

**Ametista:** variedade de quartzo ( $\text{SiO}_2$ ) de cor violeta.

**Aquífero:** unidade geológica que contém e veicula água em quantidades econômicas, de modo a servir como fonte de abastecimento

**Arco:** região estrutural positiva, geralmente corresponde a uma zona de separação entre bacias sedimentares, sendo palco de intensa atividade magmática.

**Ardósia:** rocha proveniente do metamorfismo de grau incipiente de rocha sedimentar argilosa. A principal característica é a partição perfeita.

**Areia:** sedimento sem coesão no qual os grãos ou os elementos do arcabouço são constituídos por partículas compreendidas entre 0,062 e 2 mm.

**Arenito:** rocha de origem sedimentar, resultante da junção dos grãos de areia através de um cimento natural.

### B

**Bacia sedimentar:** grande depressão do terreno, preenchida por detritos provenientes das terras altas que o circundam. A estrutura dessas áreas é geralmente composta por camadas de rochas que mergulham da zona periférica para o centro. Exemplos de bacia sedimentar são fornecidos pela bacia Amazônica e a bacia do Paraná.

**Banda/Bandamento:** faixas de diferentes composições, petrográficas, granulométricas, ou de cores, responsáveis pelo desenvolvimento de algumas estruturas das rochas.



**Basalto:** um dos tipos mais comuns de rocha relacionada a derrames vulcânicos, caracterizando-se pela cor preta, composição básica (onde predominam minerais ricos em ferro e magnésio), alta fluidez e temperaturas de erupção entre 1000 e 1200 °C. Equivalente vulcânico de gabros.

**Biotita:** mineral do grupo das micas e apresenta-se em cristais tabulares ou prismáticos curtos, com planos basais nítidos e fórmula  $K (Mg, Fe)^3 (Al SiO_3 O_{10}) (OH)^2$ . As folhas delgadas mostram cor escura, diferindo da muscovita, que se apresenta quase incolor.

**Braquiópodes:** animais marinhos, bentônicos (que vive em fundo marinho), dotados de uma concha bivalve (2 valvas), predominantemente de natureza calcária.

**Brecha:** rocha formada por fragmentos centi a decimétricos, angulosos, unidos através de um cimento natural.

## C

**Calcarenito:** arenito carbonático produzido frequentemente por precipitação química seguida de retrabalhamento dentro da própria bacia, ou ainda resultante da erosão de calcários mais antigos situados fora da bacia deposicional.

**Calcita:** mineral da família dos carbonatos de composição  $CaCO_3$ . Usualmente branca a incolor pode, contudo, mostrar cores cinza, vermelho, verde, azul e amarelo.

**Camada (sedimentar):** Corpo tabular de rocha que se encontra em posição essencialmente paralela à superfície sobre a qual foi formada.

**Cânion:** denominação utilizada para designar vales profundos e encaixados, os quais adquirem características mais pronunciadas quando cortam sequências sedimentares, vulcânicas e vulcano-sedimentares horizontalizadas

**Carbonatos:** são sais inorgânicos ou seus respectivos minerais que apresentam na sua composição química o íon carbonato  $CO_3^{2-}$

**Cárstica:** superfície típica de uma região de calcário caracterizada pela presença de vales de dissolução e correntes de águas submersas.

**Cascalho:** acumulação de fragmentos de rochas e/ou minerais mais grossos do que areia comumente predominando o tamanho de seixos.

**Compactação:** eliminação ou redução dos poros das rochas, por rotação e deformação dos grãos.

**Complexo:** unidade litoestratigráfica formal, constituída pela associação de rochas de diversos tipos, de duas ou mais classes (sedimentares, ígneas ou metamórficas), com ou sem estrutura altamente complicada, ou por misturas estruturalmente complexas de diversos tipos de uma única classe.

**Contato:** superfície que limita duas unidades geológicas ou rochas de composições diferentes.



## D

**Deformação:** conjunto de mudanças ocorridas em um corpo devido à ação de tensão, e resultando em um ou mais dos seguintes processos: distorção, rotação, translação e dilatação.

**Delta:** sistema deposicional de sedimentos, alimentado por um rio, causando uma progradação irregular da linha de costa

**Derrame:** saída e esfriamento rápido de material magmático vindo do interior da crosta terrestre, consolidando-se ao contato com o ar.

**Diabásio:** rocha intrusiva de composição básica, coloração preta ou esverdeada, solidificada em subsuperfície, composta por cristais de feldspatos e minerais máficos (plagioclásio e piroxênio), que ocorre sob a forma de dique ou *sill*.

**Diagênese:** conjunto de fenômenos físicos e químicos que ocorrem durante a litificação, incluindo a compactação, cimentação, recristalização e substituição.

**Dique:** intrusão ígnea tabular vertical, que corta as estruturas das rochas em volta.

**Discordância:** superfície que separa estratos (camadas) ao longo da qual há evidência de truncamentos erosivos ou exposições subaéreas, implicando num hiato significativo.

**Dobra:** encurvamentos de forma acentuadamente côncavo-convexa, voltados para cima ou para baixo, que ocorrem nas rochas quando submetidas por processos de fluxo (comportamento plástico das rochas em um determinado derrame) ou compressão.

**Dolina:** depressão presente em áreas dominadas por rochas calcíferas, mostrando forma oval ou arredondada, com bordas íngremes e fundo chato, podendo conter lagoa com argilas de descalcificação ou outros materiais de preenchimento, resultantes da dissolução.

**Drenagem:** escoamento de águas de terreno que modela a topografia de uma região.

**Duna:** corpo de areia acumulada pelo vento, que se eleva formando um cume único. Pode ocorrer isoladamente ou em associação.

## E

**Enclave:** corpo rochoso com forma e dimensão variadas, englobado por rocha magmática da qual difere pelo aspecto composicional e/ou textural.

**Epiclástico:** fragmento de natureza vulcânica produzido pelo intemperismo e erosão de rochas vulcânicas

**Embasamento cristalino:** conjunto de rochas ígneas ou metamórficas que compõe a porção externa da crosta continental. Estão abaixo da plataforma sedimentar ou cobertura.



**Equinodermos:** animais invertebrados marinhos que inclui estrelas-do-mar, ouriços-do-mar e pepinos-do-mar, dotados de simetria radial, esqueleto interno composto por ossículos calcários, corpo coberto por espinhos.

**Escudo:** área de exposição de rochas do embasamento cristalino em regiões cratônicas (porções da litosfera de rochas antigas e estáveis), comumente com superfície convexa.

**Estratificação:** disposição paralela ou subparalela que tomam as camadas ao se acumularem formando uma rocha sedimentar. Normalmente é formada pela alternância de camadas sedimentares com granulação e cores diferentes, ressaltando o plano de sedimentação.

**Estratificação cruzada:** estratificação cujas camadas aparecem inclinadas umas em relação às outras, e em relação ao seu plano basal de sedimentação. São comuns em depósitos eólicos (dunas) e fluviais.

**Estratótipo:** sucessão de estratos de rocha, designada especificamente em uma seção ou em uma área, na qual é baseada a definição de referência da unidade.

**Estromatólitos:** rocha fóssil formada por atividades de microrganismos em ambientes aquáticos, que, quando acumulados no fundo de mares rasos, formam uma espécie de recife.

## F

**Falha:** superfície ou zona de rocha fraturada ao longo da qual houve deslocamento vertical ou horizontal, o qual pode variar de alguns centímetros até quilômetros.

**Feldspatos:** um dos grupos minerais mais importantes, constituídos por silicatos de alumínio com potássio, sódio e cálcio e, raramente bário, formando três grupos principais: os feldspatos potássicos, os feldspatos calco-sódicos e os feldspatos báricos.

**Filito:** rocha proveniente do metamorfismo de grau baixo de rochas sedimentares argilosas. É mineralogicamente, semelhante à ardósia, mas de granulação notoriamente mais grossa.

**Formação geológica:** Unidade fundamental da classificação dos pacotes rochosos. Trata-se de um corpo caracterizado pela relativa homogeneidade litológica, forma comumente tabular, geralmente com continuidade lateral e mapeável na superfície terrestre ou em subsuperfície.

**Fossilização:** conjunto de processos através dos quais se conservam restos ou vestígios de animais e plantas.

**Fatura:** descontinuidade que aparece isoladamente em uma massa rochosa, não correspondendo, portanto, nem a uma junta nem a uma falha.



## G

**Gabro:** rocha magmática de coloração escura, granulação grossa, de composição básica, cristalizada em profundidade. Normalmente é composta por feldspatos e minerais máficos (plagioclásio, piroxênios e olivina).

**Geleira:** grande e duradoura massa de gelo formada nas regiões continentais, onde a precipitação da neve compensa a perda pelo degelo, motivo pelo qual a massa de gelo é conservada.

**Geomorfologia:** ramo da geociência que estuda as formas da superfície terrestre.

**Geotecnia:** estudo o comportamento do solo e das rochas em decorrência das ações do homem. Aplicação de métodos científicos e princípios de engenharia para a aquisição, interpretação e uso do conhecimento dos materiais da crosta terrestre e materiais terrestres para a solução de problemas de engenharia

**Gnaisse:** rocha metamórfica caracterizada pela disposição dos minerais em bandas alternadas, em que uma normalmente é constituída de minerais granulares claros e a outra de minerais escuros.

**Graben:** bloco abatido com forma relativamente alongada, estreito e limitado por falhas normais.

**Granito:** rocha magmática de granulação grosseira, solidificada em profundidade, composição ácida, composta essencialmente por minerais claros como quartzo ( $\text{SiO}_2$ ), feldspato alcalino ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  e  $\text{K}_2\text{O}$ ) e plagioclásio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{O}$  e  $\text{CaO}$ ). O seu equivalente vulcânico denomina-se riolito.

**Granulometria:** especificação do tamanho dos grãos que compõe o solo, rochas ou depósitos sedimentares.

**Grupo geológico:** unidade de classificação de pacotes rochosos, de categoria superior à formação, e constituído necessariamente pela associação de duas ou mais formações.

## I

**Intemperismo:** conjunto de processos de natureza física e/ou química que atuam sobre as rochas produzindo sua quebra, decomposição ou ambas.

**Intrusão:** corpo magmático que se instalou no meio de outras rochas pré-existentes.

## J

**Jazida:** ocorrência de rocha ou minerais de interesse econômico, teor e características físico-químicas que, junto com condições suficientes de infraestrutura e localização, permitem a sua exploração.

## L

**Lavra:** fase da mineração cujo objetivo é o aproveitamento industrial da jazida, representando, portanto, o conjunto de operações coordenadas, que tem por objetivo a extração econômica das substâncias minerais úteis de uma jazida.

**Lente:** corpo geológico caracterizado por dimensões longitudinais acentuadas com espessura decrescente do centro para as extremidades.

**Litologia:** descrição das rochas, com base em características tais como a cor, a composição mineralógica e o tamanho de grão.

## M

**Magma:** material ígneo em estado de fusão contido no interior da terra e que, por solidificação, dá origem às rochas ígneas. Quando solidificado no interior da crosta terrestre, forma as rochas intrusivas e quando expelido pelos vulcões, forma as lavas.

**Magma primário:** magma gerado diretamente de fusão parcial de material da crosta ou do manto, que não sofreu qualquer processo posterior que alterasse sua composição original.

**Metamorfismo:** processo pelo qual uma rocha, para equilibrar-se internamente, e com o meio em que se encontra, ajusta-se, estrutural e/ou mineralogicamente, a condições de pressão e temperatura diferentes daquelas em que foi formada.

**Mineral:** elemento ou composto químico de ocorrência natural formado como produto de processos inorgânicos.

**Minério:** agregado de minerais rico em um determinado mineral ou elemento químico que é economicamente e tecnologicamente viável para extração.

**Movimento tectônico:** deslocamento de massa originada por forças induzidas pela dinâmica interna do planeta que impõe tensão aos maciços rochosos.

## N

**Nascente:** manifestações superficiais de lençóis subterrâneos, que dão origem a cursos d'água

## P

**Páleo:** termo que indica algo antigo, velho.

**Paleontologia:** ciência que estuda as formas de vida existentes em períodos geológicos passados, a partir dos seus fósseis.

**Paleoambiente:** Ambiente antigo, existente em determinado período geológico

**Paleobiogeografia:** ramos da Paleontologia que estuda distribuição de grupos de organismos (fósseis) visando a reconstituição da geografia terrestre.

**Pelito:** termo genérico aplicado a rochas sedimentares de granulometria fina.

**Pirobetuminoso:** Que tem substância orgânica (querogênio) que se torna sólida à temperatura ambiente.

**Piroclasto:** material produzido através de erupções vulcânicas explosivas. Quando compactado e cimentado, recebe a denominação de rocha piroclástica.

**Placa tectônica:** a crosta terrestre é subdivida, horizontalmente, em partes denominadas pelos geólogos de placas tectônicas. Estas placas se movimentam e do choque entre elas se originam as cadeias de montanhas e os vulcões associados.

**Planície aluvial:** porção do vale do rio que é coberta pela água durante os períodos de inundação, correspondendo, em verdade, ao chamado leito maior. O mesmo é coberto por sedimentos aluviais, os quais no decorrer do tempo geológico dão lugar aos terraços.

**Planície deltáica:** superfície aplainada próxima à desembocadura da corrente fluvial. Abrange a parte subaérea da estrutura do delta onde, em geral, a corrente principal se subdivide.

**Poço tubular:** Estrutura de captação de água subterrânea. Seu diâmetro médio é de seis polegadas, podendo variar entre duas e dez ou doze polegadas.

## Q

**Quartzo:** segundo mineral mais abundante da Terra, formado a partir da sílica. Mineral que ocorre em abundância tanto nas rochas ígneas, quanto nas metamórficas ou sedimentares.

**Quartzito:** rocha metamórfica proveniente da recristalização do arenito cujo componente principal é o quartzo.

**Quaternário:** é o primeiro período geológico da Era Cenozoica, compreendendo os últimos 1,75 milhão de anos da terra.



## R

**Recarga:** quantidade de água recebida por um aquífero a partir da chuva, ou a partir da rede hidrográfica. Realimentação.

**Riolito:** rocha ígnea vulcânica de cor clara, correspondente extrusiva do granito. É densa e possui uma granulação fina.

**Rocha ácida:** rocha ígnea com alto teor de sílica e baixo teor de ferro, magnésio e cálcio.

**Rocha básica:** rocha ígnea com baixo teor de sílica e alto teor de ferro, magnésio e cálcio.

## S

**Saibro:** material proveniente da decomposição química incompleta de rochas (granitos e gnaisses), conservando vestígios da estrutura/textura original. O saibro comum é muito poroso e permeável, sendo desmontável com enxadão.

**Sal-gema:** designação utilizada comumente para a halita (NaCl), rocha feita de sal, com traços de iodo, bromo, ferro, flúor e silício.

**Sedimento:** material sólido desagregado, originado da alteração de rochas preexistentes e transportado ou depositado pelo ar, água ou gelo.

**Seixo:** partícula de sedimento clástico não consolidado, com diâmetro variando de 4 mm a 64 mm.

**Sill:** intrusão ígnea tabular concordante com as estruturas das rochas circundantes.

**Silte:** partícula de sedimentos clásticos não consolidados, com diâmetro variando entre 0,05mm e 0,005mm.

## T

**Talude:** superfície inclinada do terreno na base de um morro ou de uma encosta de vale onde se encontra um depósito de detritos.

**Terraço:** superfície horizontal ou levemente inclinada, constituída por depósito de sedimentos, ou superfície topográfica modelada pela erosão fluvial, marinha ou lacustre.

**Textura:** termo genérico utilizado para caracterizar a aparência física de uma rocha, incluindo o aspecto geométrico das partículas componentes ou cristais e as relações mútuas entre elas.



**Trilobita:** grupo extinto no Paleozoico amplamente conservado em registro fóssil devido ao seu esqueleto externo (carapaça) feito de cálcio. Eram animais de fundo marinho que viviam, em sua maioria, em zonas pouco profundas, perto da costa.

**Turfa:** material de origem vegetal, parcialmente decomposto, encontrado em camadas, geralmente em regiões pantanosas e também sob montanhas. Estágio inicial da carbonificação, e que passa desde a massa vegetal morta até o linhito.

## V

**Vale:** depressão topográfica alongada, aberta, inclinada numa direção em toda a sua extensão. Pode ser ou não ocupada por água. Vários são os tipos de vale: fluvial, glacial, suspenso e de falha.

**Vale encaixado:** vale cujo afundamento do talvegue foi muito grande, originando margens estreitas e vertentes com fortes declives.

## X

**Xisto:** rocha metamórfica de granulação média a grosseira, cujos minerais podem ser reconhecidos macroscopicamente (ao contrário do filito) e é caracterizada por um excelente paralelismo dos minerais.