



**INSTITUTO  
ÁGUA E TERRA**

**GEOLOGIA AMBIENTAL APLICADA ÀS  
ASSOCIAÇÕES DE MUNICÍPIOS DO PARANÁ**  
Associação dos Municípios do Centro Sul do Paraná  
**AMCESPAR**

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 .....	11
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IGUAÇU.....	15
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IVAÍ .....	16
BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TIBAGI.....	17
VULNERABILIDADE.....	18
IMPACTOS DA ATIVIDADE AGRÍCOLA.....	23
CONSERVAÇÃO .....	25
MONITORAMENTO .....	28
ÁGUAS SUBTERRÂNEAS.....	30
AQUÍFERO SERRA GERAL.....	32
AQUÍFERO GUARANI.....	32
AQUÍFERO PALEOZOICO .....	33
VULNERABILIDADE.....	34
CONSERVAÇÃO .....	36
MONITORAMENTO.....	40
<b>CAPÍTULO II - TERRA</b> .....	<b>42</b>
GEOLOGIA.....	42
O TEMPO GEOLÓGICO.....	43
DADOS DE CARTOGRAFIA GEOLÓGICA.....	45
O CICLO DAS ROCHAS.....	46
ESTRATIGRAFIA.....	49
COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOLÓGICA .....	50
GEOLOGIA DA AMCESPAR .....	51
REGISTRO FOSSILÍFERO .....	58
FÓSSEIS NA AMCESPAR .....	59
GEODIVERSIDADE E PATRIMÔNIO GEOLÓGICO .....	61
RISCO GEOLÓGICO.....	65
RECURSOS MINERAIS.....	68



**INSTITUTO  
ÁGUA E TERRA**

POTENCIALIDADE MINERAL NA AMCESPAR.....	68
PROCESSOS MINERÁRIOS.....	72
COMPENSAÇÃO FINANCEIRA PELA EXPLORAÇÃO DE RECURSOS MINERAIS (CFEM) .....	77
RECOMENDAÇÕES E CONCLUSÕES .....	80
REFERÊNCIAS .....	82
GLOSSÁRIO .....	84

## 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 entidades 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
ASSOMEÇ	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 Centro Sul do Paraná (AMCESPAR), uma das entidades municipalistas, reúne 10 municípios (Figura1) na região centro-sul do Paraná. Assim como as outras entidades, a AMCESPAR 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 AMCESPAR, que tem Irati como cidade polo, abrange os municípios de Fernandes Pinheiro, Guamiranga, Imbituva, Inácio Martins, Irati, Mallet, Prudentópolis, Rebouças, Rio Azul e Teixeira Soares.

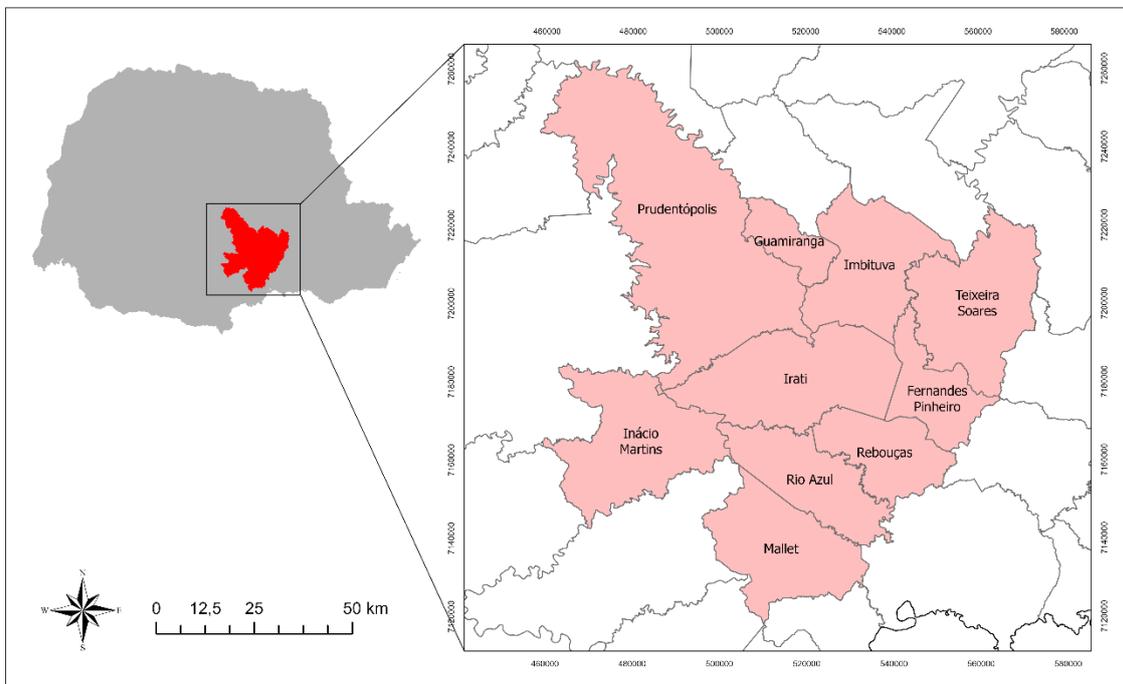


Figura 1. Localização da Associação dos Municípios do Centro Sul do Paraná, AMCESPAR. Fonte de dados: Instituto Água e Terra/PR.

A Associação dos Municípios do Centro Sul do Paraná compreende uma área de mais de 8340 km<sup>2</sup>, representando um pouco mais que 4% do território estadual e com uma estimativa atual de 227 mil habitantes (Tabela 2).



*Tabela 2. Dados geoeconômicos dos municípios da AMCESPAR. Fonte de dados: IBGE (2010; 2017; 2019) e ITCG (2019)*

<b>Município</b>	<b>Área em km<sup>2</sup> (ITCG/2019)</b>	<b>PIB per capita (IBGE/2017)</b>	<b>População censo (IBGE/2010)</b>	<b>População estimada (IBGE/2019)</b>
Fernandes Pinheiro	404,496	R\$ 29.554,00	5.932	5.646
Guamiranga	243,549	R\$ 31.042,00	7.900	8.739
Imbituva	760,546	R\$ 26.187,00	28.455	32.564
Inácio Martins	938,627	R\$ 15.483,00	10.943	11.125
Irati	1000,001	R\$ 29.692,00	56.207	60.727
Mallet	752,022	R\$ 48.019,00	12.973	13.630
Prudentópolis	2257,711	R\$ 22.488,00	48.792	52.241
Rebouças	481,307	R\$ 24.136,00	14.176	14.899
Rio Azul	600,793	R\$ 36.163,00	14.093	15.236
Teixeira Soares	901,769	R\$ 29.287,00	10.283	12.367
<b>Total</b>	<b>8340,821</b>	<b>-</b>	<b>181.299</b>	<b>227.174</b>

## 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	

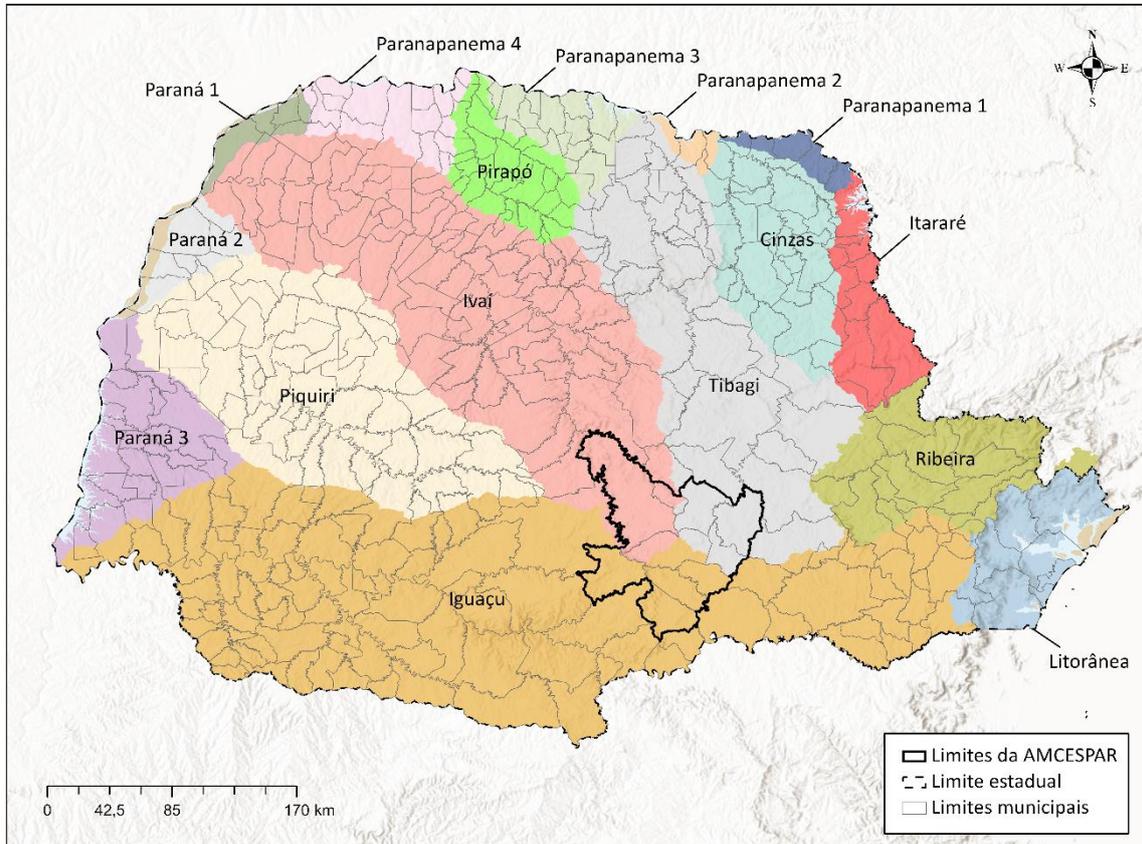


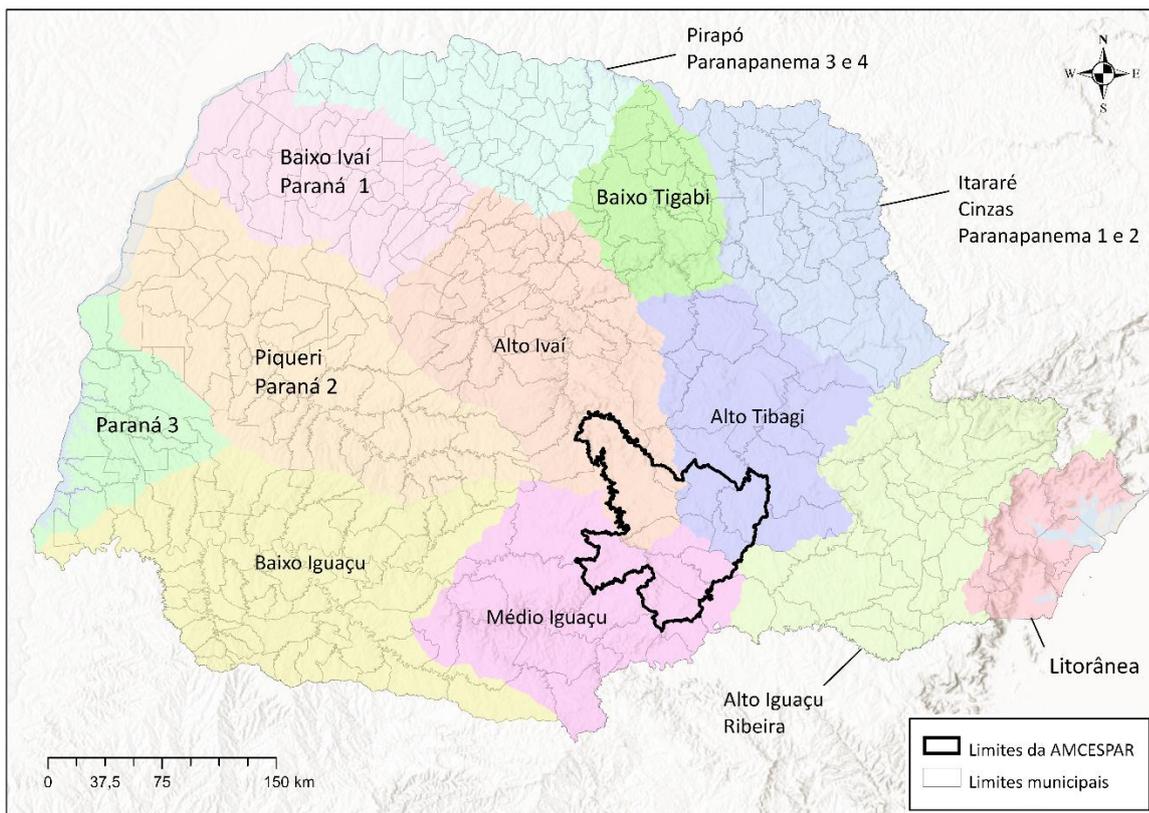
Figura 3. Bacias hidrográficas do Paraná. Destaque para os limites da AMCESPAR.

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 AMCESPAR.*

A Associação dos Municípios do Centro Sul do Paraná 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: Iguaçu, Ivaí, Tibagi.

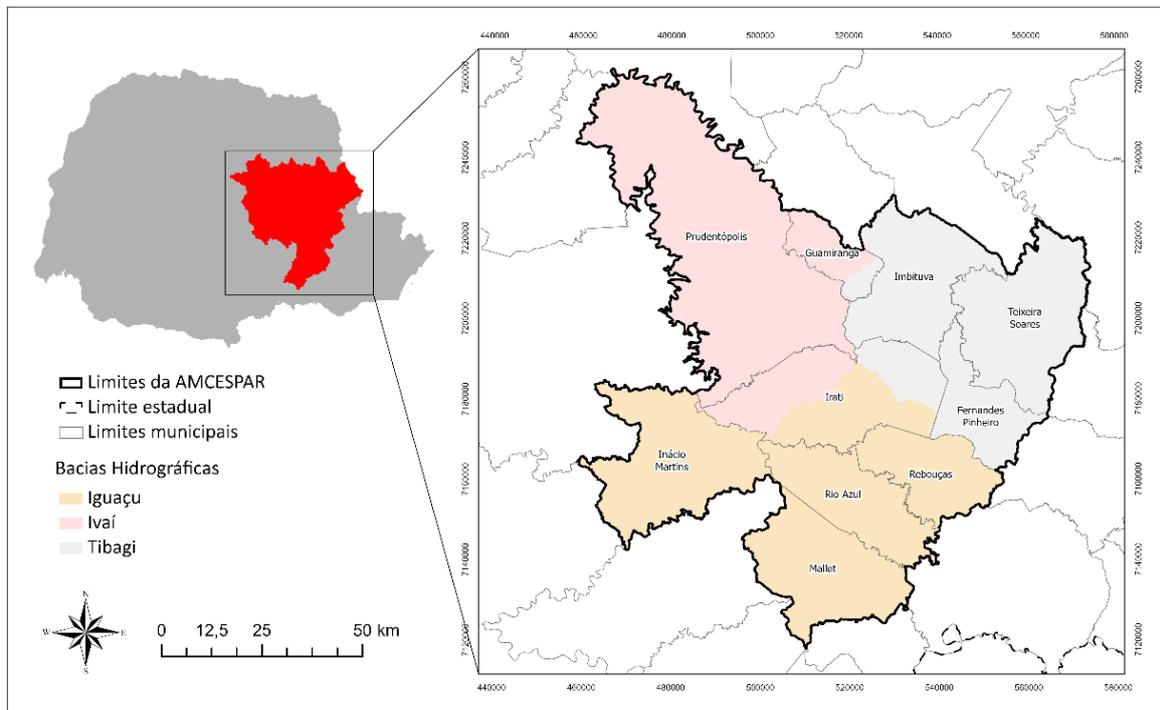


Figura 5. Bacias hidrográficas presentes na AMCESPAR. (Fonte de dados: Águas Paraná).

## BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IGUAÇU

Considerado o maior rio totalmente paranaense, o rio Iguaçu é formado pelo encontro dos rios Irai e Atuba na parte leste do município de Curitiba, na divisa com o município de Pinhais. Os referidos rios são originados na borda ocidental da Serra do Mar, seguindo seu curso de 1320 km cruzando os três planaltos paranaenses até desaguar no Rio Paraná.

Os principais rios contribuintes da bacia do Iguaçu são: Irai, Atuba, Passaúna, Barigui, Verde, Passa Dois, da Várzea, Chopin, Palmital, Cavernoso, Adelaide, Gonçalves Dias, Castro Alves, Ampére e Silva Jardim. Considerando a soma das áreas do Brasil e da Argentina, a bacia do Rio Iguaçu cobre uma superfície aproximada de 70.800 km<sup>2</sup>. Destaque para as Cataratas do Iguaçu, considerada a oitava maravilha do mundo. As maiores quedas em volume d'água do planeta que despencam em uma profunda fenda de erosão, formando 272 saltos, com um desnível médio de 72 m, e um volume médio de 1.551 m<sup>3</sup>/segundo no município de Foz do Iguaçu.



A bacia hidrográfica do rio Iguaçu (Figura 6) possui uma área total, dentro do estado do Paraná, de 54.820,4 Km<sup>2</sup> (SEMA, 2007), cerca de 28% da área total do estado. Ressalta-se que a Bacia do Iguaçu está dividida nas seguintes Unidades Hidrográficas de Gestão de Recursos Hídricos, de acordo com a Resolução Nº 49/2006/CERH/PR: Baixo Iguaçu, Médio Iguaçu e Alto Iguaçu, esta última agrupada à Bacia do Ribeira.

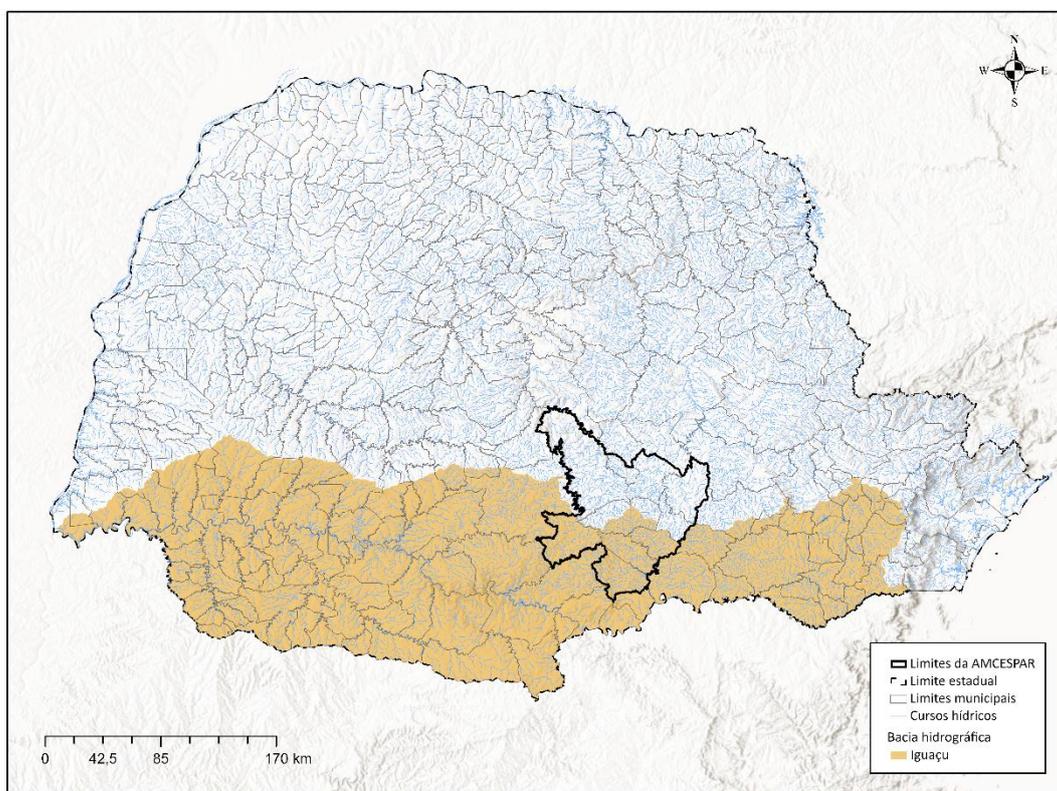


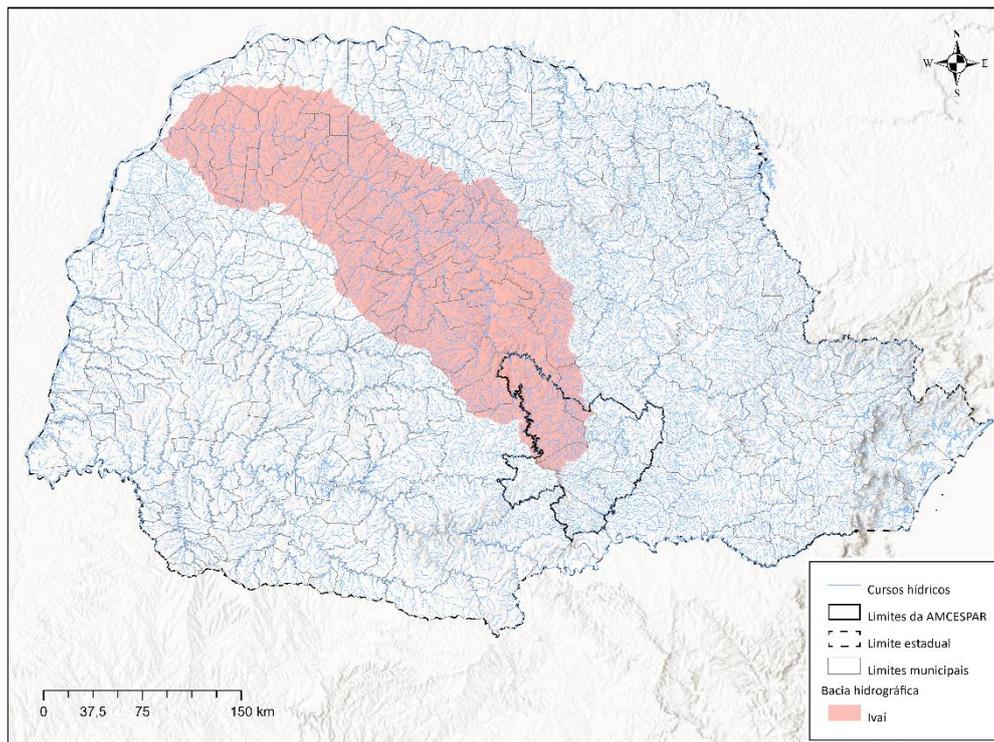
Figura 6. Bacia hidrográfica do rio Iguaçu. Destaque para os limites da AMCESPAR. (Fonte de dados: Águas Paraná).

## BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IVAÍ

A bacia hidrográfica do rio Ivaí (Figura 7) possui uma área total de 36.540,0 Km<sup>2</sup> (SEMA-2007), cerca de 19% da área do estado. Essa bacia está dividida nas seguintes Unidades Hidrográficas de Gestão de Recursos Hídricos: Alto Ivaí e Baixo Ivaí, esta última agrupada à bacia do Paraná 1. Trata-se da segunda maior em área e o rio é o segundo maior em extensão do estado do Paraná. O rio Ivaí nasce no município de Prudentópolis na confluência das águas do rio dos Patos com o rio São João no segundo planalto e tem



sua foz no rio Paraná, no município de Doutor Camargo. Seus principais afluentes são os rios Alonso, Paranaíba e das Antas, pela margem direita e os rios Corumbataí, Mourão, Ligeiro e dos Índios, pela margem esquerda.



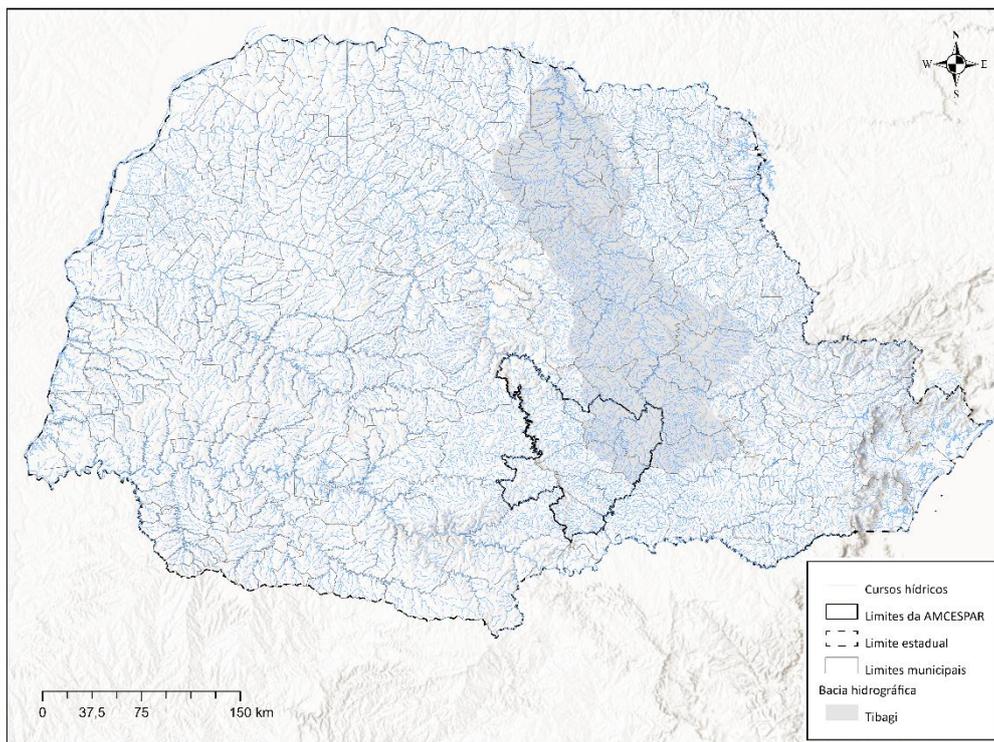
*Figura 7. Bacia hidrográfica do rio Ivaí. Destaque para os limites da AMCESPAR. (Fonte de dados: Águas Paraná).*

## BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO TIBAGI

A Bacia Hidrográfica do Tibagi (Figura 8) possui uma área total de 24.937,4 km<sup>2</sup> (SEMA, 2007) - cerca de 13% da área do estado. Ressalta-se que a bacia do Tibagi está dividida nas seguintes Unidades Hidrográficas de Gestão de Recursos Hídricos: Alto Tibagi e Baixo Tibagi. O rio Tibagi tem como principais afluentes na margem esquerda os rios Taquara, ribeirão dos Apertados e ribeirão Três Bocas. Na margem direita os maiores contribuintes são os rios Iapó, São Jerônimo e Congonhas.



O rio Tibagi possui 550 quilômetros de extensão com 91 saltos e cachoeiras, sua nascente está localizada na Serra das Almas entre Ponta Grossa e Palmeira a 1.100 metros de altitude e deságua no reservatório da Usina Hidrelétrica de Capivara no Rio Paranapanema, a 298 metros de altitude.



*Figura 8. Bacia hidrográfica do rio Tibagi. Destaque para os limites da AMCESPAR. (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.

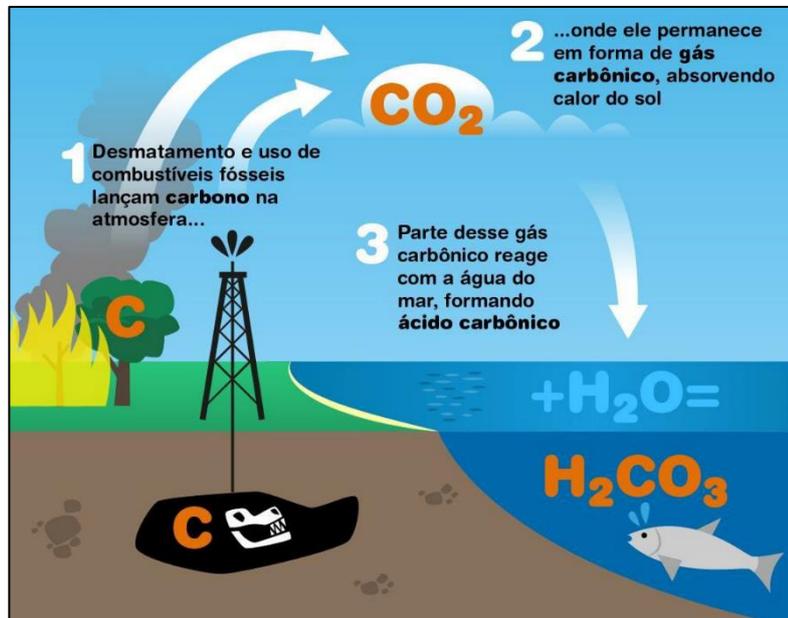


Figura 11. Processo de acidificação de recursos hídricos superficiais (Fonte de imagem: Patrulha Ambiental Itinerante).

## 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 carregados 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



**INSTITUTO  
ÁGUA E TERRA**

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).

<b>Atividades agrícolas</b>	<b>Impactos</b>
<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>

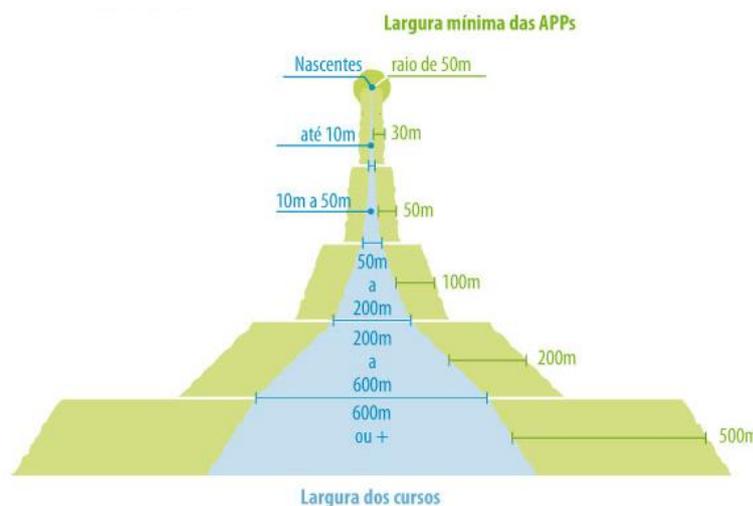
### ÁREA DE PRESERVAÇÃO PERMANENTE (APP)

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), distribuída ao longo dos cursos de rios e bacias hidrográficas.



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

<b>Baciais</b>	<b>Estações</b>
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/opsdashboard/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, compondo uma parcela significativa da água potável utilizada para consumo humano, agricultura e outros fins, o acompanhamento das condições das águas subterrâneas é muito importante.

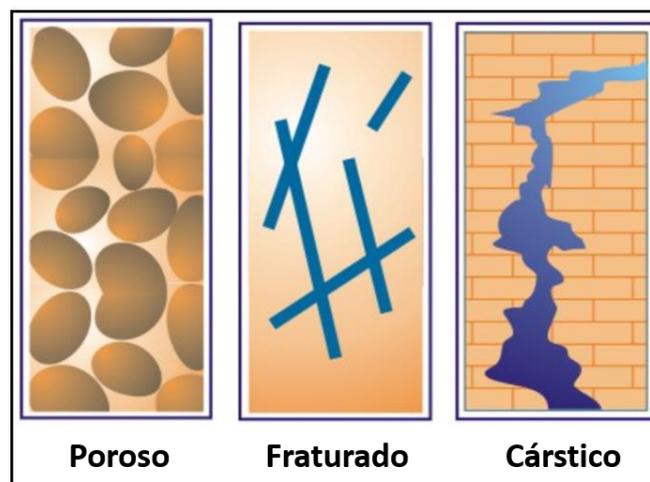


Figura 14. Esquema ilustrativo dos tipos de aquíferos (Fonte de imagem: Kelly Alberto).

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) (3%).

Na Associação dos Municípios do Centro Sul do Paraná, estão presentes 6 das 11 das unidades aquíferas do Paraná, sendo elas: Serra Geral Sul, Guarani, Paleozoico Superior, Paleozoico Médio Superior e, em menos expressividade, Paleozoico Inferior (nordeste de Teixeira Soares) e Serra Geral Norte (oeste de Prudentópolis).

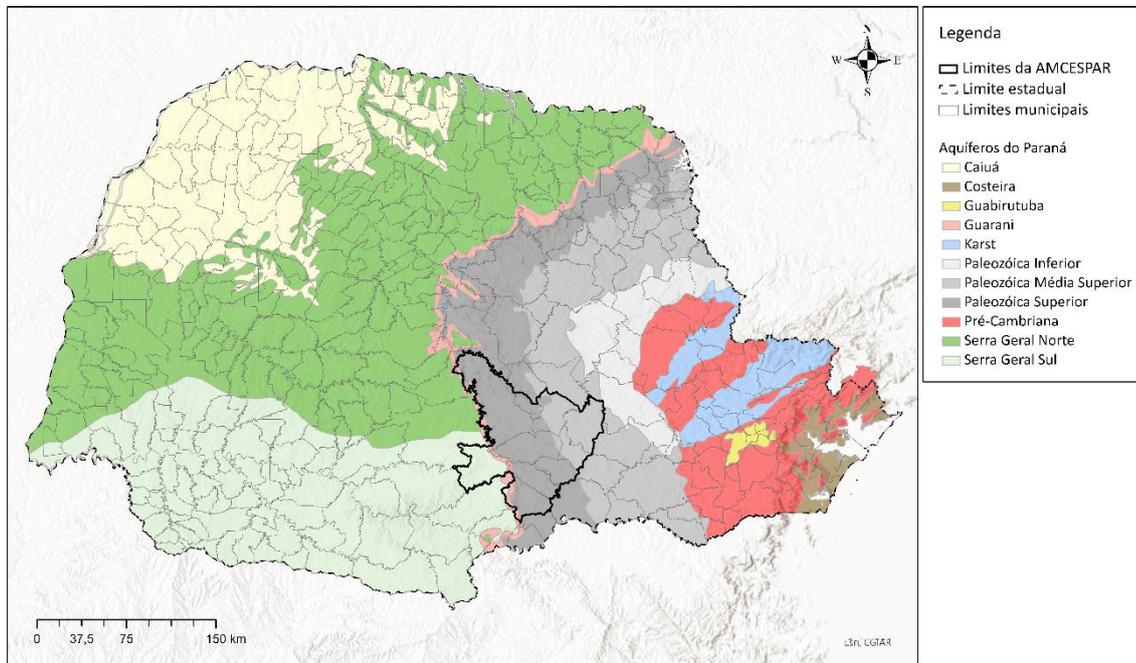


Figura 15. Unidades Aquíferas do Paraná, destaque para a Associação dos Municípios do Centro Sul do Paraná. (Fonte de dados: Águas Paraná).

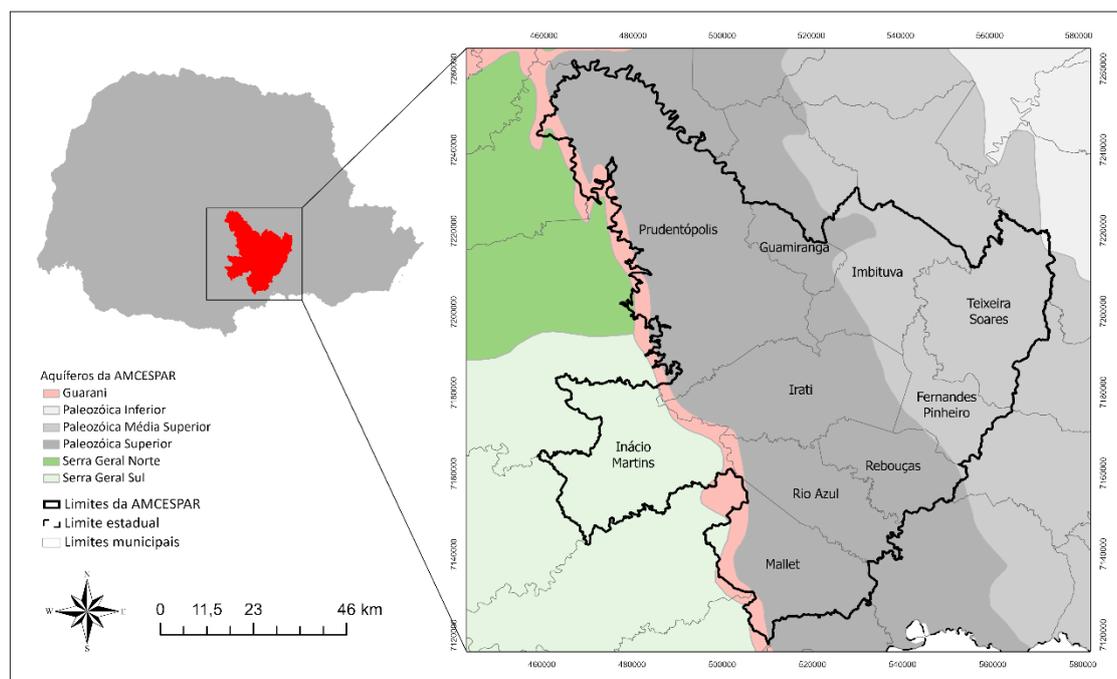


Figura 16. Unidades Aquíferas da Associação dos Municípios do Centro Sul do Paraná. (Fonte de dados: Águas Paraná).

## 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).

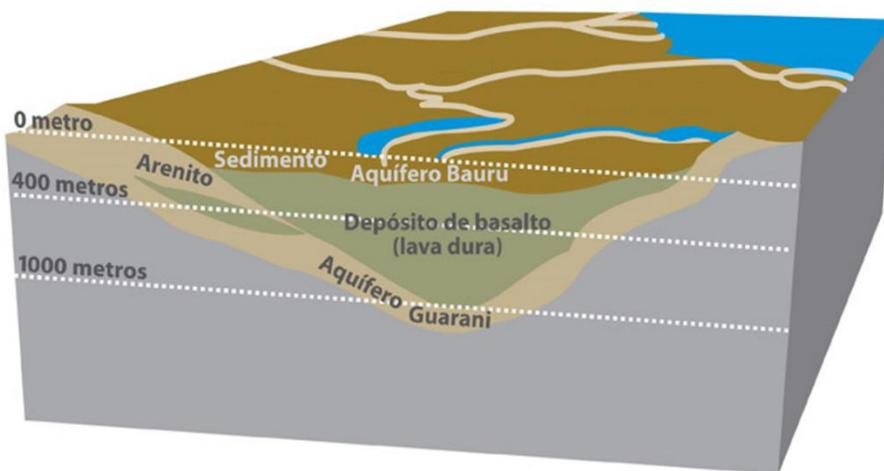


Figura 17. Aquífero Guarani sob as rochas basálticas (Fonte de imagem: UNESP).

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 em 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)*

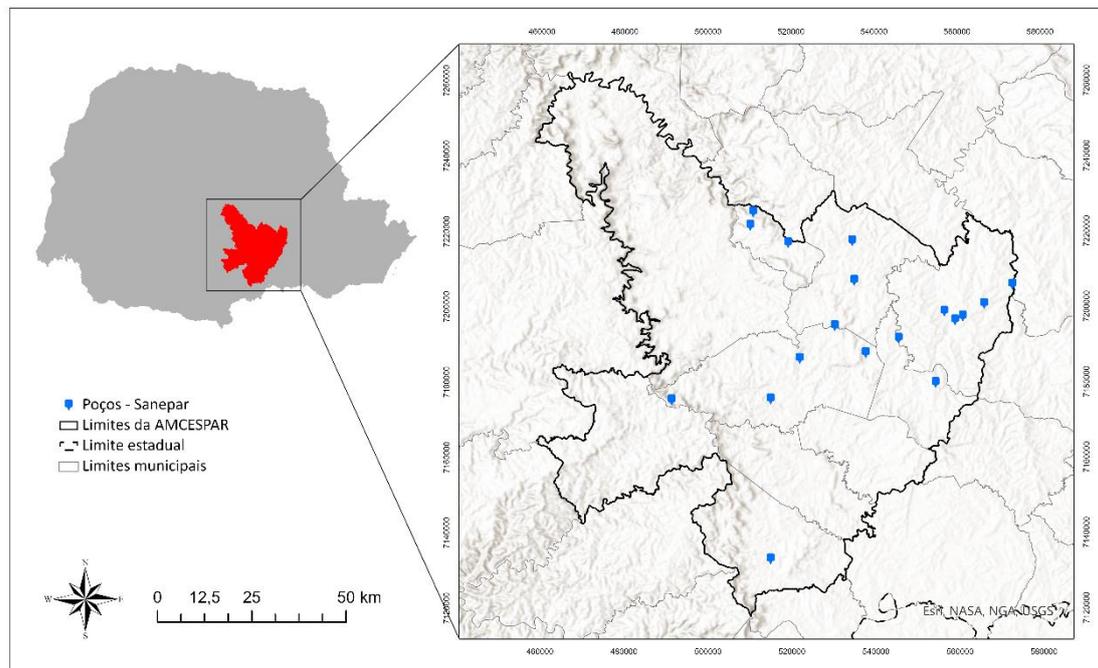
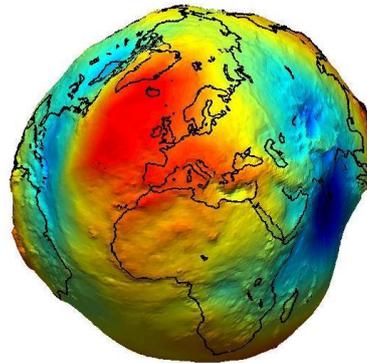


Figura 20. Poços de monitoramento em operação (Fonde de dados: Sanepar).



## 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 mineral**, 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 distribuíaam 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			
Cambriano			
Proterozoico	Neoproterozoico	Ediacarano	541 Ma
		Criogeniano	
		Toniano	
	Mesoproterozoico	Steniano	
		Ectasiano	
		Calymmiano	
	Paleoproterozoico	Statheriano	
		Orosiriano	
		Rhyaciano	
		Sideriano	
Arqueano	Neoarqueano	2500 Ma	
	Mesoarqueano		
	Paleoarqueano		
	Eoarqueano		
Hadeano		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 ou cartas. A região da AMCESPAR (Figura 23) encontra-se inserida em 4 folhas geológicas 1:250.000 (MINEROPAR, 2006): Campo Mourão (SG.22-V-B), Guarapuava (SG.22-V-D), Ponta Grossa (SG.22-X-C) e Mafra (SG.22-Z-A).

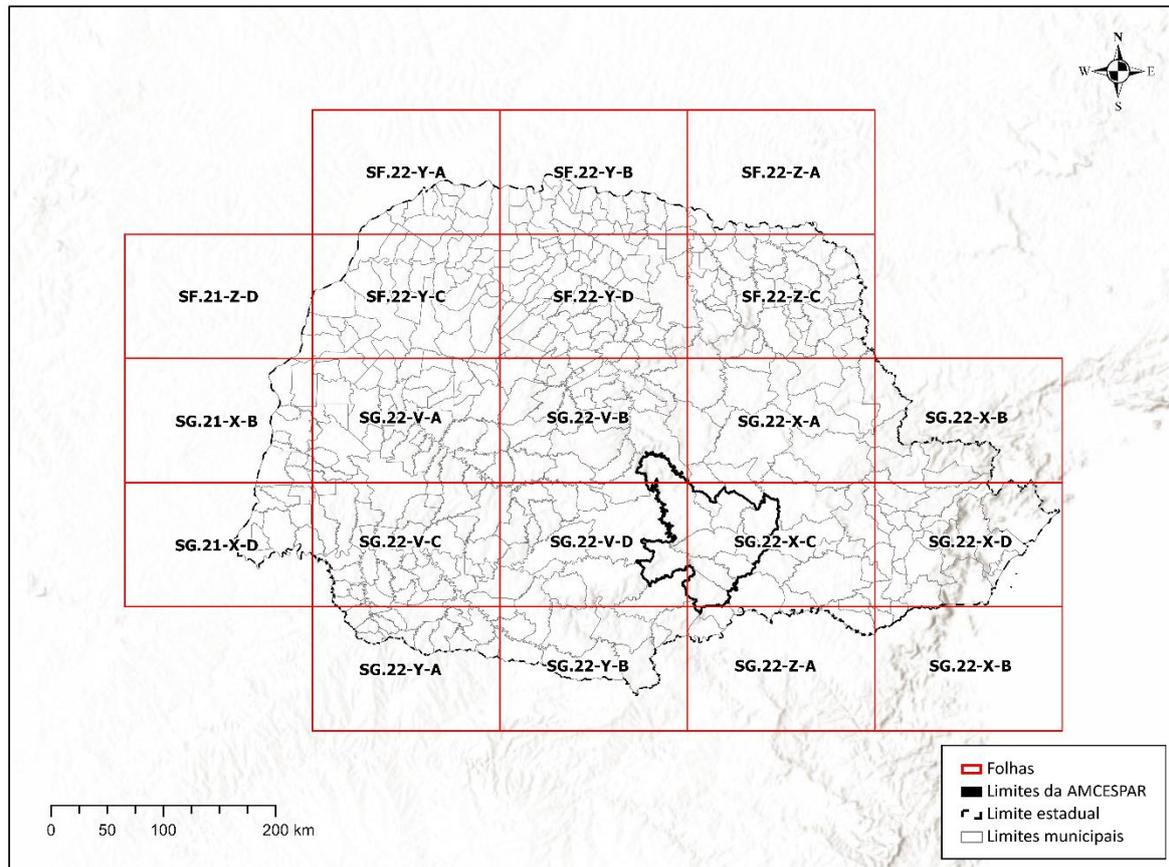


Figura 23. Folhas geológicas dos Paraná 1:250.000 (Fonte de dados: MINEROPAR).

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).

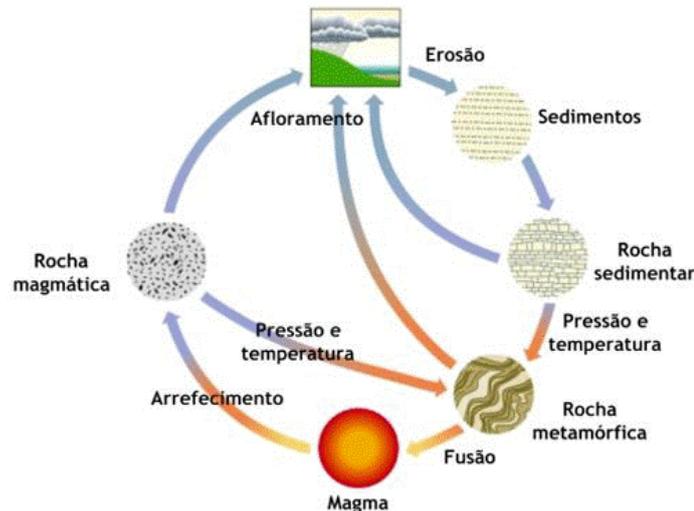


Figura 24. Ciclo das rochas. (Fonte de imagem: CienTIC).

## 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 em 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	 Ardósia	 Conglomerado
 Diorito	 Quartzito	 Calcário
 Gabro	 Gnaiss	 Arenito
 Basalto	 Mármore	 Argilito

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

## 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 quatro 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.

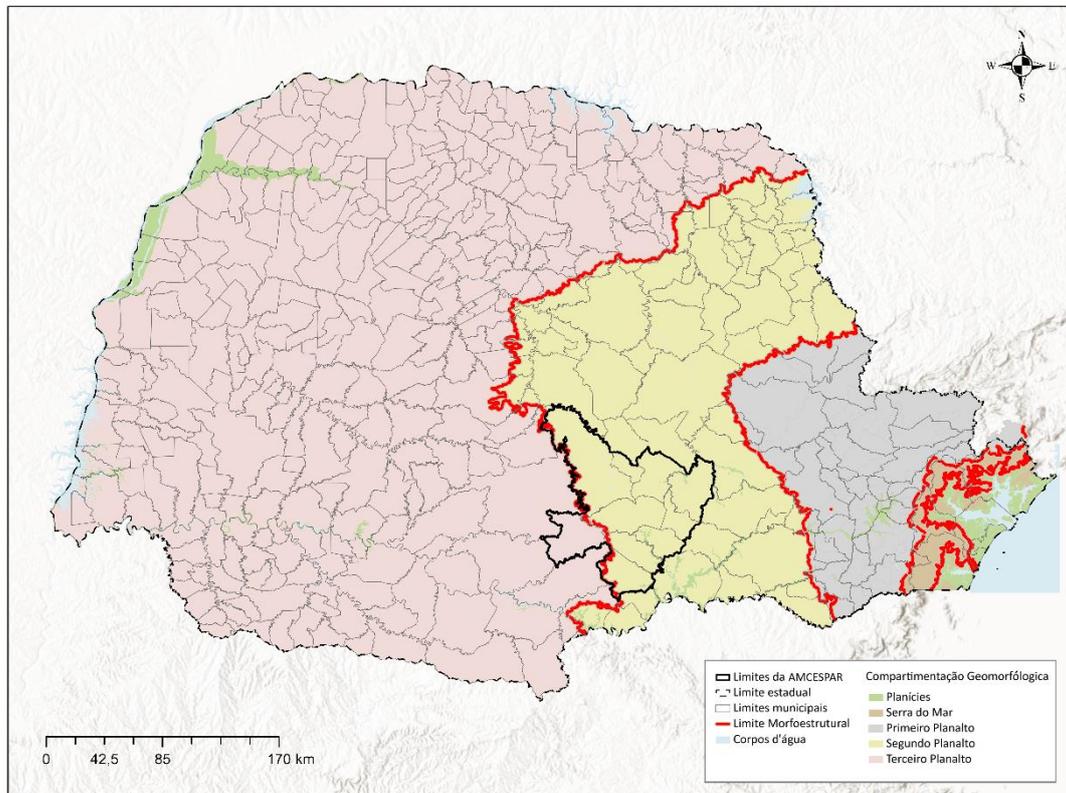


Figura 26. Compartimentação geomorfológica do Paraná.

## GEOLOGIA DA AMCESPAR

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

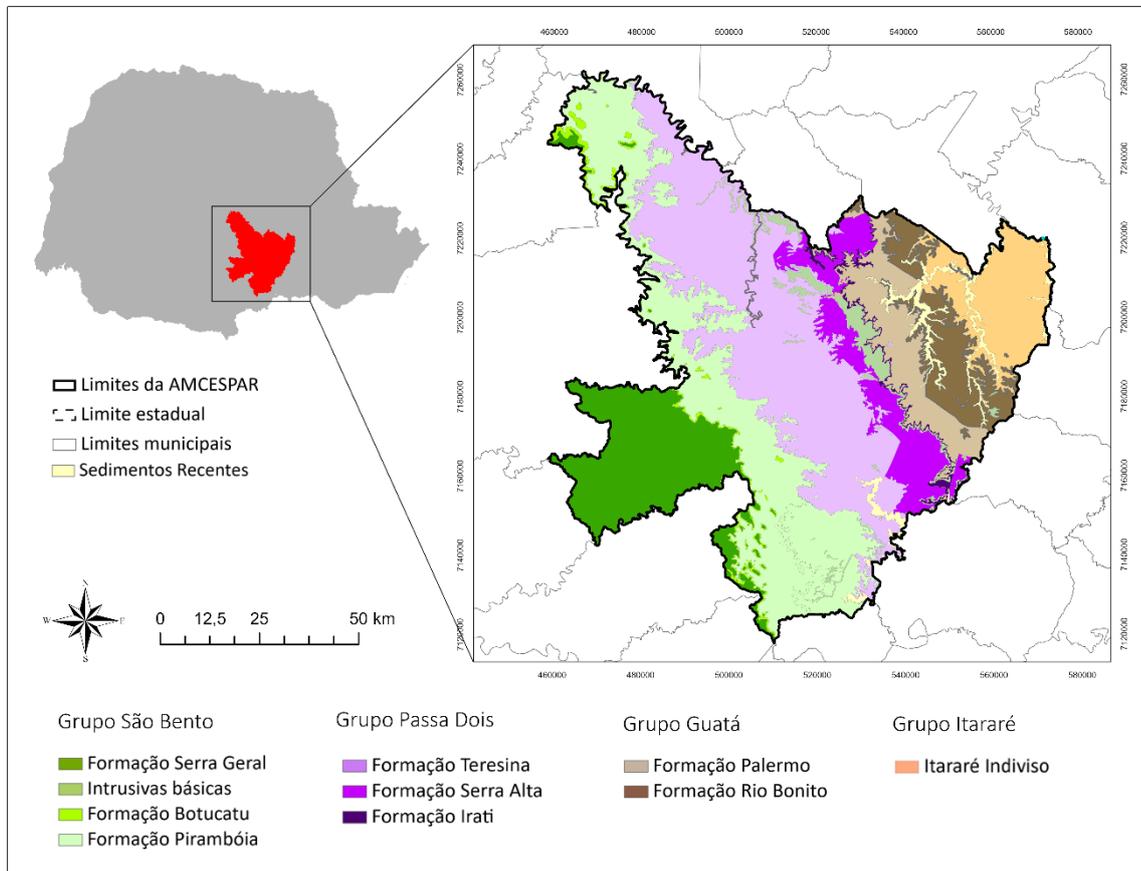


Figura 27. Contexto geológico da Associação de Municípios do Centro Sul do Paraná (Fonte de dados: Mineropar).

## 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 AMCESPAR, 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 AMCESPAR, o Grupo São Bento está localizado na região oeste, abrangendo, de forma mais expressiva, os municípios de Inácio Martins, Prudentópolis, Mallet, Rio Azul e Irati. Além disso, as intrusões básicas estão mais presentes em uma faixa NW-SE, passando por Guamiranga, Imbituva, Irati, Fernandes Pinheiro e Rebouças (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).

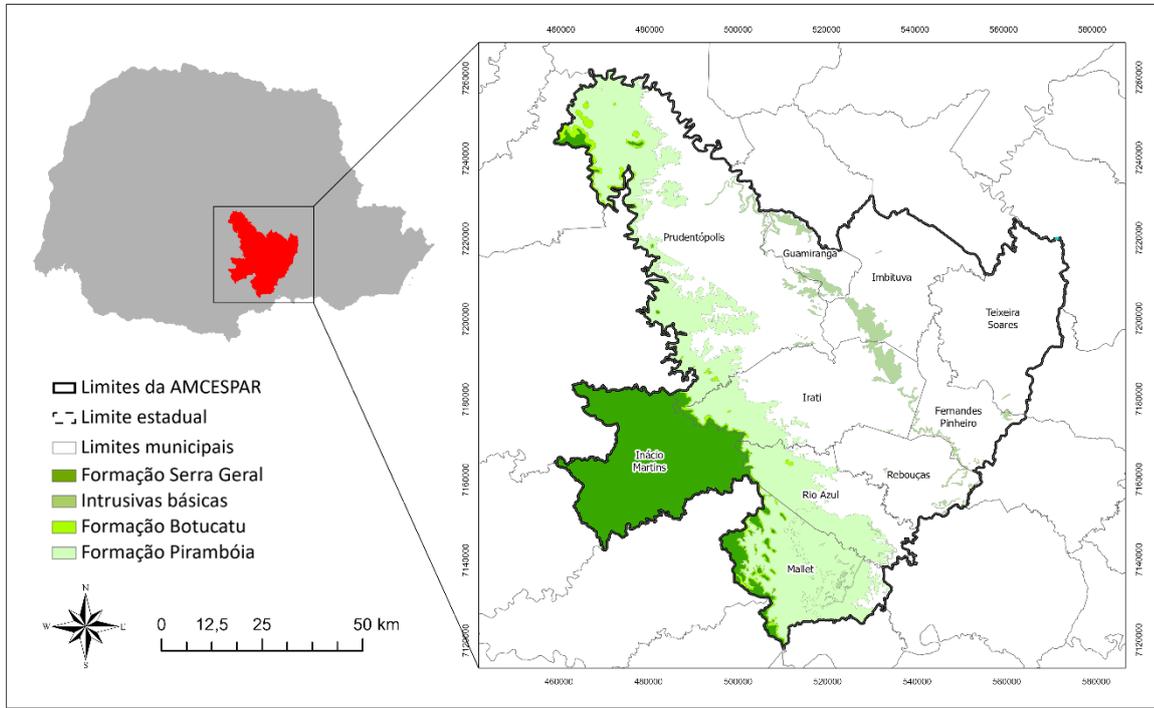


Figura 28. Distribuição das rochas pertencentes ao Grupo São Bento, na Associação de Municípios do Centro Sul do Paraná (Fonte de Dados: Mineropar).

## 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 AMCESPAR, as rochas do Grupo Passa Dois estão localizadas em uma faixa sentido NW, abrangendo predominantemente os municípios de Prudentópolis, Guamiranga, Imbituva, Irati, Rebouças e Rio Azul (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.

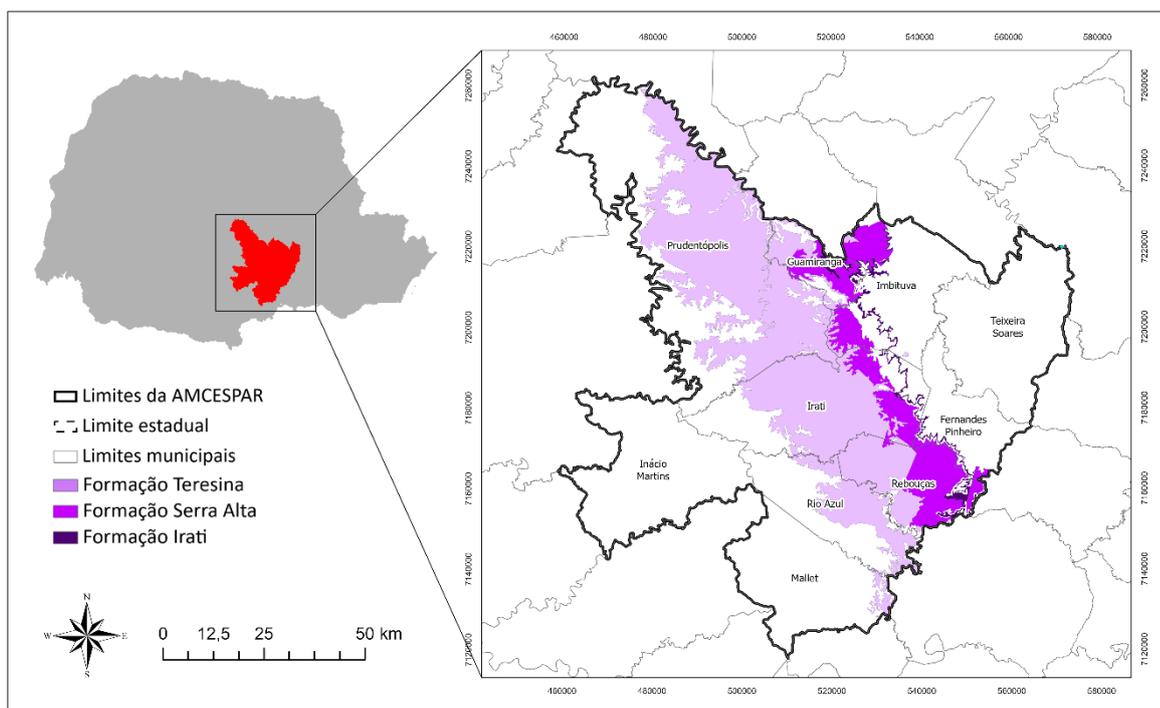


Figura 29. Distribuição das rochas pertencentes ao Grupo Passa Dois, na Associação de Municípios do Centro Sul do Paraná (Fonte de Dados: Mineropar).

## **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 AMCESPAR, as rochas desse grupo estão presentes na região nordeste, abrangendo predominantemente os municípios de Imbituva, Fernandes Pinheiro e Teixeira Soares (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).

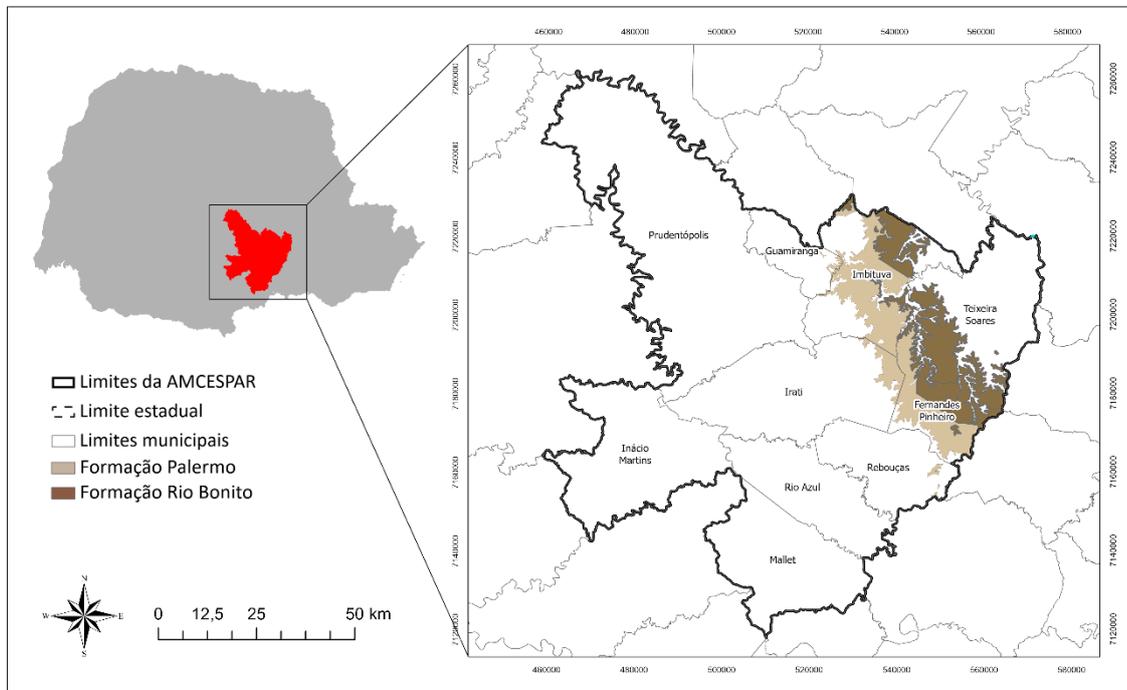


Figura 30. Distribuição das rochas pertencentes ao Grupo Guatá, na Associação de Municípios do Centro Sul do Paraná (Fonte de Dados: Mineropar).

## 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 AMCESPAR, o Grupo Itararé é indiviso e está localizado predominantemente no município de Teixeira Soares e em parte do município de Imbituva (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.

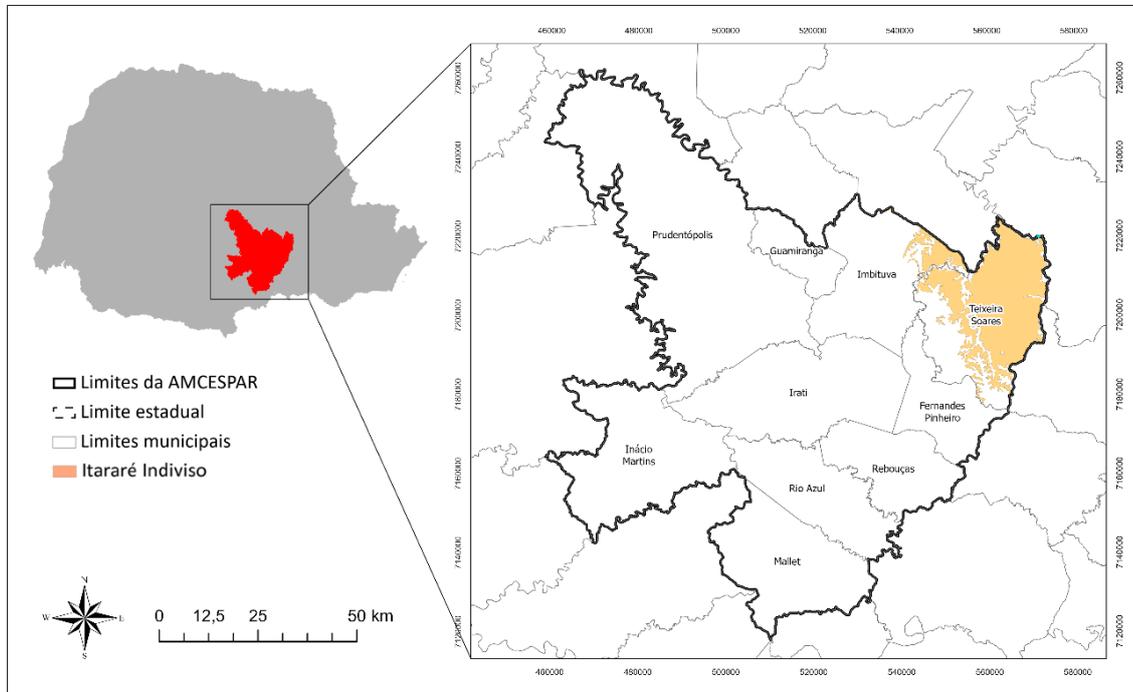


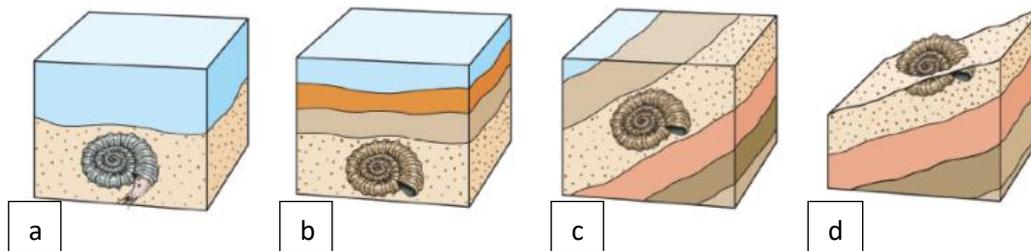
Figura 31. Distribuição das rochas pertencentes ao Grupo Itararé, na Associação de Municípios do Centro Sul do Paraná (Fonte de Dados: Mineropar).

## 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 AMCESPAR

A região da AMCESPAR apresenta afloramentos rochosos excêntricos com conteúdo fossilífero bastante importante para paleontologia brasileira e mundial. Há um destaque especial para os municípios de Irati e Prudentópolis. No primeiro, em rochas escuras e betuminosas da Formação de mesmo nome (Irati), ocorrem registros de um animal chamado de *mesosauros*. No segundo, nos sedimentos da Formação Teresina, os registros fossilíferos são representados por coquinas e troncos fósseis de árvores coníferas.

Os fósseis de *Mesosaurus tenuidens* (Figura 33-a) são registros de um pequeno réptil aquático que viveu há cerca de 280 milhões de anos (Figura 33-b). Estes animais atingiam um pouco mais de 1 metro de comprimento, apresentavam o corpo longo e esguio, com uma longa cauda utilizada como órgão propulsor, mãos e pés dotados de membranas interdigitais, cabeça pequena e afilada com boca munida de longos e

finos dentes para captura de pequenos crustáceos. Além disso, há registros fossilíferos de pegadas subaquáticas desse animal pré-histórico (Figura 33-c).

Em Prudentópolis, o sítio paleontológico Pinheiro de Pedra é uma grande atração que une ciência e turismo. Neste sítio são encontrados troncos fósseis de árvores coníferas que viveram entre 260 e 270 milhões de anos, durante o Período Geológico Permiano, e ficaram preservados em sedimentos da Formação Teresina, pertencente à Bacia do Paraná. A descoberta desses registros foi apontada como uma das mais importantes ocorrências brasileiras de troncos fossilizados (Figura 33-d).

Outro registro de atividade biológica fossilizada, é a ocorrência de coquinas entre folhelhos da Formação Teresina, na região da AMCESPAR. O fóssil é a rocha constituída por acúmulo de conchas de moluscos bivalves (Figura 33-e).

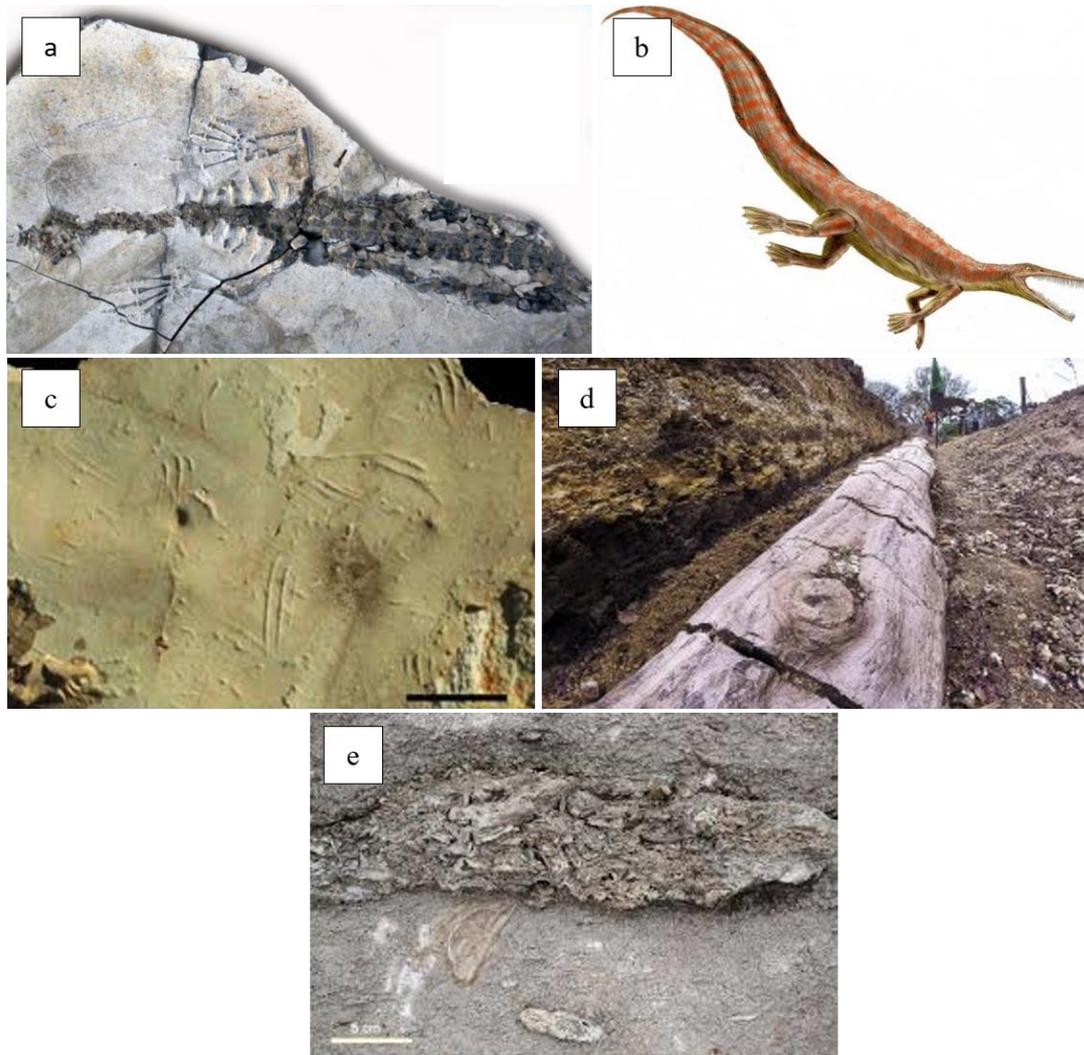


Figura 33. a) Registro fossilífero de mesossauros; b) Ilustração representativa de um mesossauros; c) Pegadas subaquáticas; d) Conífera petrificada em Prudentópolis; e) Nível de coquina entre folhelhos da Formação Teresina (Fonte de imagens: Sedor).

## 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.

Na região da AMCESPAR, os municípios de Irati e Prudentópolis também se destacam como importantes destinos turísticos com vistas à apreciação de geodiversidade.

- (1) A **Cachoeira de Itapará**, localizada no distrito de Itapará, em Irati, é uma das inúmeras belezas naturais da região. Turistas de vários lugares visitam o lugar e reúnem-se próximo à queda d'água para se divertir e aproveitar um delicioso almoço, especialmente, aos domingos. Além disso, muitos entre os visitantes costumam instalar barracas e pernoitarem no local; outros aproveitam para pescar nas cercanias das quedas d'água. A cachoeira está instalada nos arenitos e siltitos da Formação Rio do Rastro (Figura 34-a).
- (2) A **Cachoeira do Pinho**, localizada a 12km do centro de Irati, é uma atração cada vez mais popular na região. O local é procurado para visitação por turistas de vários locais, sobretudo, àqueles interessados em esportes de aventura. A cachoeira desenvolvida sobre soleiras de diabásio é frequentemente utilizada pela comunidade local e visitantes para um banho único e capaz de revigorar as energias (Figura 34-b).

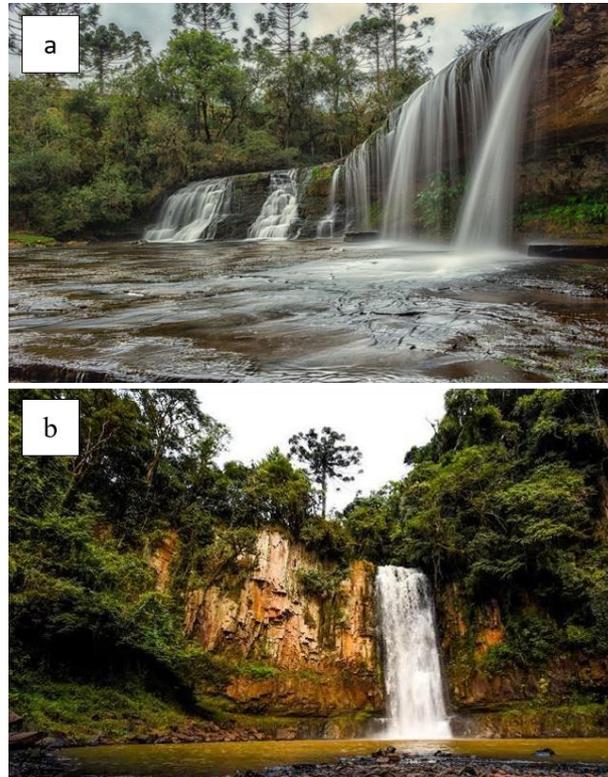


Figura 34. a) Cachoeira de Itapará, instalada nos arenitos e siltitos da Formação Rio do Rastro; b) Cachoeira do Pinho, desenvolvida sobre soleiras de diabásio (Fonte de imagens: Eliton Sloma e Cesardelong).

- (3) O **Salto Sete** é uma das inúmeras cachoeiras que atraem turistas de lugares diversos. Localizada a 7 km do centro do município de Prudentópolis, o salto possui uma altura de 70 metros. Prudentópolis é conhecido como a “Terra das Cachoeiras Gigantes”. A região é constituída por terras acidentadas que formam diversos canions instalados em meio rochas areníticas e, sobretudo, em um tipo de rocha denominada diabásio (Figura 35-a).
- (4) O **Salto Barão do Rio Branco**, um dos diversos saltos em Prudentópolis, possui cerca de 64 metros de altura e significativo volume de águas (Figura 35-b). Além de sediar um ponto de interesse geológico e turístico, o salto também é utilizado para a geração de energia elétrica através de uma PCH (Pequena Central Hidrelétrica). O salto está localizado no rio dos Patos.
- (5) O **Salto São Francisco** é um atrativo muito frequentado por turistas e moradores da região (Figura 35-c), é considerado uma das maiores cachoeiras do Sul do Brasil. Com áreas para acampamento selvagem e uma trilha bem demarcada, os frequentadores do Salto São Francisco podem desfrutar que um dia de lazer. O salto está localizado em uma tríplice divisa dos municípios de Guarapuava, Prudentópolis e Turvo.



O **Pinheiro de Pedra**, descrito na seção Fósseis da AMCESPAR, está localizado em Faxinal do Taboãozinho, no município de Prudentópolis. Esse atrativo é uma das maiores descobertas paleontológicas relacionadas à troncos fossilizados no Brasil e recebe inúmeros visitantes todos os anos (Figura 35-d).

(6)



*Figura 35. a) Salto Sete; b) Salto Barão do Rio Branco; c) Salto São Francisco; d) Pinheiro de Pedra (Fonte de Imagens: TripAdvisor e RSN)*

## 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 36) 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.

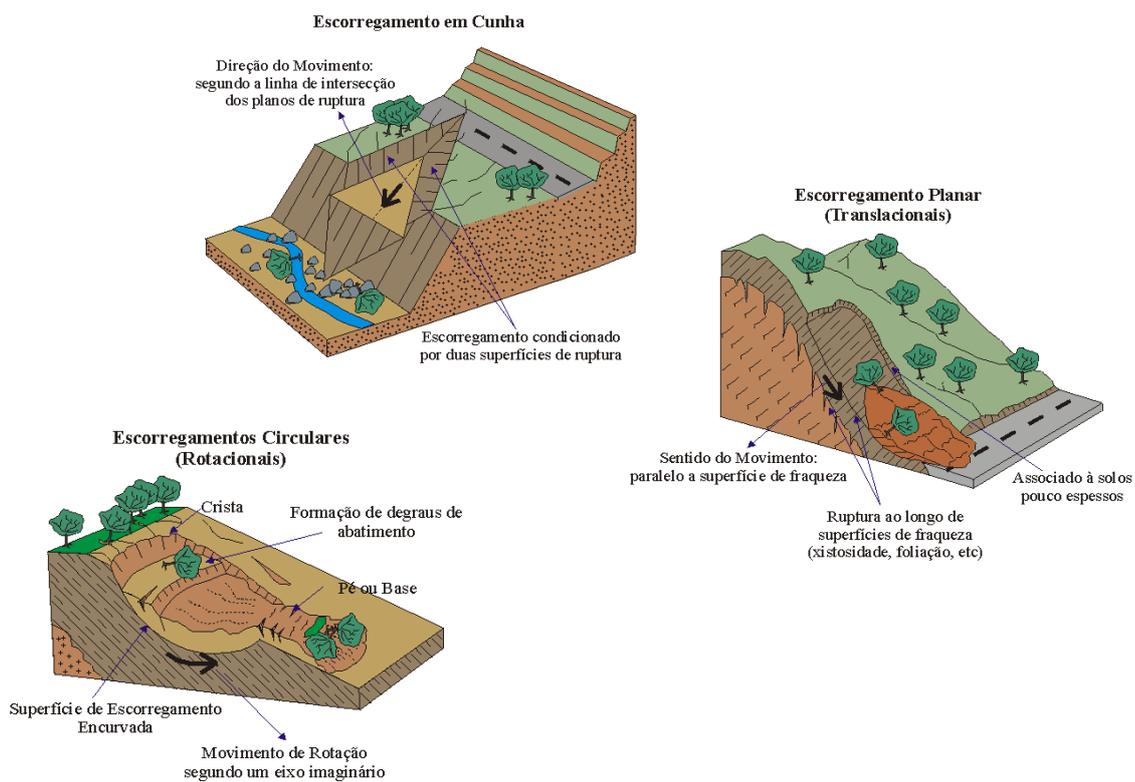


Figura 36. Caracterização dos principais tipos de escorregamentos (Fonte de imagens: IG/SP).



O número de ocorrências de escorregamentos/deslizamentos registradas pela Defesa Civil na região da AMCESPAR, entre os anos de 2010 e 2020, é apresentado na Figura 37. Outras formas de riscos geológicos também podem ser acessadas no site do órgão. O município de Prudentópolis foi o mais afetado com um total de 2 registros no período analisado.

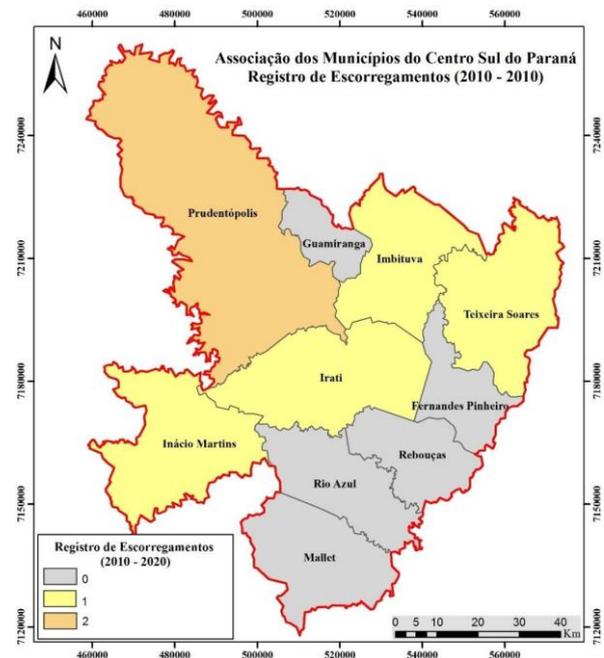


Figura 37. Ocorrência de escorregamentos registrada pela Defesa Civil entre os anos de 2010 e 2020 nos municípios da AMCESPAR.

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.

Na AMCESPAR, os principais recursos minerais explorados são: argila, areia, diabásio e água mineral.

## POTENCIALIDADE MINERAL NA AMCESPAR

A grande diversidade de grupos e formações geológicas na região da AMCESPAR 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 AMCESPAR (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



## **AREIA**

As areias (material inconsolidado) são constituídas predominantemente por quartzo (sílica). As areias são classificadas de acordo com a granulometria (entre 0,075 e 2,0 mm), o formato dos grãos e a pureza. De modo geral, elas são empregadas, principalmente, no preparo de argamassa e concreto e classificadas comercialmente como areia bruta, lavada ou 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).

Na região da AMCESPAR, os principais processos minerários referentes a areia estão associados aos municípios de Irati, Prudentópolis, Inácio Martins, Imbituva e Teixeira Soares.

## **ARGILA**

A argila é um material natural de granulometria fina composta por uma variedade de minerais. As rochas formadas a partir da litificação (endurecimento) das partículas de argila são denominadas argilitos. As argilas são comuns na indústria de cerâmica vermelha. Elas queimam a temperaturas entre 750 e 1000°C e apresentam tons avermelhados, já que possuem quantidades apreciáveis de óxidos de ferro em sua estrutura. Outros tipos de argila, chamadas de argila industrial, quando utilizadas em cerâmica de pisos e azulejos, louças, porcelanas e refratários, são queimados em temperatura mais elevadas, entre 1100 e 1450°C.

Os produtos da cerâmica vermelha são empregados na construção de edificações e em obras de saneamento. Os principais produtos são tijolos, telhas, blocos, ladrilhos, lajotas, manilhas, tubos cerâmicos e utensílios domésticos, tais como potes e vasos. Na região da AMCESPAR os municípios que se destacam em processos que envolvem argila e argilito são Prudentópolis, Irati, Rio Azul, Rebouças e Guamiranga.

## **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, gnaise, migmatito, granito e calcário. As britas produzidas no embasamento cristalino são de granito, gnaise, 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 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).

Na região da AMCESPAR, os municípios de Rebouças, Fernandes Pinheiro, Rio azul, Imbituva, Irati e Prudentópolis apresentam processos minerários referentes à aquisição de rochas para produção de brita como basalto.

## 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 38 e 39) 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 38. 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 39. 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 40). 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 40. 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 41) 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 41). 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 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

Destinado a substâncias minerais de emprego imediato na construção civil, argila para cerâmica vermelha e calcário para corretivo de solo. O aproveitamento mineral por licenciamento fica adstrito à área máxima de 50 ha e é facultado exclusivamente ao proprietário do solo ou a quem dele obtiver expressa autorização

*Figura 41. 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).

Associação de Municípios da AMCESPAR, os processos minerários se distribuem por toda a região. Dentro dos limites da associação são listados, segundo os dados do SIGMINE/AMN, 7 processos de Requerimento de Pesquisa, 110 Autorizações de Pesquisa, 53 Requerimentos de Lavra e um pouco mais de 28 Concessões de Lavra. As substâncias minerais exploradas são apresentadas na Tabela 8.

*Tabela 8. Processos Minerários na AMCESPAR (Fonte:SIGMINE/ANM).*

<b>Substância Mineral</b>	<b>Requerimento de Pesquisa</b>	<b>Autorização de Pesquisa</b>	<b>Requerimento de Lavra</b>	<b>Concessão de Lavra</b>
<b>Água Mineral</b>				4
<b>Areia</b>	5	51	43	6
<b>Arenito</b>		5		
<b>Argila</b>		14	6	8
<b>Argilito</b>		2		1
<b>Basalto</b>		3	1	1
<b>Carcário</b>		1		
<b>Carvão Mineral</b>				1
<b>Cascalho</b>		5		
<b>Argila Refratária</b>			2	
<b>Diabásio</b>	2	25	1	6
<b>Folhelho</b>		1		
<b>Gabro</b>		1		1
<b>Riolito</b>				
<b>Saibro</b>		2		
<b>Total</b>	<b>7</b>	<b>110</b>	<b>53</b>	<b>28</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).

ALÍQUOTA	SUBSTÂNCIA MINERAL
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 AMCESPAR, os municípios de Irati, Guamiranga e Teixeira Soares lideram o ranking de recolhimento da CFEM da região (Tabela 10).



*Tabela 10. Arrecadação da CFEM em 2019 (Fonte: ANM/2019).*

<b>MUNICÍPIO</b>	<b>VALOR DA OPERAÇÃO</b>	<b>RECOLHIMENTO CFEM</b>	<b>% SOBRE A OPERAÇÃO</b>
<b>GUAMIRANGA</b>	1.258.051,25	18.720,42	<b>1,48%</b>
<b>IMBITUVA</b>	592.425,52	5.953,65	<b>1,00%</b>
<b>IRATI</b>	14.283.003,48	128.136,00	<b>0,89%</b>
<b>MALLET</b>	267.014,42	2.836,75	<b>1,06%</b>
<b>PRUDENTÓPOLIS</b>	406.257,78	7.780,62	<b>1,91%</b>
<b>REBOUÇAS</b>	398.107,98	5.554,03	<b>1,39%</b>
<b>RIO AZUL</b>	209.740,13	3.532,38	<b>1,68%</b>
<b>TEIXEIRA SOARES</b>	<b>1.368.053,23</b>	<b>12.565,84</b>	<b>0,91%</b>



## RECOMENDAÇÕES E CONCLUSÕES

A Associação de Municípios do Centro Sul do Paraná está localizada numa região repleta de riquezas naturais dentro de um contexto geológico multifacetado. A caracterização ambiental do meio físico, apresentada neste relatório, evidencia a singularidade regional e os inúmeros patrimônios naturais que devem ser preservados e acondicionados às gerações futuras. A região exibe recursos não somente superficiais, mas também hospedados nos substratos rochosos que devem ser estudados de forma a promover o desenvolvimento sustentável e crescente da região.

A água é um dos recursos mais abundantes dentro dos limites da associação. Os municípios da AMCESPAR contam com cursos naturais de água superficial pertencentes a 3 diferentes bacias hidrográficas. Como forma de aprimoramento e manutenção desses recursos, os municípios devem incentivar a participação da população nos Comitês de Bacia Hidrográfica (CBH), integrantes do Sistema Nacional de Gestão dos Recursos Hídricos, que constituem o “Parlamento das Águas”. Nestes espaços, ocorre a representação da comunidade que ocupa a área da bacia, bem como as discussões e deliberações à respeito da gestão dos recursos hídricos que deve ser de modo descentralizado. Além disso, cuidados em relação ao controle de poluentes e contaminantes e da erosão e assoreamento dos leitos dos rios, com vistas ao cumprimento das legislações ambientais, devem ser tarefas tanto da população quanto do poder público. Os aquíferos, outra matriz de captação de água pela população da AMCESPAR, devem ter seu uso estimulado como forma alternativa na obtenção de água. No entanto, é importante que os aspectos hidrodinâmicos e hidrogeoquímicos sejam levados em conta para que se evitem problemáticas referentes ao uso desse recurso. É importante que estudos que envolvam a temática água subterrânea sejam conduzidos por indivíduos habilitados frente aos conselhos profissionais competentes.

A AMCESPAR detém importantes sítios paleontológicos do estado do Paraná, verdadeiros “laboratórios naturais”. Apesar de subestimado, os estudos sobre fósseis possuem não somente valor como instrumento científico, mas também como patrimônio natural e histórico. Projetos de proteção e preservação desses artefatos representam o compromisso dos gestores municipais com o passado do Paraná e a herança natural da Terra. Ademais, os sítios paleontológicos são atrativos turísticos na região e agregam valor ao turismo local e à economia das comunidades por meio da geração de empregos. Paralelamente, há diversas áreas de interesse com cachoeiras e trilhas que, além de apoio e proteção legal, necessitam de investimentos para atrair não apenas turistas, mas também empreendedores com vistas ao



progresso desses locais. Portanto, é mister que as instituições municipais promovam efetivamente o elo de comunicação entre a comunidade, os empreendedores locais e os interesses ambientais frente à geoconservação e o desenvolvimento sustentável.

No que concerne a riscos geológicos, investigações periódicas devem ser conduzidas. Com o intenso crescimento populacional nos municípios da AMCESPAR, desafios no ordenamento urbano se tornam cada vez mais complexos. De forma a evitar os desastres naturais, tais como escorregamentos, estudos geológicos, geotécnicos, em especial de declividade, devem ser executados, levando em conta as peculiaridades locais a fim de se identificar as áreas suscetíveis aos típicos movimentos de massa. Além disso, as áreas atingidas por esses eventos, sobretudo, nas regiões urbanas, estão normalmente associadas a declividades superiores a 20% e escassa ou nenhuma vegetação. Portanto, é aconselhado a identificação de construções e moradias localizadas em regiões com tais características de forma a realizar vistoriais *in loco*, produção de laudos e relatórios técnicos, por profissionais qualificados, que darão embasamento na tomada de decisões.

No tocante ao potencial mineral, a AMCESPAR contém uma riqueza ainda pouco explorada e, portanto, recomenda-se que os órgãos municipais incentivem à pesquisa geológica como forma de fomento e crescimento do setor. A inclusão de geólogos, engenheiros e profissionais do meio ambiente no quadro profissional é indispensável ao crescimento desse setor de modo a garantir o desenvolvimento sustentável da produção, além de dar segurança técnica e legal aos pequenos produtores em procedimentos legais.

A AMCESPAR é uma região importante para exploração sustentável de recursos naturais do estado do Paraná. A participação sinérgica e o aprimoramento do diálogo entre comunidades, instituições e órgãos governamentais em suas diferentes escalas, é fundamental para o crescimento econômico dos municípios que a integra.

## REFERÊNCIAS

- AYALA CARCEDO, F. J. (1987). "Introducción a los riesgos geológicos" Riesgos Geológicos; I.G.M.E. Madrid. Vol. 1, 3-21.
- BOSSETI, E. P.; MATSUMURA, Willian M. K; COMNISKEY, J. C; IANNUZZI, R. Prática de campo: Paleontologia do Devoniano dos Campos Gerais. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta Grossa. 2010.
- BRASIL. 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. 2018.
- BRILHA, J. Inventory and Quantitative Assessment of Geosites and Geodiversity Sites: a Review. Geoheritage, 2016.
- 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; NERY, J. P. (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).
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION (FAO). (1996). Control of water pollution from agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Irrigation and Drainage Paper 55.
- GROTZINGER J.,; JORDAN T.H. Understanding Earth. 7ed. W.H. Freeman and Company, New York. 2014.
- GUIMARÃES, G.B. As Rochas Granitóides do Complexo Granítico Cunhaporanga, Paraná: Aspectos geológicos, geofísicos, geoquímicos e mienralógicos. Tese de Doutorado, USP/SP. 2000.
- GUIMARÃES, G.B.; MELO, M. S.; PIEKARS, G. F.; MOREIRA, J. C; LICCARDO, A. MOCHIUTTI, N. F. Geoparque dos Campos Gerais, PR. Proposta. 2012.
- IAT, Intituto Água e Terra. Informe Mineral 01/2020 Compensação Financeira e Royalties pela Exploração de Recursos Minerais no Paraná em 2019. 2020
- MINEROPAR. Atlas Comentado da Geologia e dos Recursos Minerais do Estado do Paraná. Governo do Paraná. 2001
- MMA, Ministério do Meio Ambiente. Águas subterrâneas – um recurso a ser conhecido e protegido. Brasília: Secretaria de Recursos Hídricos ambiente urbano. 2012.

OLIVEIRA, D.P.; JUNIOR, E.V.R.; PRADAL, M.C.; SUZUMURA, T.H.; KIKUCHI, T.K.I. Plano Municipal de Turismo de Ortigueira, PR. Departamento de Geociências da Universidade Estadual de Londrina

OLIVEIRA, E.P. Geologia do Estado do Paraná. Bolétim do Ministério da Agricultura, Indústria e Comércio. Rio de Janeiro. 1916.

OLIVEIRA G.G. - Modelos para Previsão, espacialização e análise das áreas inundáveis na bacia hidrográfica do Rio Caí, RS. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2010.

PARANÁ. SECRETÁRIA DE MEIO AMBIENTE E RECURSOS HÍDRICOS (SEMA). INSTITUTO DE TERRAS CARTOGRAFIA E GEOLOGIA (ITCG). Zoneamento Ecológico-Econômico do Estado do Paraná. v.2. Curitiba: ITCG, 2018. 272 p. Disponível em: <[http://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos\\_restritos/files/documento/2020-07/zepr02\\_2018.pdf](http://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2020-07/zepr02_2018.pdf)>.

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

RESENDE, Álvaro Vilela de. Agricultura e qualidade da Água: contaminação por nitrato. Embrapa Cerrados, 2002.

SANEPAR, 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 jan/2020 .

SEDOR, F.A. Fósseis do Paraná. Museu de Ciências Naturais, UFPR, Curitiba. 2014.

SPOLOADORE, A.; COTTAS, L.R. A Gruta do Portão de Cima ea Gruta do Portão de Baixo: duas cavernas areníticas no município de Sengés-PR A Spoladore. Geografia 14 (2), 71-83, 2005.

TER-STEPANIAN G. Beginning of the Tertiary. Bulletin of the International Association of Engineering Geology. 1988.

## 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.