

ProfÁgua

Cartilha Hídrica Aplicada à Bacia Hidrográfica do Igarapé do Carrapato – RR



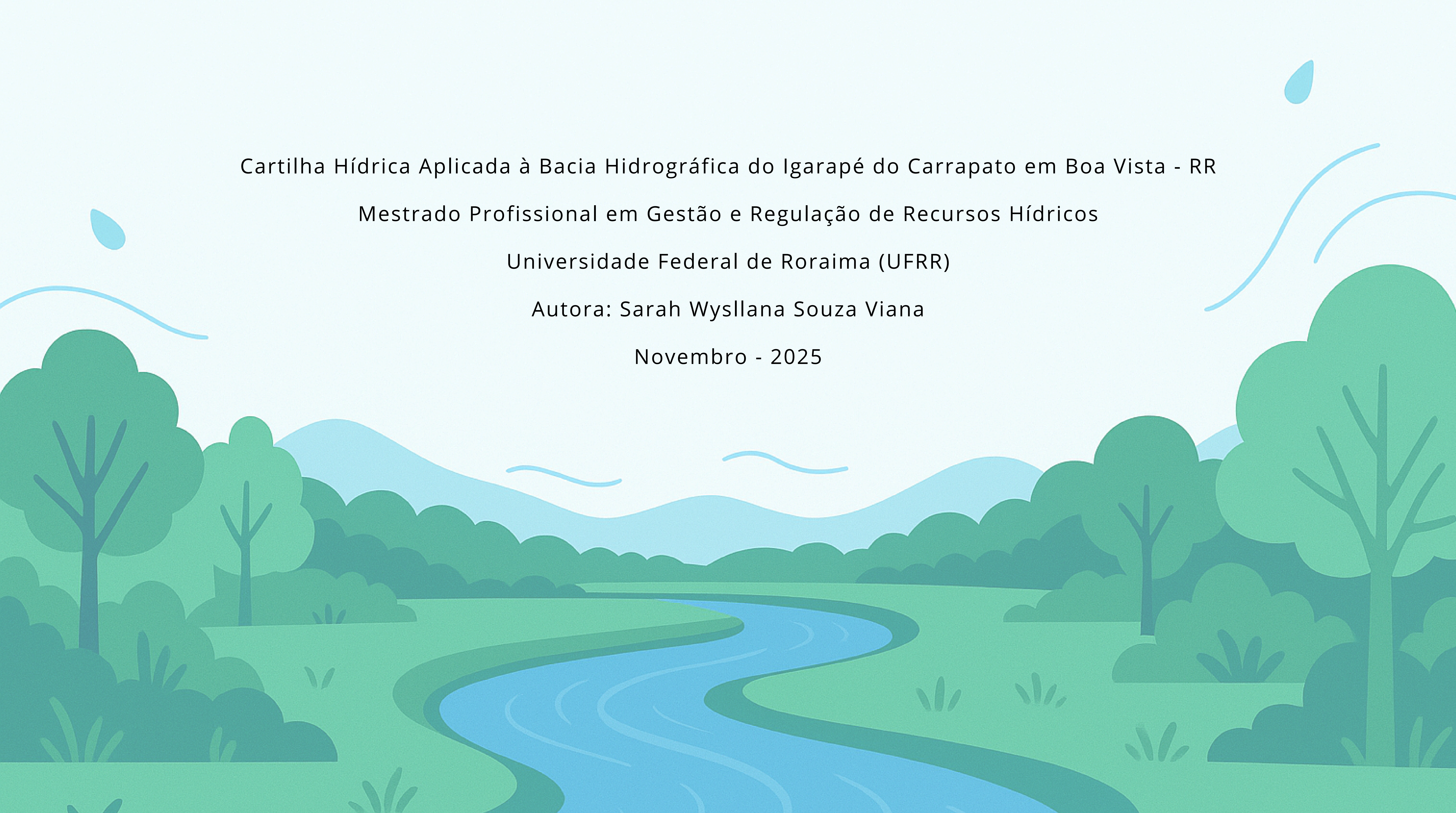
Cartilha Hídrica Aplicada à Bacia Hidrográfica do Igarapé do Carrapato em Boa Vista - RR

Mestrado Profissional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos

Universidade Federal de Roraima (UFRR)

Autora: Sarah Wysllana Souza Viana

Novembro - 2025



Raio-X da Hidrografia Brasileira

Predomínio de Rios de Planalto

O relevo acidentado cria um enorme potencial para a geração de energia hidrelétrica.

Rios Perenes e Caudalosos

Em geral, os rios não secam e possuem grande volume, favorecendo a navegação.

Distribuição Geográfica Desigual

Há grande abundância hídrica na região Norte e notável escassez no Sertão Nordeste.

Drenagem Exorreica

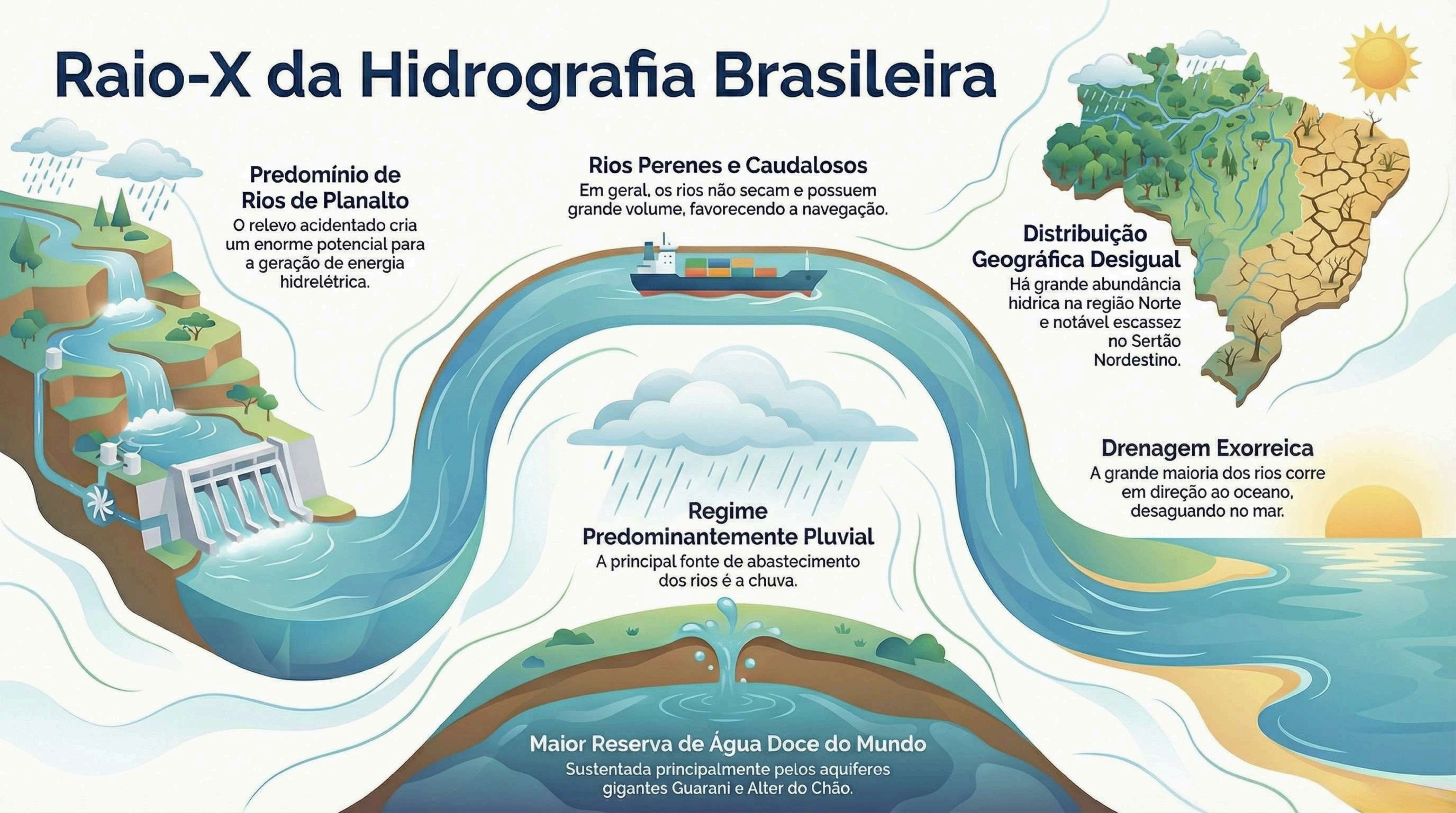
A grande maioria dos rios corre em direção ao oceano, desaguardo no mar.

Regime Predominantemente Pluvial

A principal fonte de abastecimento dos rios é a chuva.

Maior Reserva de Água Doce do Mundo

Sustentada principalmente pelos aquíferos gigantes Guarani e Alter do Chão.



Bacias Hidrográficas do Brasil: Gigantes de Água e Energia

Bacia Amazônica: Potencial Gigante

A maior bacia
hidrográfica do mundo.

Lidera em extensão territorial e em
volume de água (caudalosidade).



Grandes projetos e grandes impactos.

A Usina de Belo Monte exemplifica
o conflito entre desenvolvimento
energético e questões
socioambientais.

Enorme potencial hidrelétrico nos afluentes.

Apesar do Rio Amazonas ser de
planície, seus afluentes são de
planalto.

Bacia do São Francisco: Integração e Polêmica

Conhecido como "Rio da
Integração Nacional".

Conecta historicamente as regiões
Sudeste e Nordeste, sendo vital
para a interiorização do país.

A Transposição: Solução para a seca no sertão.

Projeto polêmico que desvia água
para abastecer regiões semiáridas,
gerando debates sobre custos e
impactos.



Potencial hidrelétrico saturado.

Possui um complexo de usinas
(Sobradinho, Xingó) que alteraram
profundamente a região.

Bacia Platina: A Potência Instalada

Formada pelas bacias do
Paraná, Paraguai e Uruguai.

Abrange a área mais rica e
industrializada da América do Sul.



Maior capacidade de energia instalada do Brasil.

Embora a Amazônia tenha o maior
potencial, a Bacia do Paraná já o
explora intensamente.



Sede da gigante Itaipu Binacional.

Construída em parceria com o
Paraguai, é uma das maiores
produtoras de energia do mundo.

As Águas Continentais do Brasil: Um Recurso Conectado

O Papel da Floresta Amazônica no Ciclo da Água



67,7%

da chuva na Amazônia é devolvida à atmosfera pela floresta.

O desmatamento quebra esse ciclo, alterando a recarga dos aquíferos e aumentando a erosão.

As Grandes Reservas Subterrâneas

Aquíferos: Reservas estratégicas de água potável.

Fornecem água para o consumo humano quando os recursos superficiais são insuficientes.

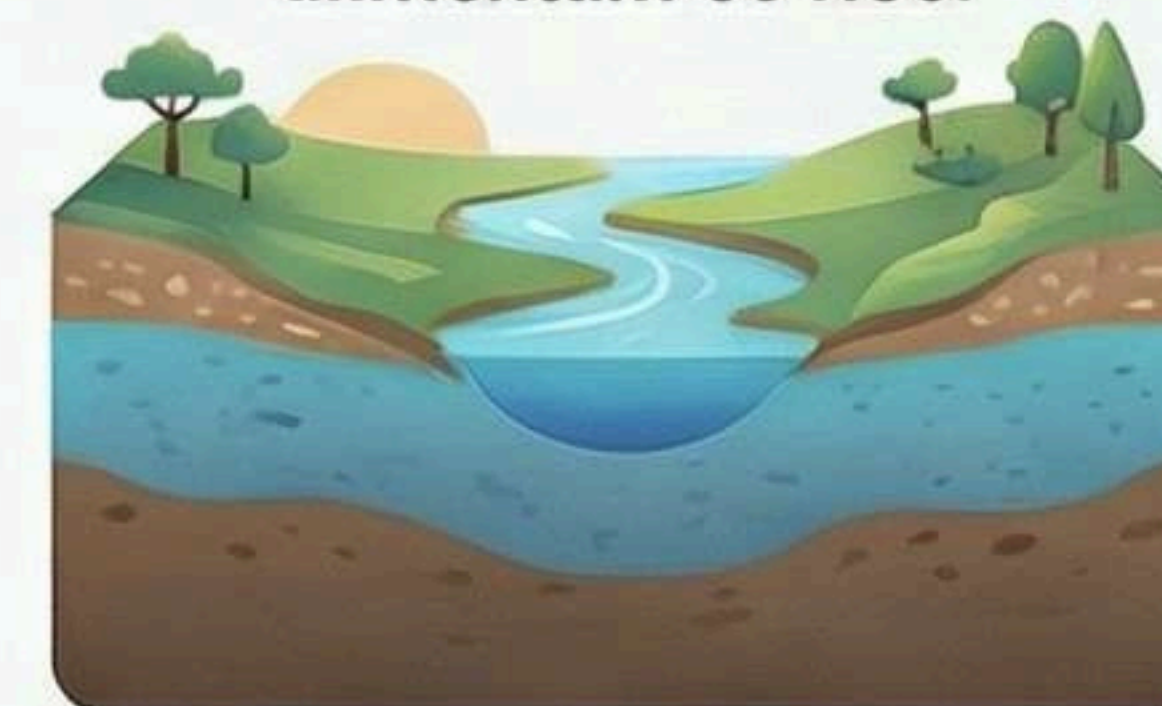


Brasil abriga dois gigantes da água subterrânea mundial.

O país detém os aquíferos Guarani e Alter do Chão, essenciais para o abastecimento.

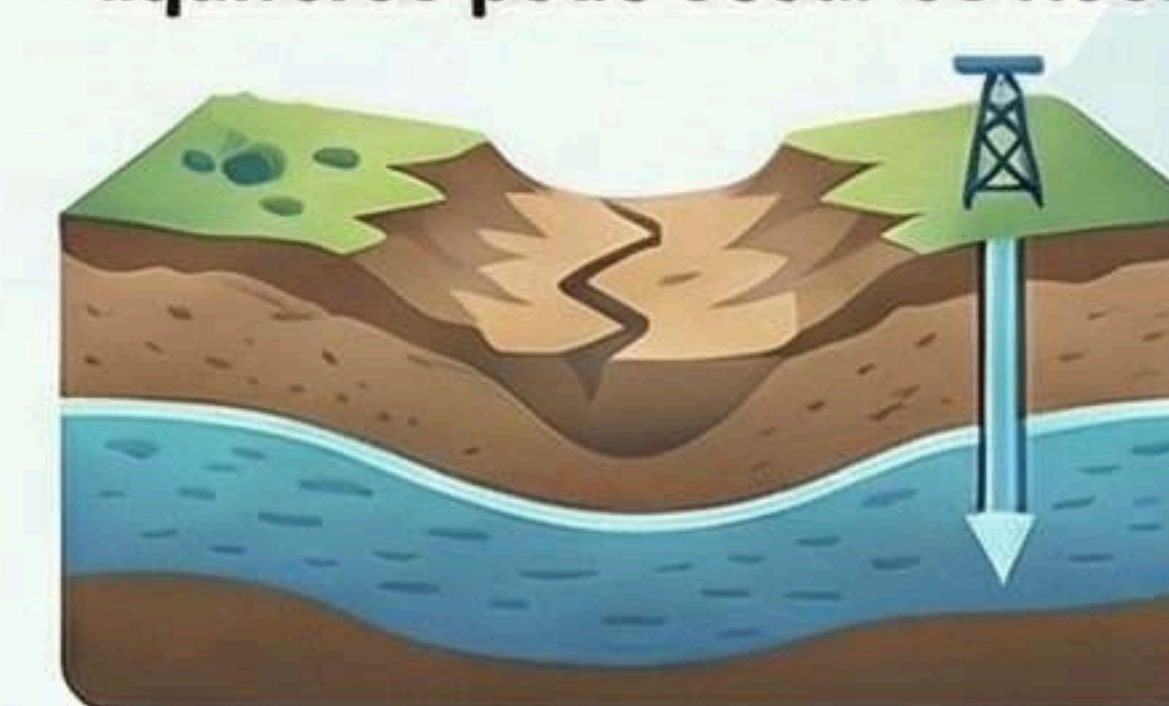
A Conexão Vital: Rios e Aquíferos

Águas subterrâneas alimentam os rios.



Durante a estiagem, o "fluxo de base" dos aquíferos garante a vazão dos rios.

Superexploração de aquíferos pode secar os rios.

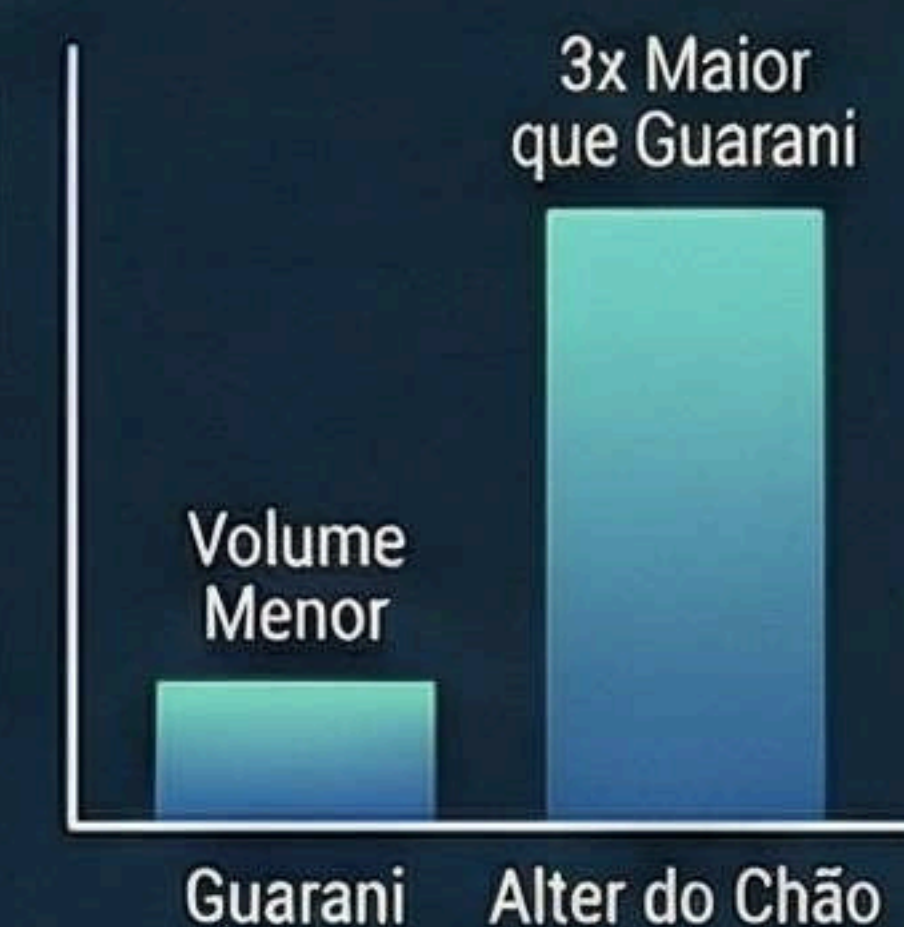


A retirada excessiva de água subterrânea reduz o fluxo de base e compromete os rios.

Aquífero Alter do Chão

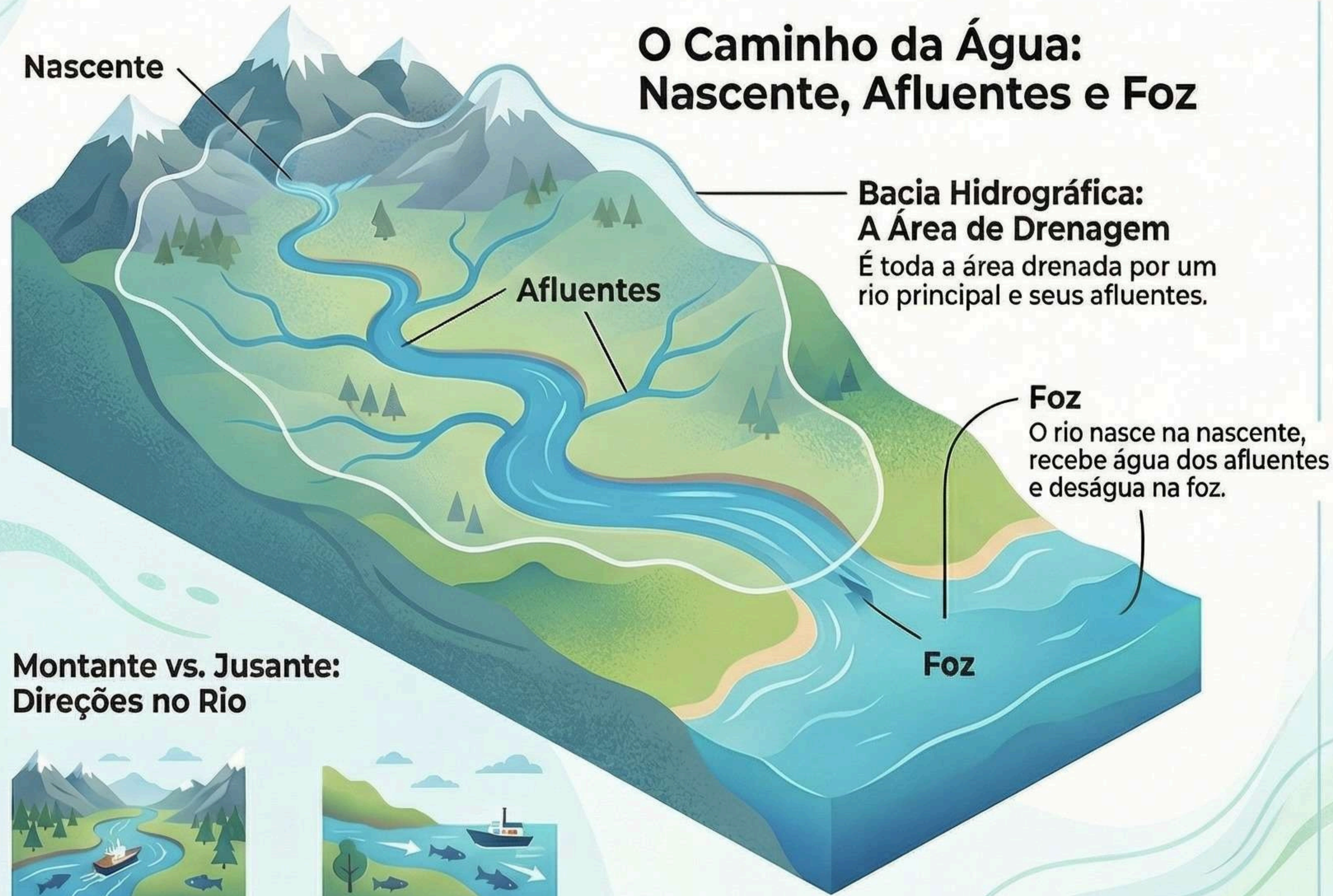
Considerado o maior em volume de água, com três vezes mais água que o Guarani.

Comparação de Volume Estimado (Água)



Desvendando a Hidrografia: Conceitos Essenciais

A Anatomia de uma Bacia Hidrográfica



Montante vs. Jusante: Direções no Rio



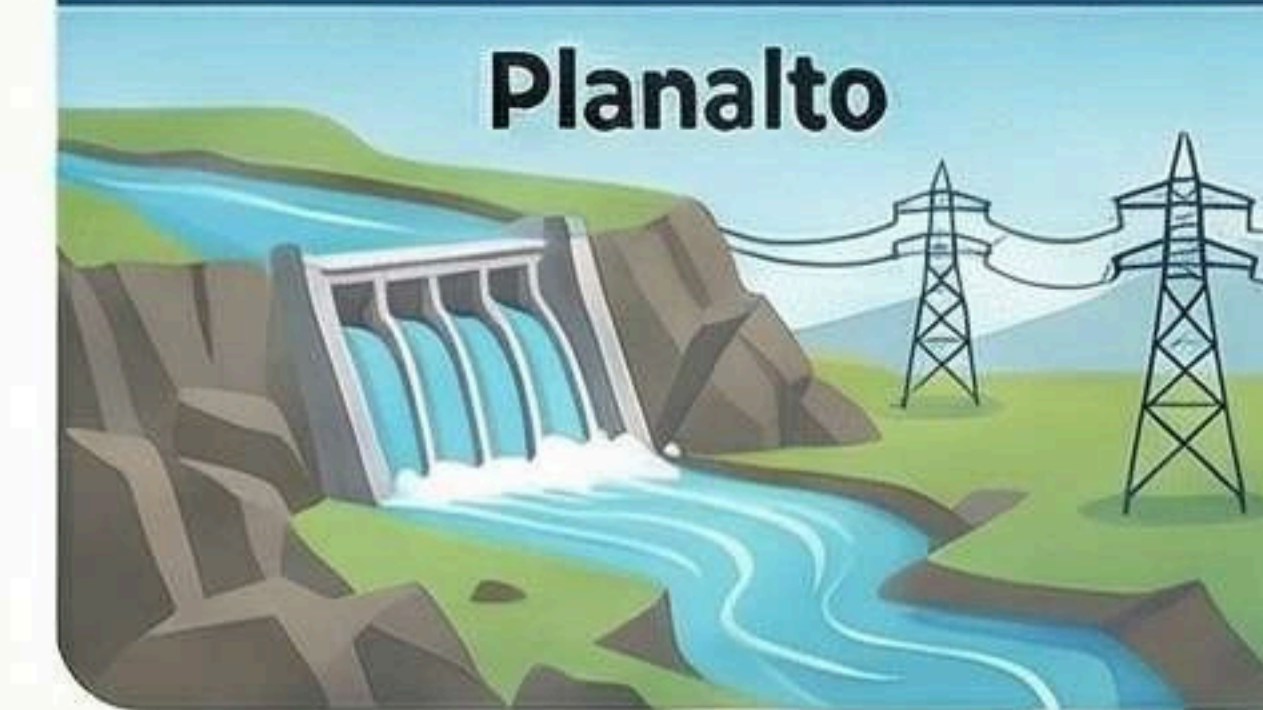
Montante
Montante é rio acima (contra a corrente)



Jusante
Jusante é rio abaixo (a favor)

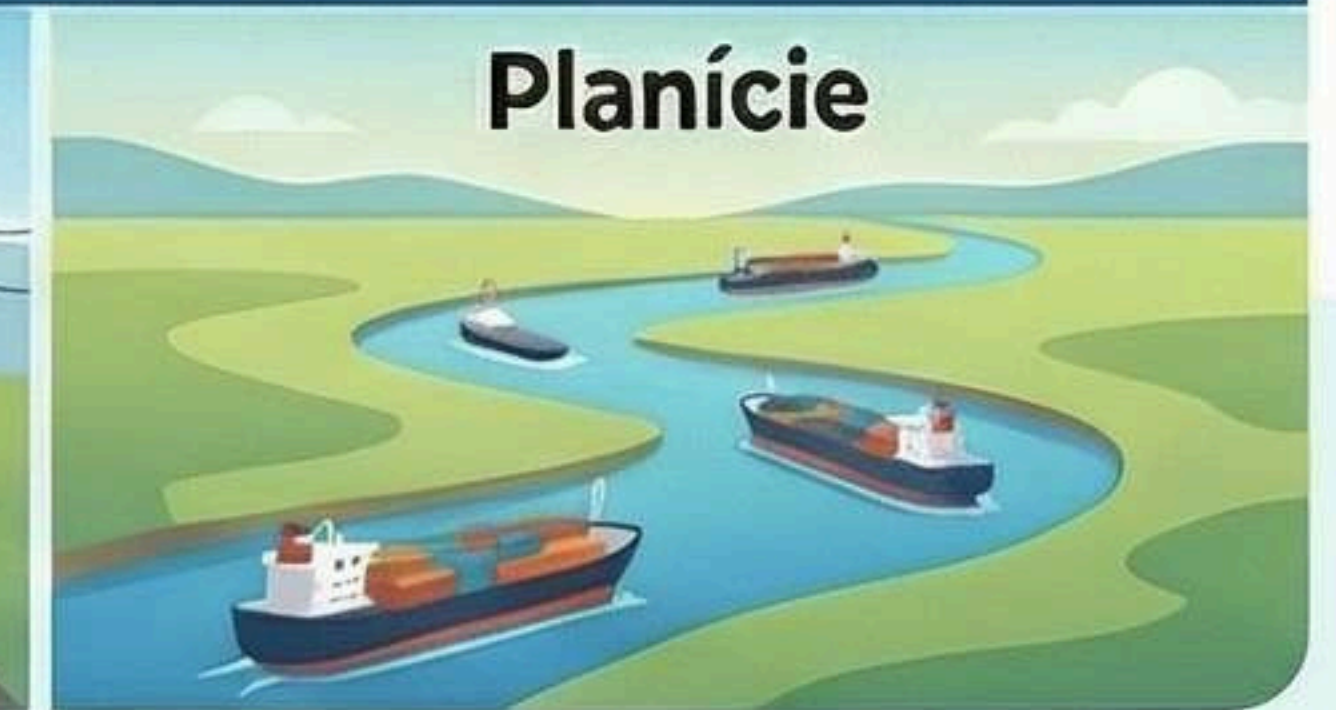
Classificando as Águas

Relevo: Planalto vs. Planície



Planalto

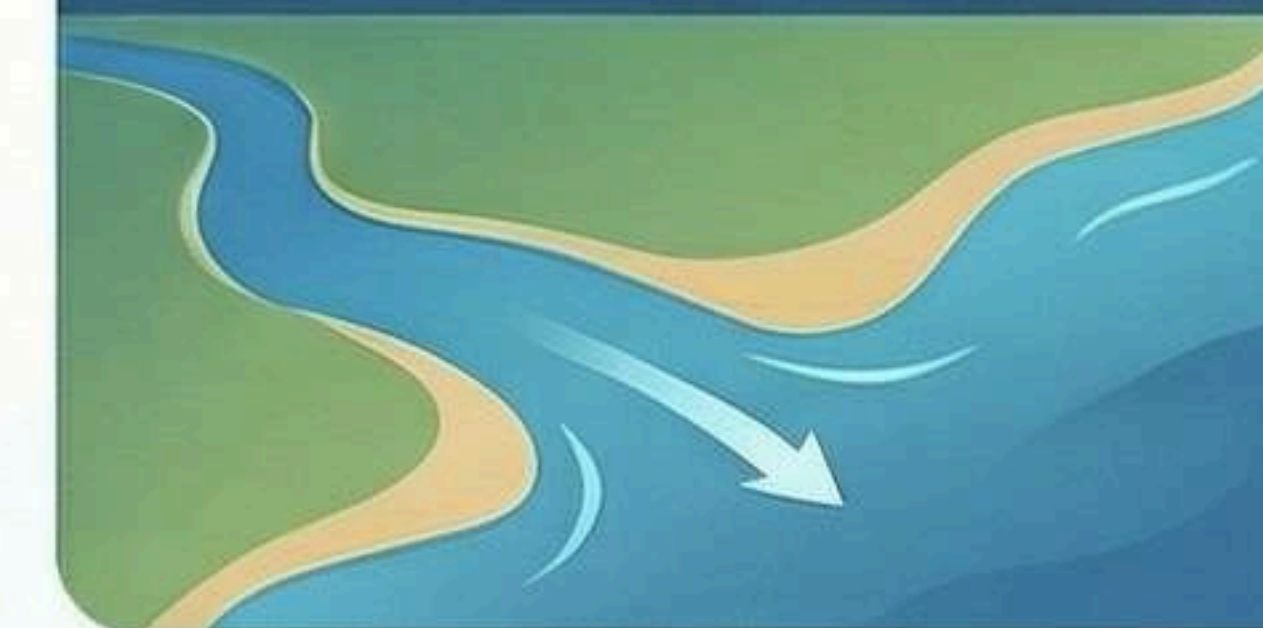
Rios de planalto são ideais para gerar energia.



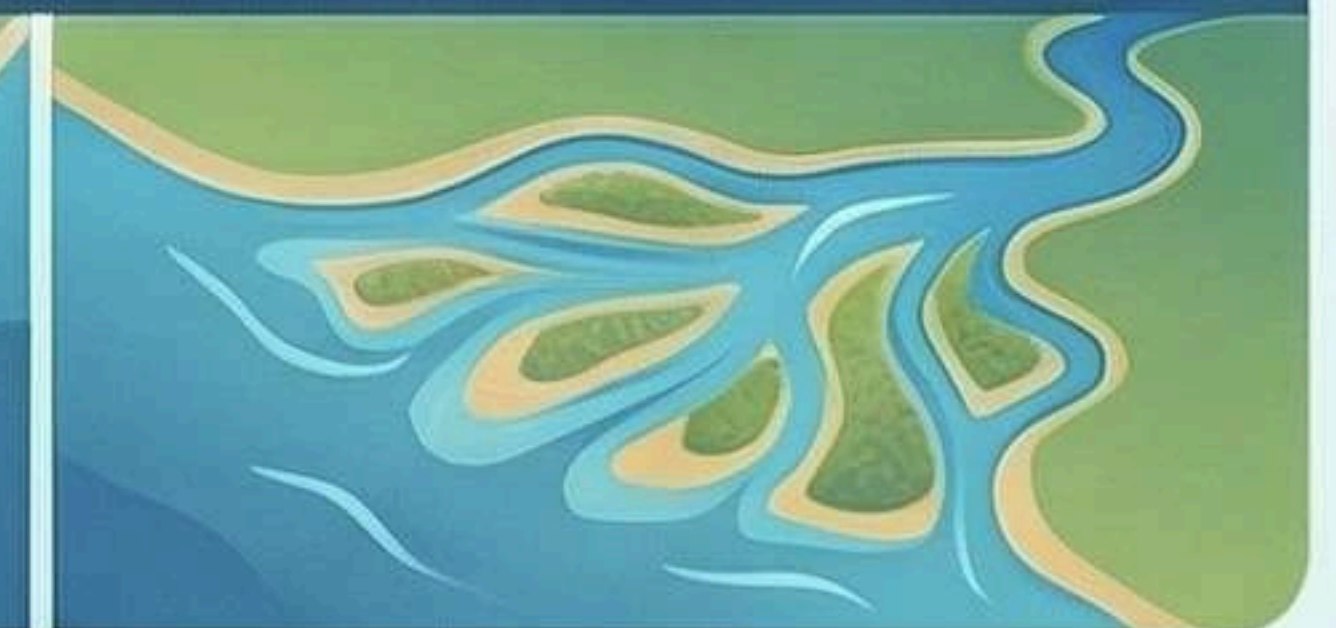
Planície

Rios de planície para navegação.

Tipos de Foz: Estuário vs. Delta

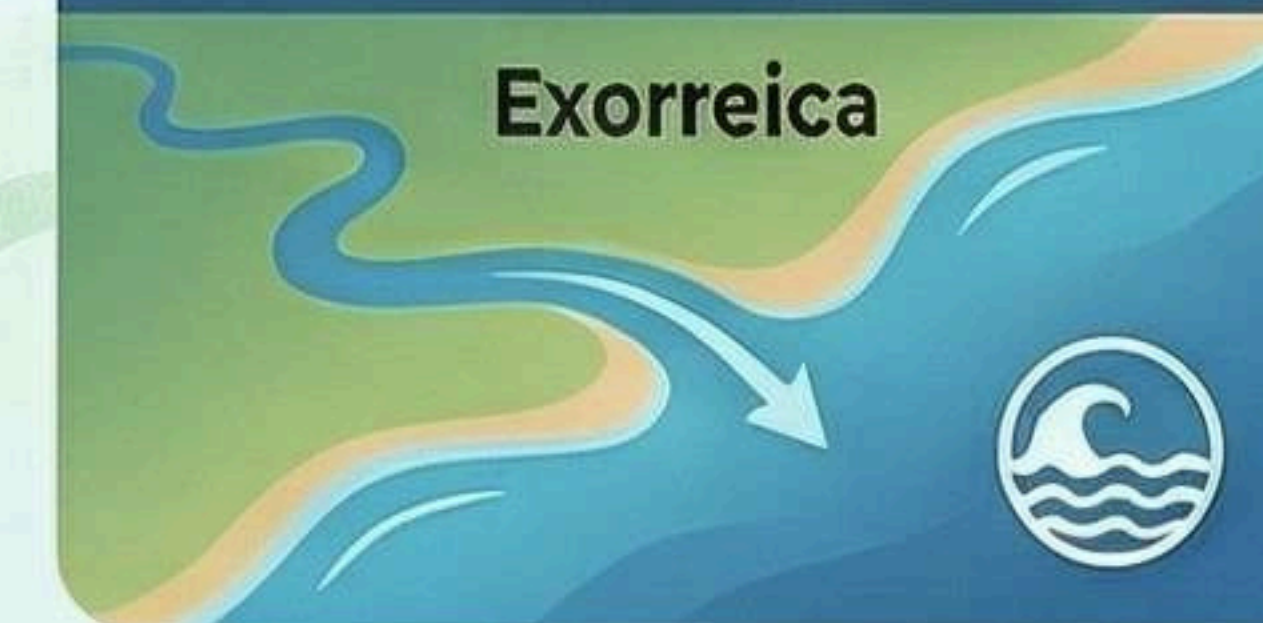


Estuário
(1 canal, água rápida)



Delta
(vários canais, água lenta, sedimentos)

Drenagem: Exorreica vs. Endorreica



Exorreica

Exorreica deságua fora do continente (mar)

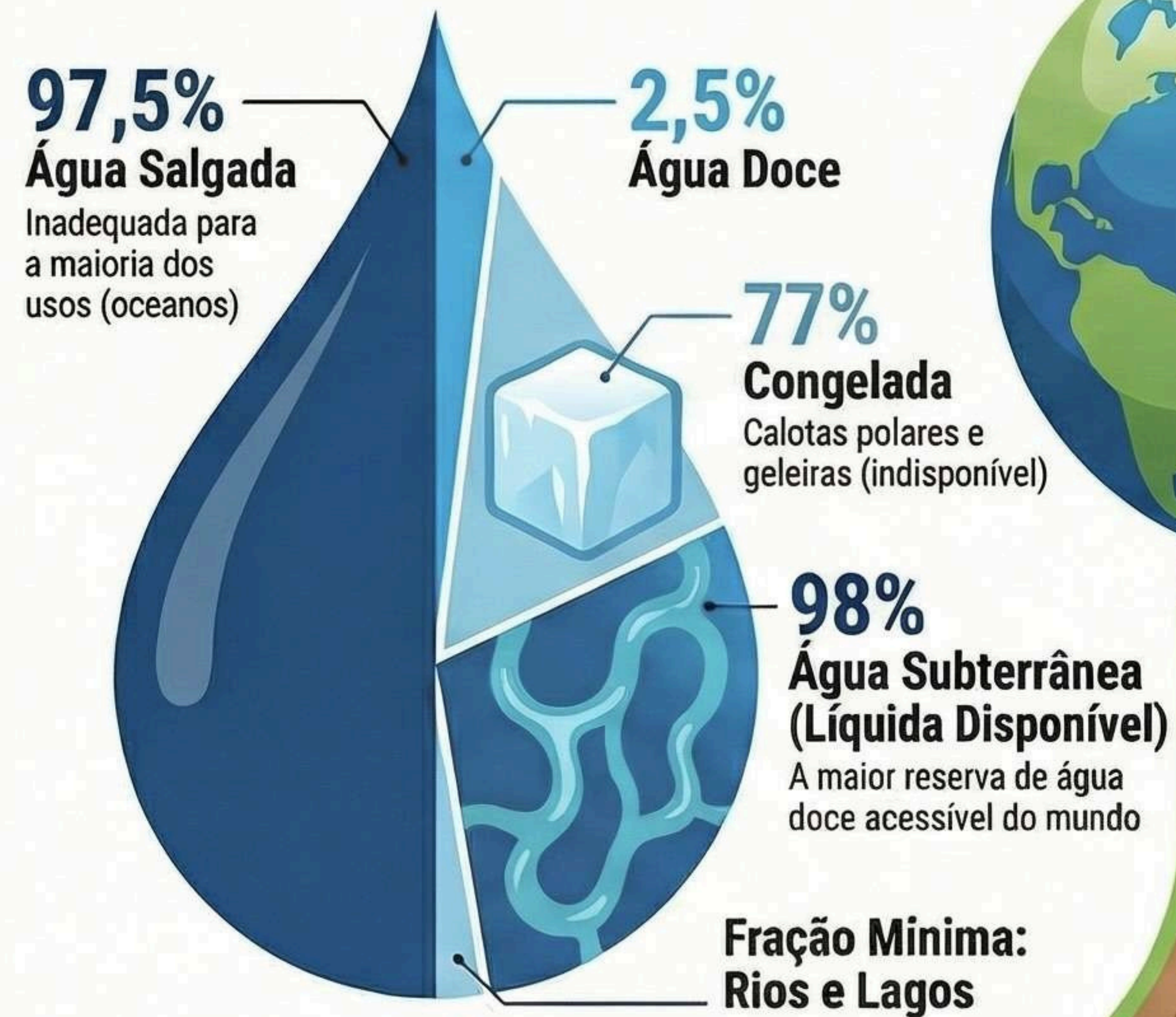


Endorreica

Endorreica deságua dentro (lagos).

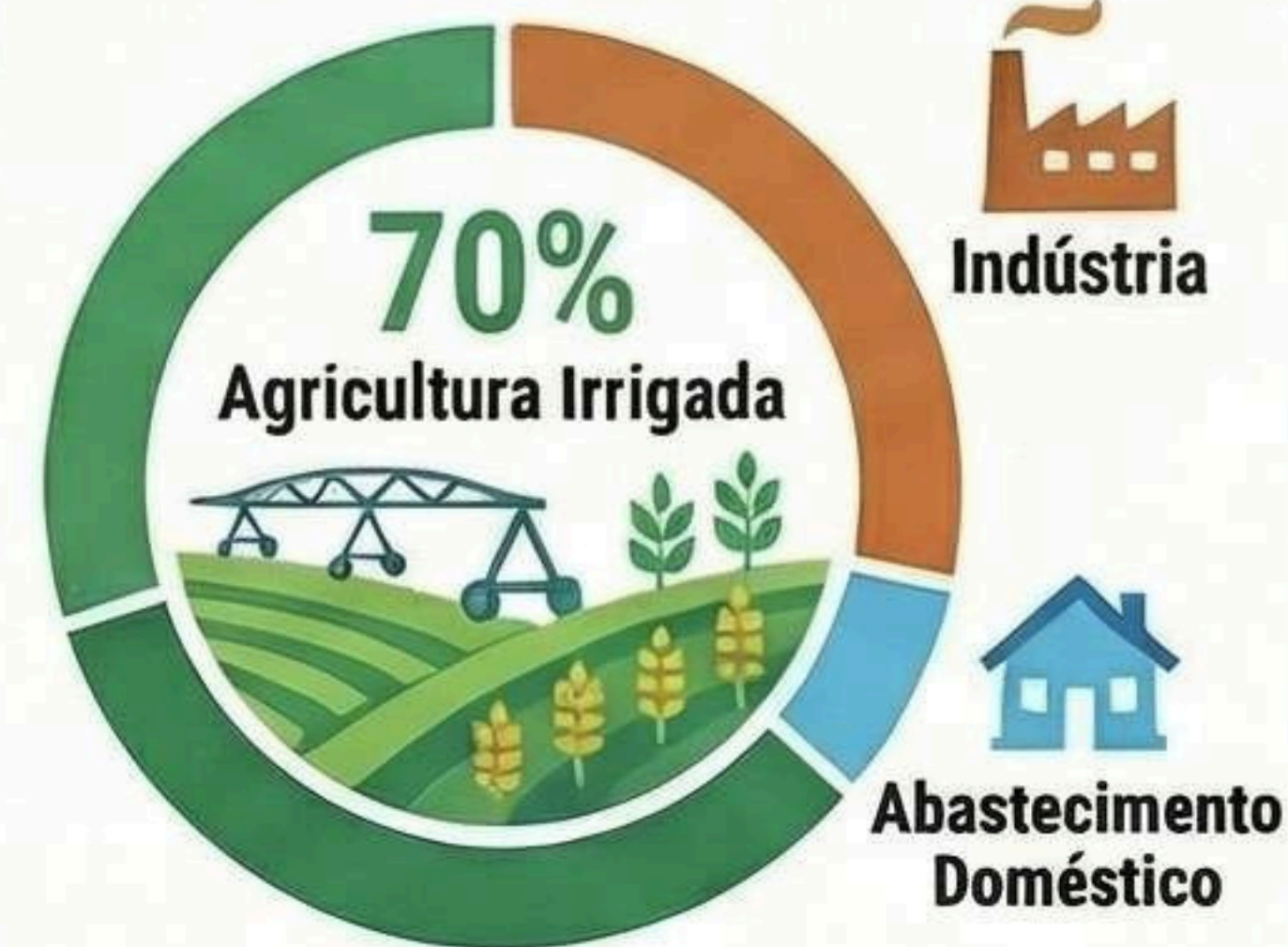
Água Subterrânea: A Reserva Hídrica Escondida do Planeta

A Verdadeira Dimensão da Água Doce



Consumo, Funções e Riscos

Consumo Global



A indústria e o abastecimento doméstico são responsáveis pelo consumo restante

Padrão de Consumo por Tipo de País

Países Desenvolvidos



Indústria

Países em Desenvolvimento



Agricultura

Funções Essenciais dos Aquíferos



Filtros Naturais
Melhoram a qualidade da água



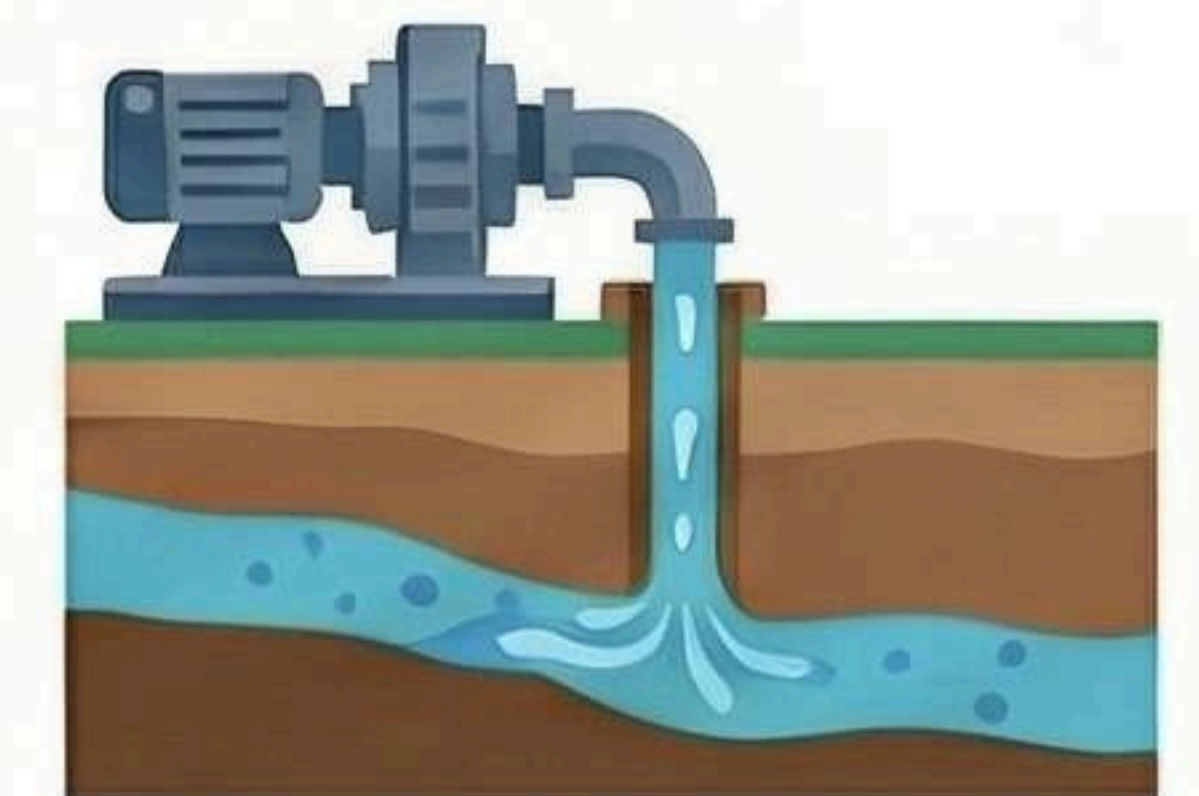
Reservas Estratégicas Vitais
Essenciais para segurança hídrica

Riscos Crescentes de Esgotamento



13 dos 37 Maiores Aquíferos a Esgotar-se

Estudo da NASA revela extração muito superior à recarga natural



Guia Visual das Águas Subterrâneas

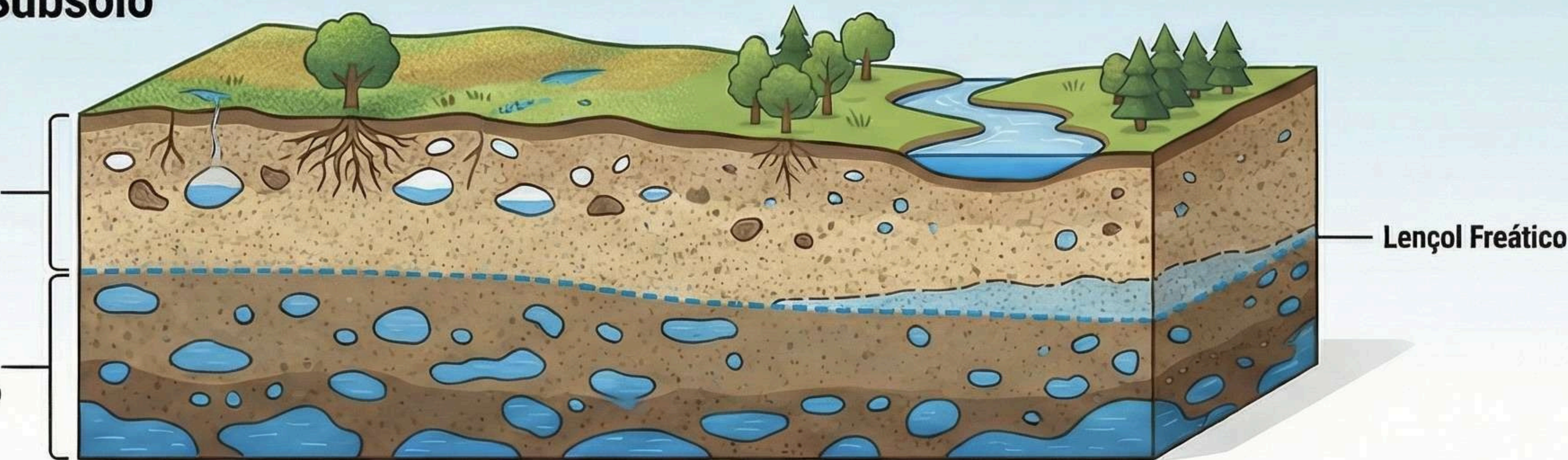
As Zonas da Água no Subsolo

Zona de Aeração (Não Saturada)

Camada superior do solo onde os poros contêm tanto ar quanto água.

Zona de Saturação

Camada inferior onde todos os poros estão completamente preenchidos com água.



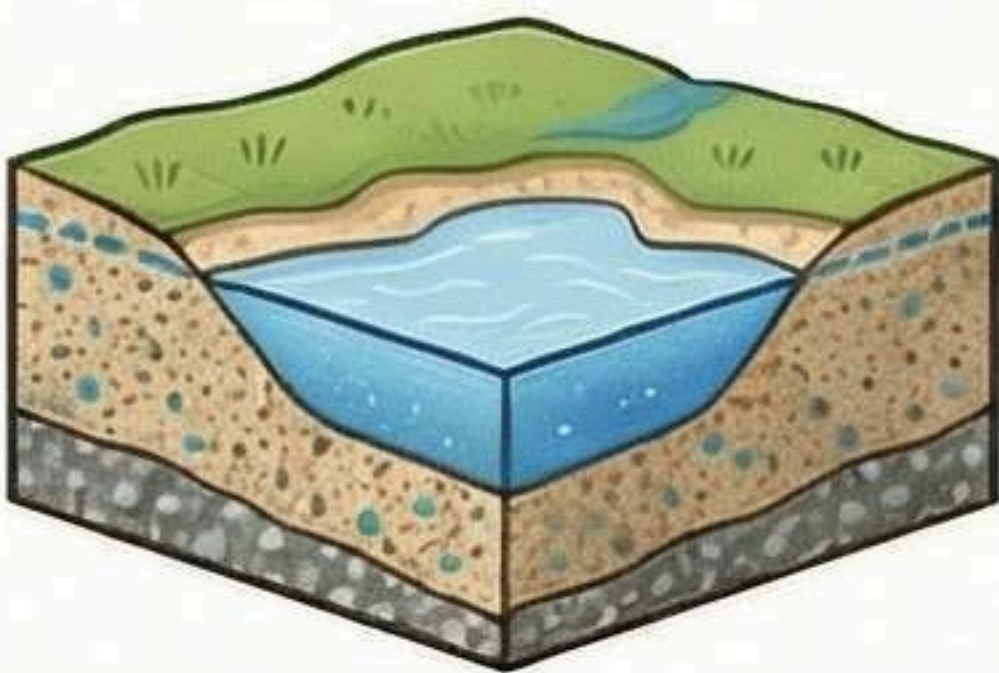
Aquíferos: Os Reservatórios da Terra

O que é um Aquífero?

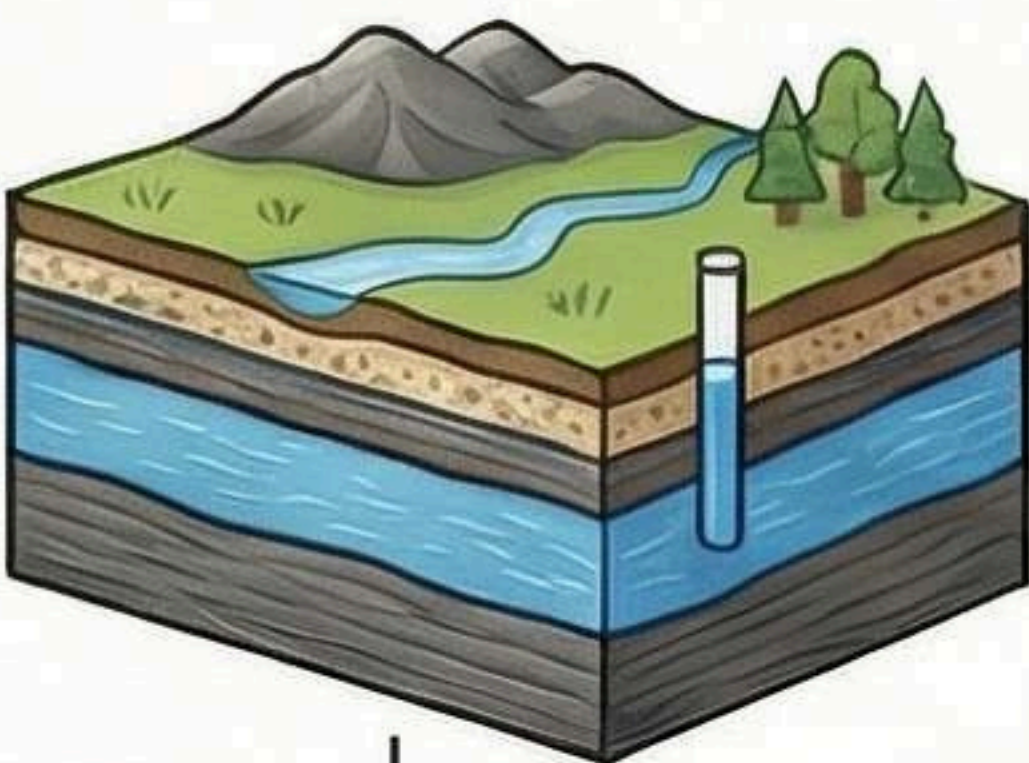
Uma formação geológica permeável que armazena e transmite quantidades significativas de água.

Tipos de Aquíferos por Pressão

Aquífero Livre (Freático)



Aquífero Confinado (Artesiano)



Vulnerabilidade:
Alta (contaminação fácil)



Nível da Água:
Lençol Freático

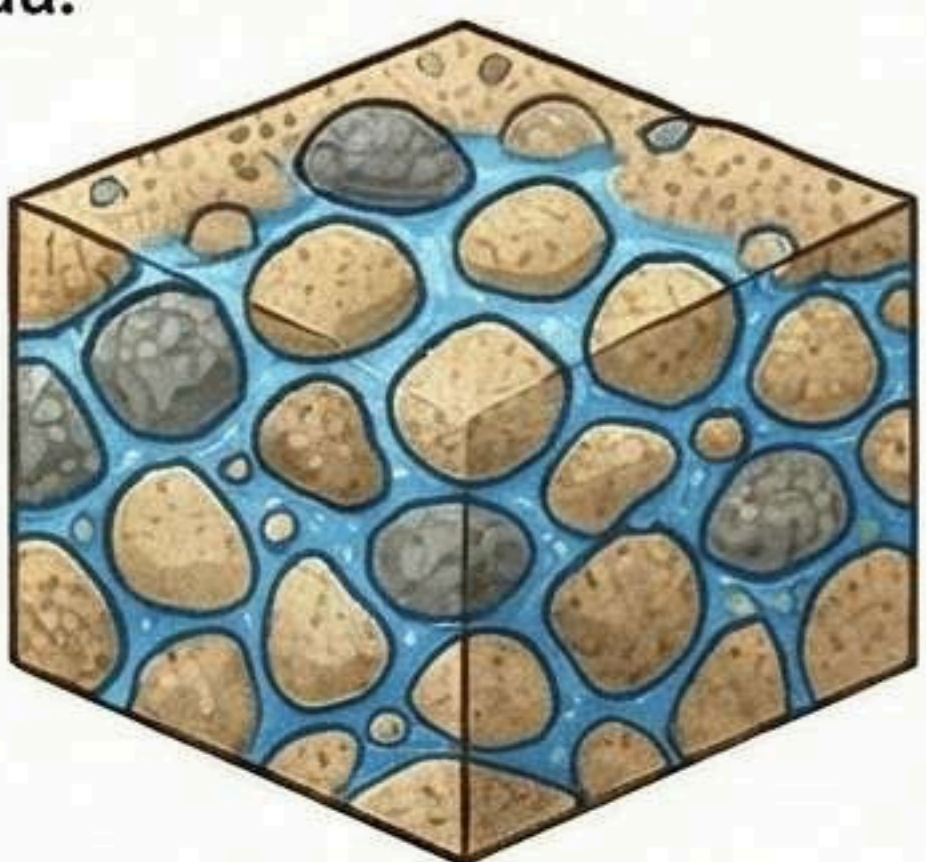


Vulnerabilidade:
Baixa (naturalmente protegido)



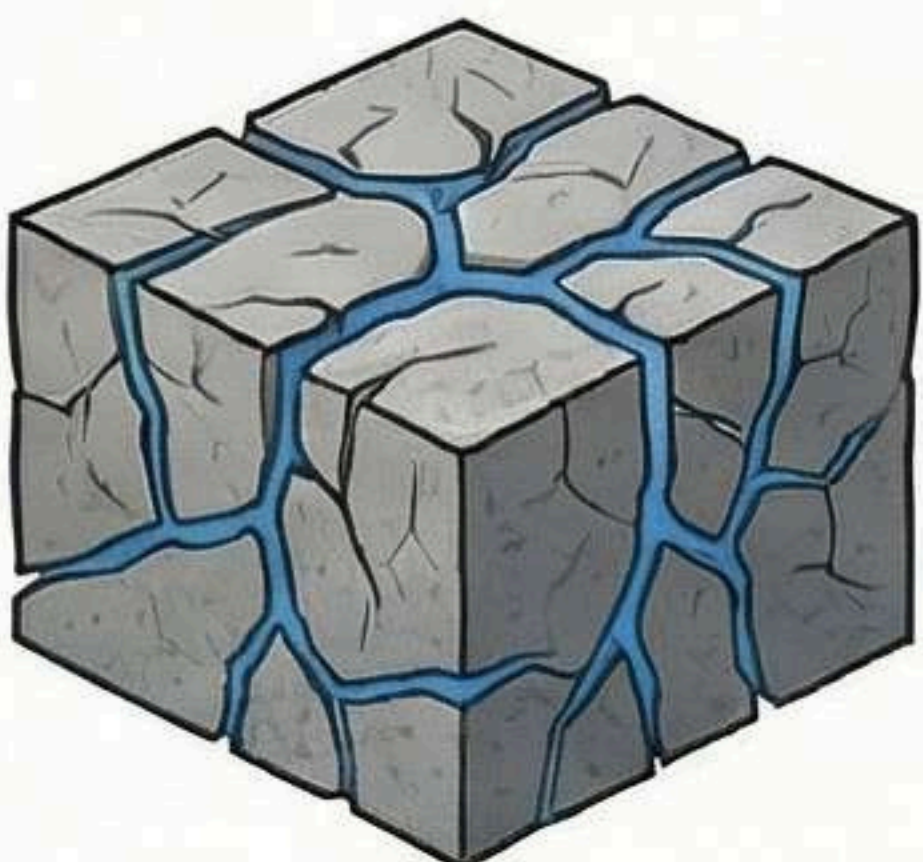
Nível da Água:
Nível Piezométrico

Tipos de Aquíferos por Geologia



Poroso

A água ocupa os espaços (poros) entre os grãos de sedimentos como areia.



Fissural (ou Fraturado)

A água circula através de fraturas e fendas em rochas duras como o granito.



Cárstico

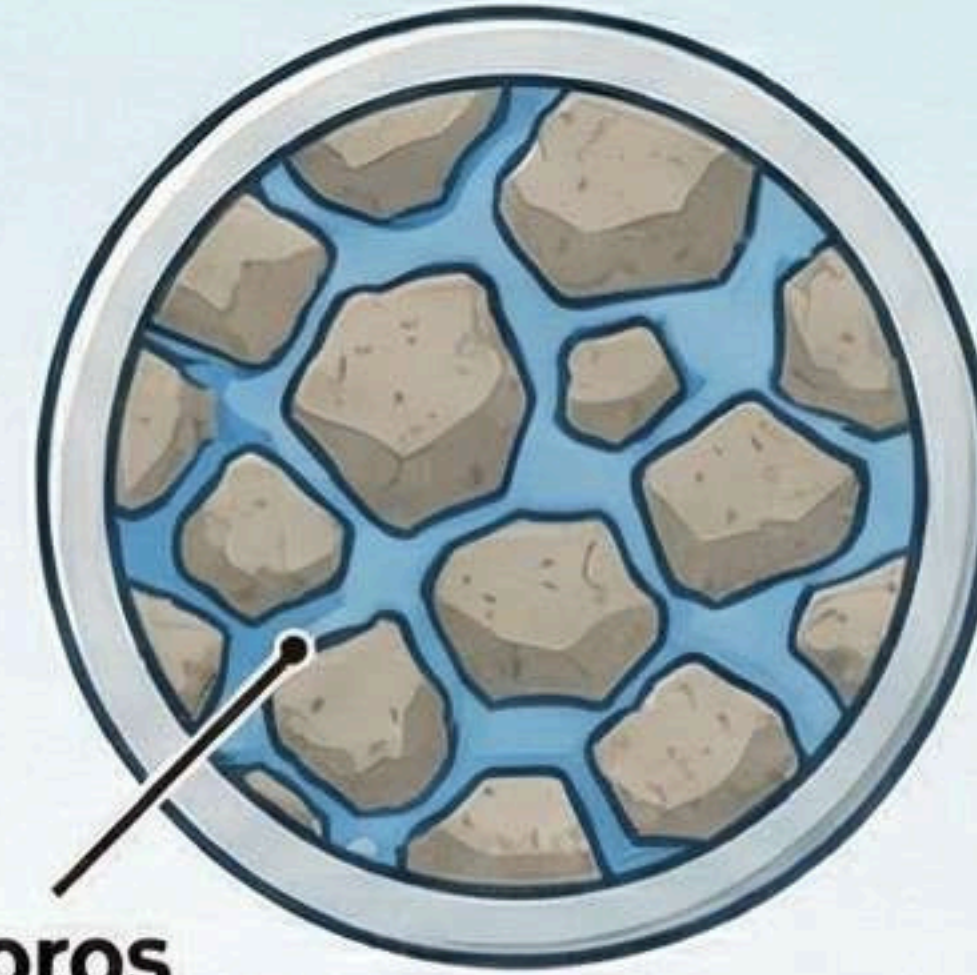
A água flui por grandes canais e cavernas formados pela dissolução de rochas como o calcário

Hidrogeologia: Desvendando as Águas Subterrâneas

A água subterrânea é vital no ciclo hidrológico.

É formada principalmente pela infiltração da água da chuva e do degelo da neve.

Ciclo da Água e Propriedades Fundamentais



Poros

Porosidade: A capacidade de armazenamento.

Mede o volume de espaços vazios (poros) em uma rocha ou solo.



Permeabilidade: A capacidade de transmissão.

É a facilidade com que a água flui através dos poros conectados.

Aquíferos e Sua Exploração

Aquífero: Um reservatório natural de água.

É uma formação geológica porosa e permeável que armazena e transmite água.

Tipos de Aquíferos: Confinados
confinados estão pressurizados entre camadas impermeáveis.

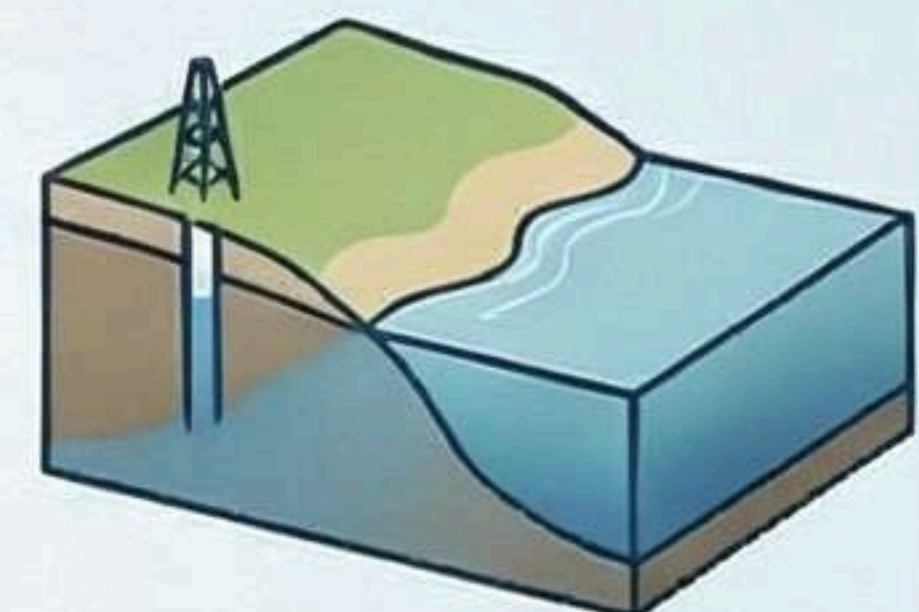
Tipos de Aquíferos: Livres
Livres estão sob pressão atmosférica

Camada Impermeável

Riscos da exploração excessiva por poços.

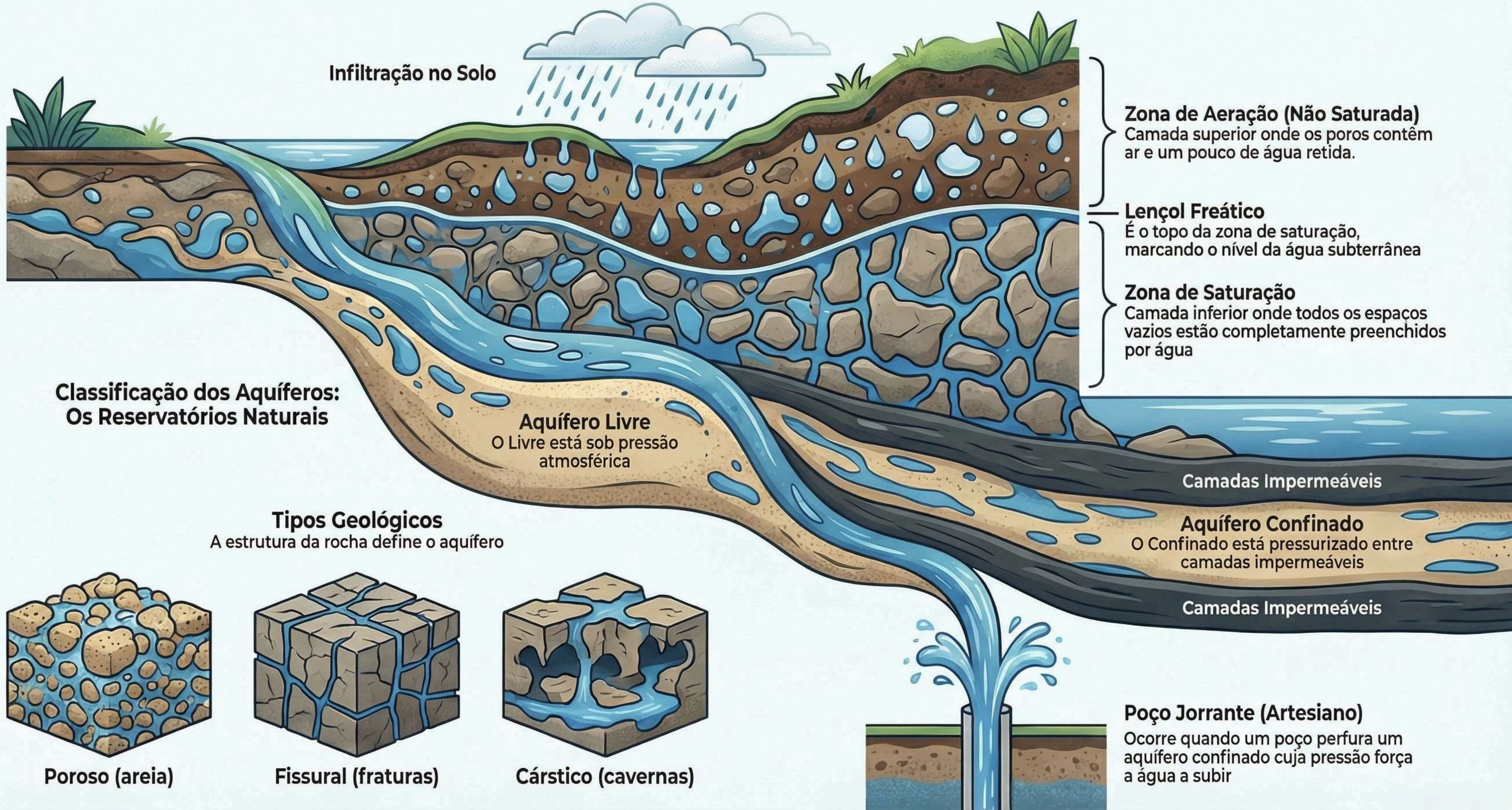


Contaminação por fossas



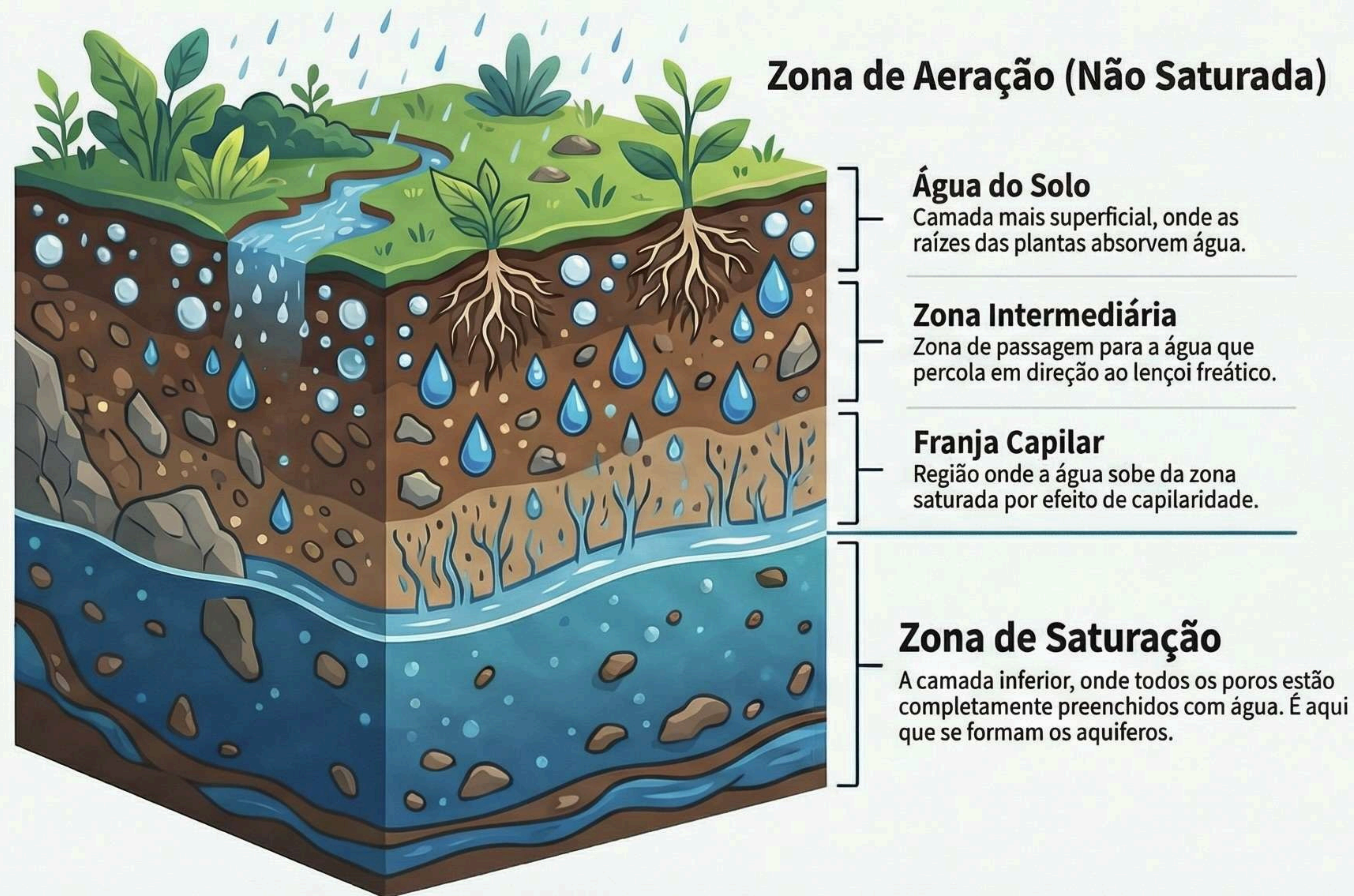
Intrusão de água salgada em áreas costeiras

Águas Subterrâneas: Do Solo aos Aquíferos

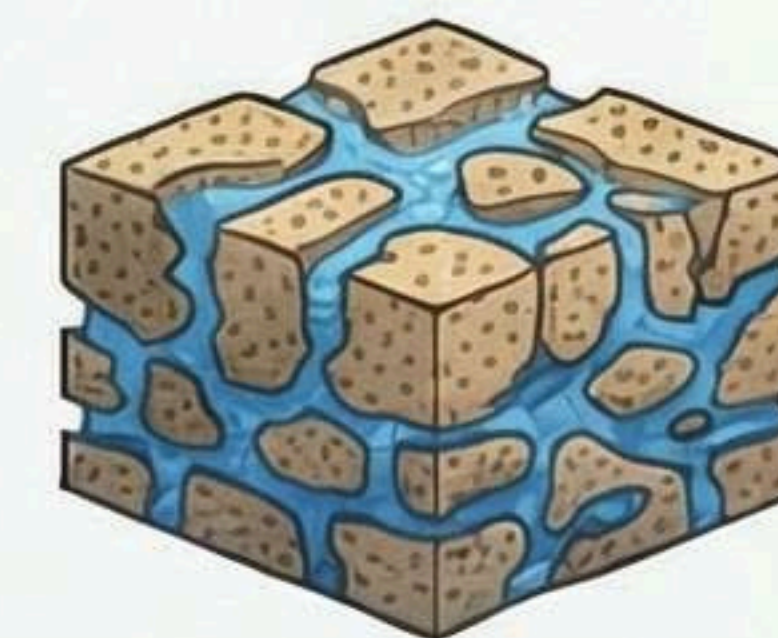


Desvendando o Subsolo: A Jornada da Água Subterrânea

Após a infiltração no solo, a água da chuva se distribui verticalmente em duas grandes zonas, definidas pela presença de ar e água nos poros. As formações geológicas que abrigam essa água são então classificadas de acordo com sua capacidade de armazenamento e transmissão, o que define seu potencial como fonte de água.

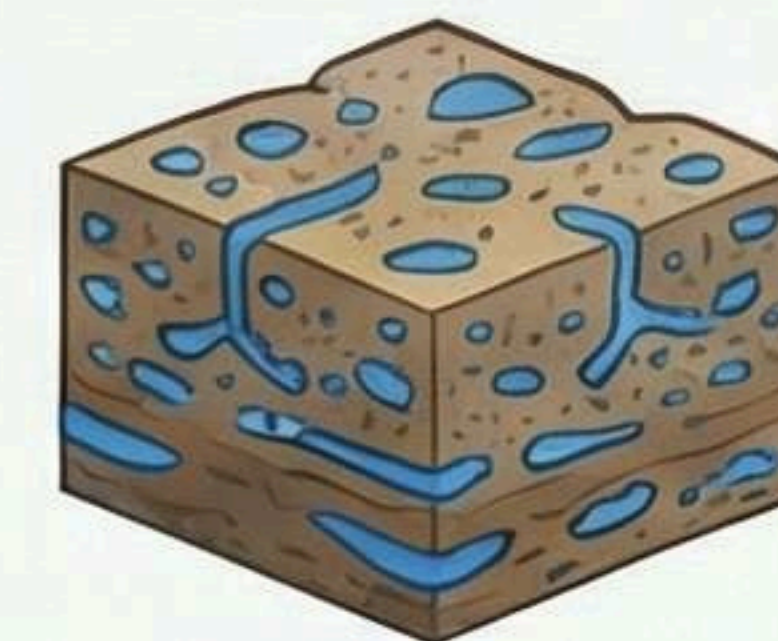


Classificação das Formações Geológicas



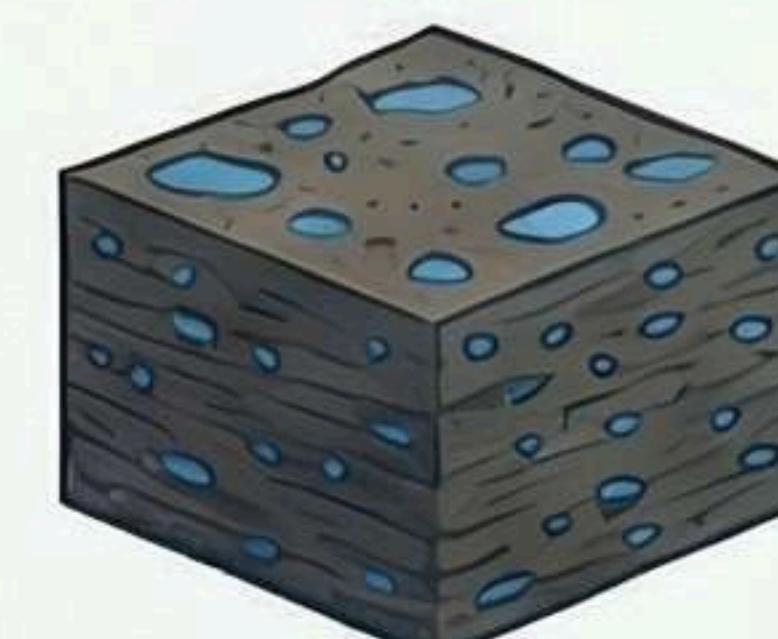
Aquífero

Formação que consegue armazenar e transmitir água, sendo uma fonte viável para captação.



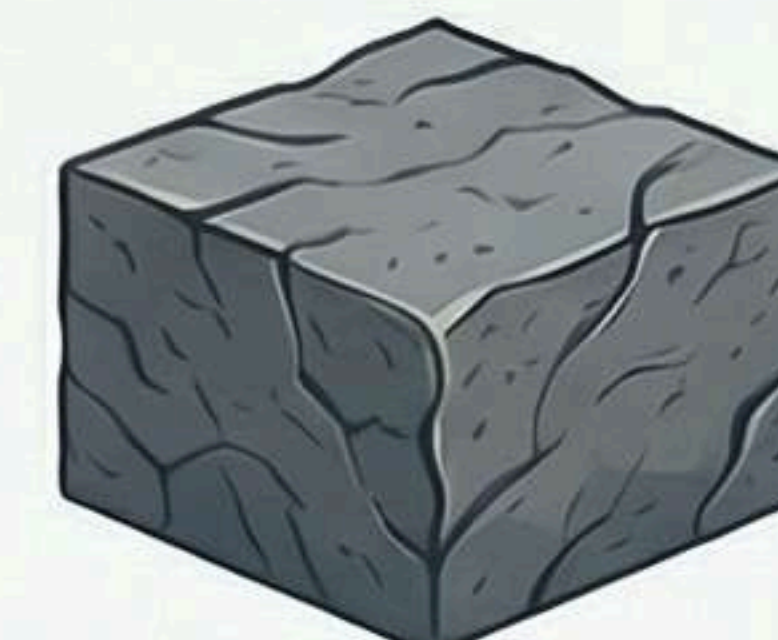
Aquíardo

Armazena água, mas sua capacidade de transmiti-la é muito lenta e limitada.



Aquíclude

Aquíclude armazena mas não transmite.



Aquífugo

Aquífugo nem armazena nem transmite água.

Água Sob Nossos Pés: Uma Viagem pela História da Hidrogeologia

A humanidade sempre dependeu da água subterrânea para sobreviver, construindo poços engenhosos por milênios. No entanto, a compreensão científica de como essa água se origina e se move — o ciclo hidrológico — levou mais de 2.000 anos para se desenvolver, evoluindo de mitos a teorias baseadas em experimentação.

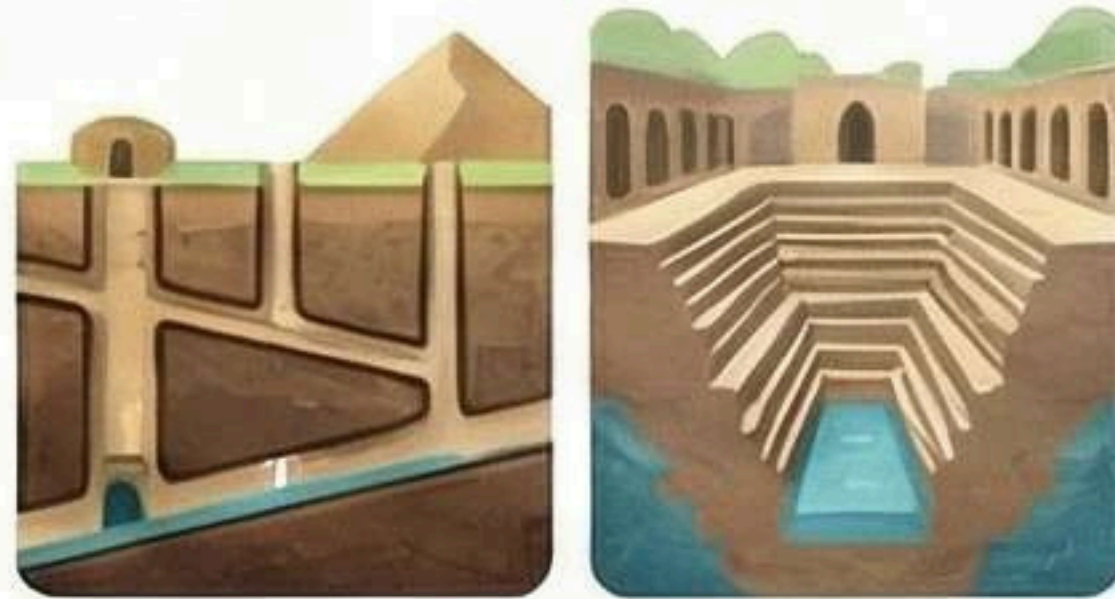


Os Primeiros Poços: Desde 11.000 a.C.

Registros arqueológicos no Novo México, Israel e Europa mostram poços escavados para sobrevivência.

Obras de Engenharia Notáveis

Sistemas como os Qanats persas e os Stepwells indianos demonstram técnicas avançadas de captação.



O Uso Prático Milenar



A Origem do Poço Artesiano

Monges em Artois (França, 1126) perfuraram um poço que jorrou naturalmente, originando o termo.

A Lenta Descoberta Científica



As 3 Teorias da Grécia Antiga

Pensadores como Tales, Anaximandro e Aristóteles debateram a origem da água subterrânea.



Oceânica
Tales de Mileto
A água do mar infiltra-se nos continentes e perde o sal, formando as fontes.



Meteórica
Anaximandro
A chuva infiltra-se em cavernas subterrâneas que, por sua vez, alimentam os rios.

Condensação
Aristóteles
O vapor de água condensa-se dentro de cavernas, formando lagos que originam os rios.

Séculos de Estagnação

Por quase 2.000 anos, teorias incorretas, como a da condensação, dominaram o pensamento científico.

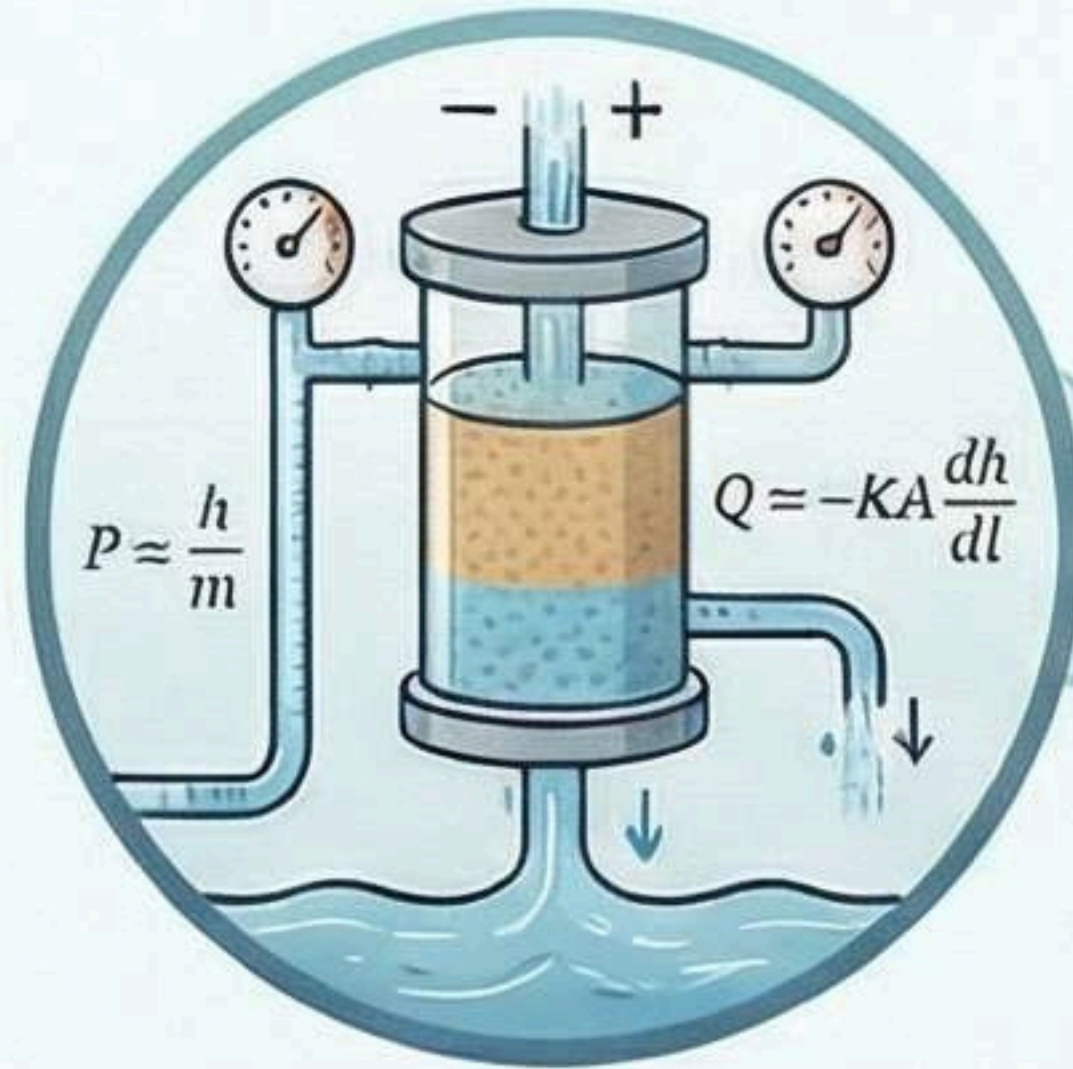
O Nascimento da Hidrologia Moderna

A partir do século XVII, a experimentação (Perrault, Mariotte) provou que a chuva é a fonte das águas subterrâneas.



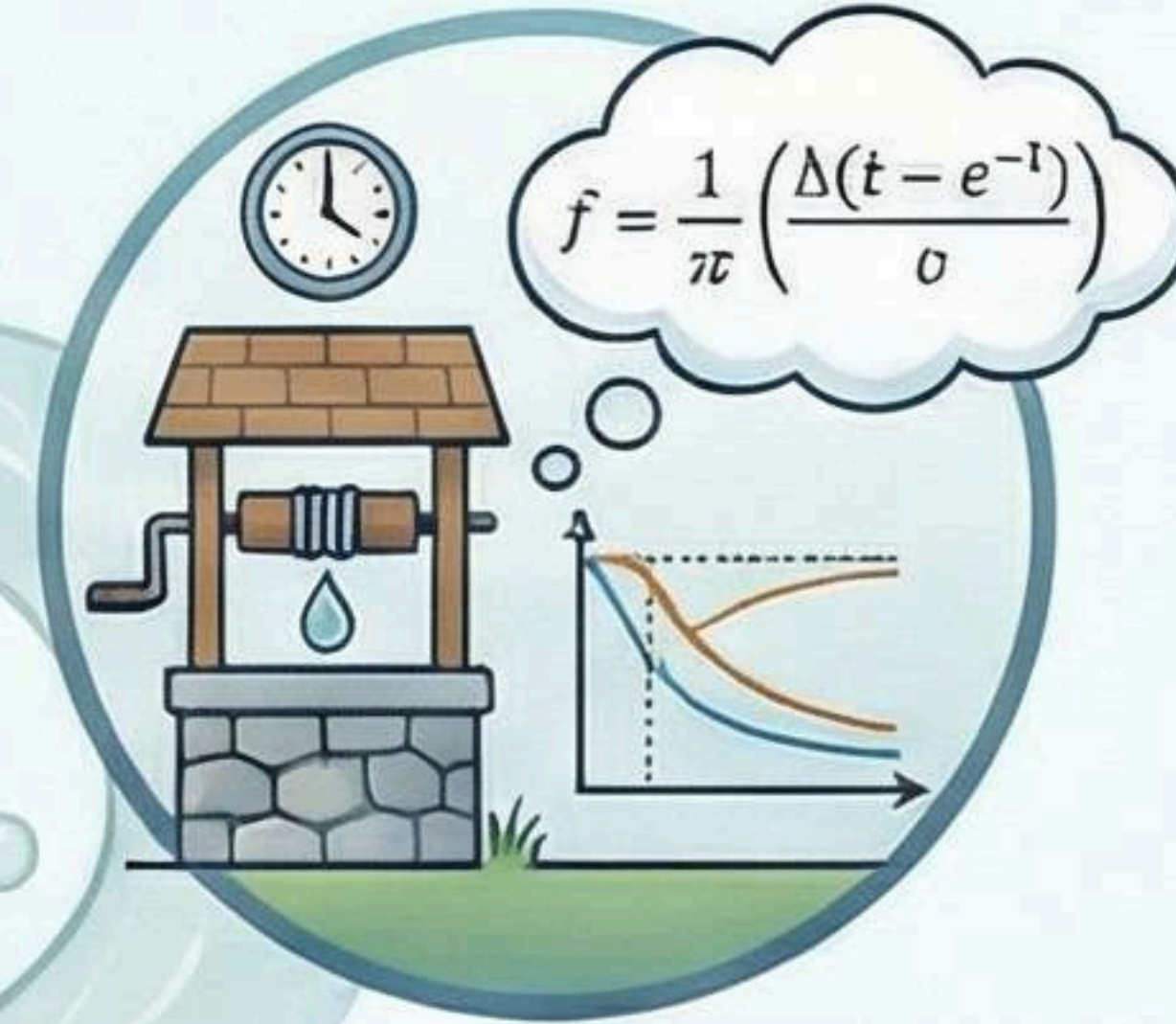
Marcos da Hidrogeologia: Do Mundo ao Brasil

O Nascimento de uma Ciência (Marco Global)



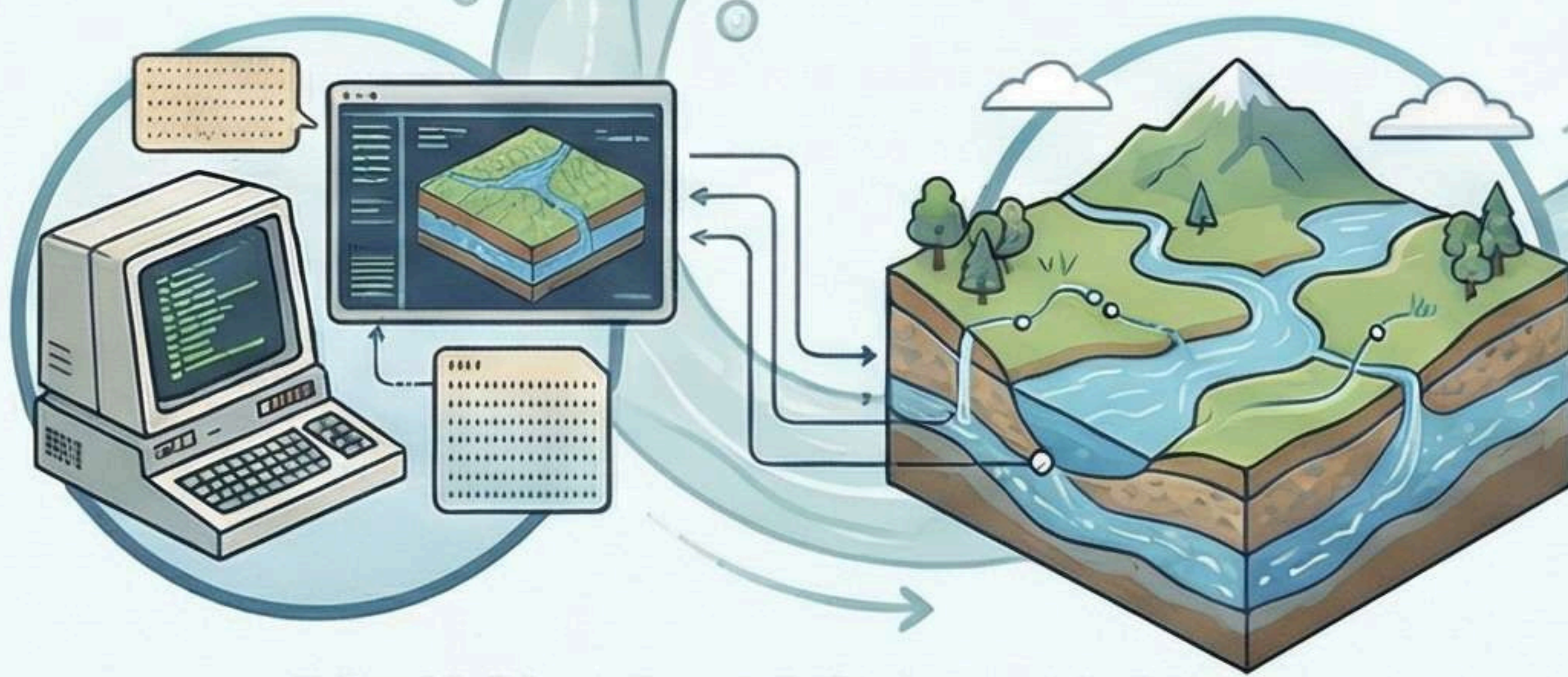
1856: A Lei de Darcy

O engenheiro francês Henri Darcy estabelece a base matemática para o fluxo de água subterrânea.



1935: A Equação de Theis

Charles V. Theis introduz o tempo como variável, revolucionando a análise de fluxo transitório.



Pós-1960: A Era Digital e Holística

O uso de computadores acelera a modelagem e a conexão com águas superficiais é consolidada.

A Hidrogeologia no Brasil (Marco Nacional)

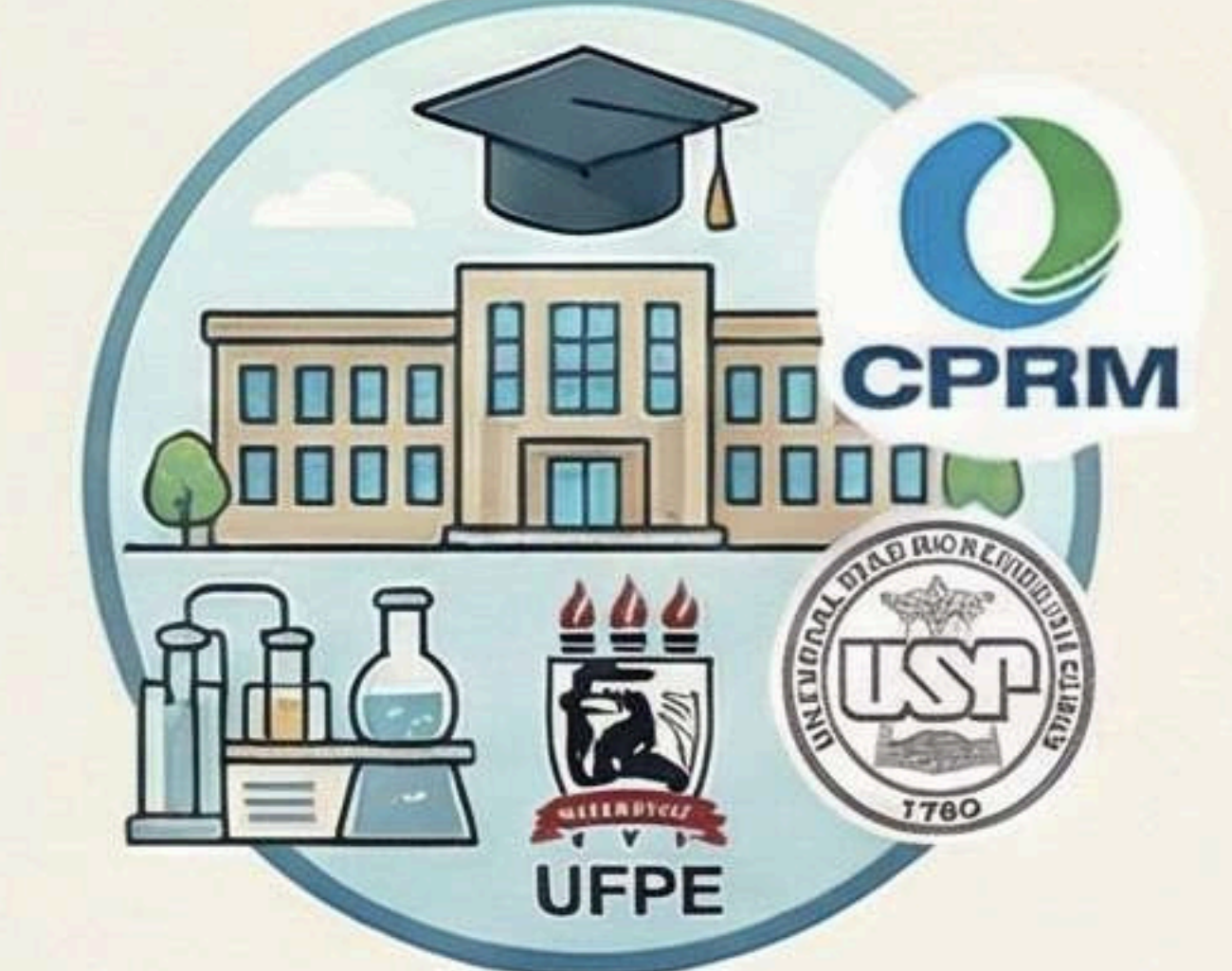


1959-1962:
O “Nascimento” com a SUDENE
A criação da SUDENE impulsiona os primeiros grandes estudos e projetos no Nordeste.



Década de 60: Formação dos Primeiros Pioneiros

Projetos como “Bacia Escola” e o “Inventário” formam a base do conhecimento nacional.



Pós-1970: Consolidação Acadêmica e Institucional

Cursos de pós-graduação (UFPE, USP) e o papel da CPRM solidificam a área no país.

CPRM: Desvendando as Águas Subterrâneas do Brasil



Guia Rápido: Delimitação de Bacias e Drenagem no QGIS

1. Preparação dos Dados

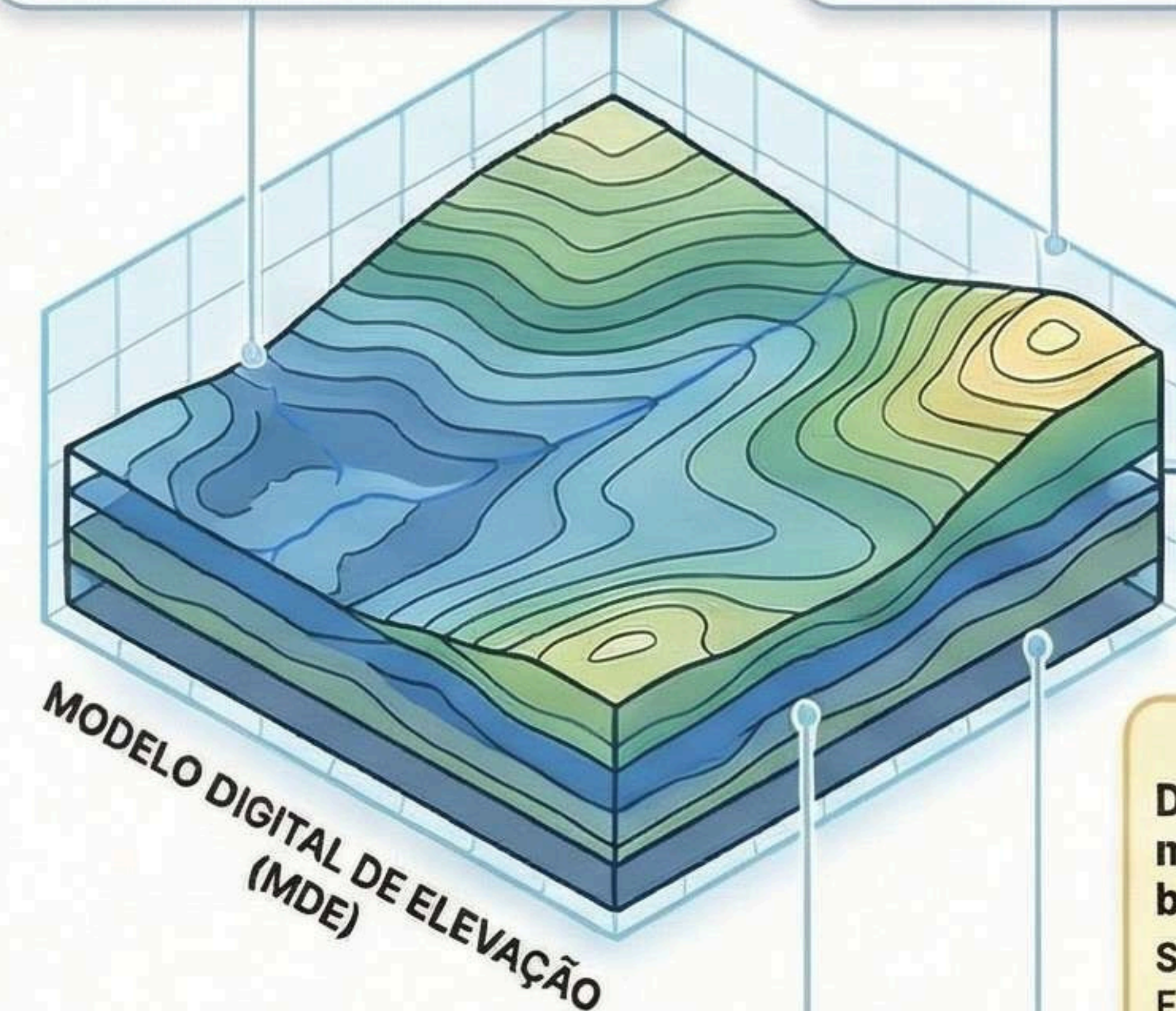
Use um Modelo Digital de Elevação (MDE) projetado.

O MDE deve estar em um sistema de coordenadas planas (ex: UTM).

O MDE deve ser maior que sua área de estudo.

Isso garante a delimitação correta das bacias nas bordas da área.

2. Execução do Algoritmo `r.watershed`



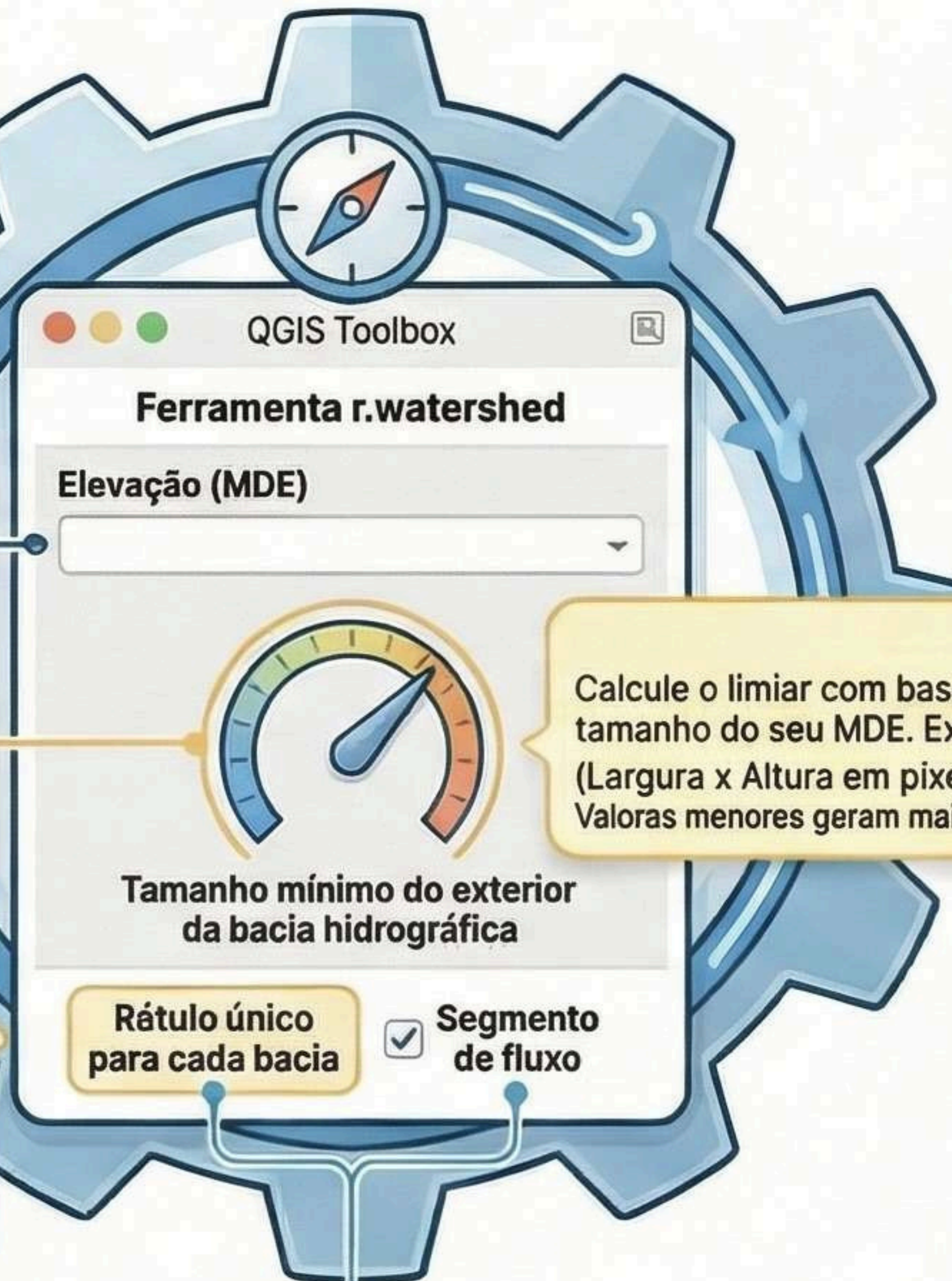
MODELO DIGITAL DE ELEVÇÃO (MDE)

Defina o "Tamanho mínimo do exterior da bacia hidrográfica".

Supporting Detail
Este é o parâmetro mais importante, medido em número de pixels.

O MDE deve ser maior que sua área de estudo.

Isso garante a delimitação correta das bacias nas bordas da área.



Calcule o limiar com base no tamanho do seu MDE. Ex: (Largura x Altura em pixels) * 1%, Valores menores geram mais detalhes.

Tamanho mínimo do exterior da bacia hidrográfica

Rótulo único para cada bacia

☒ Segmento de fluxo

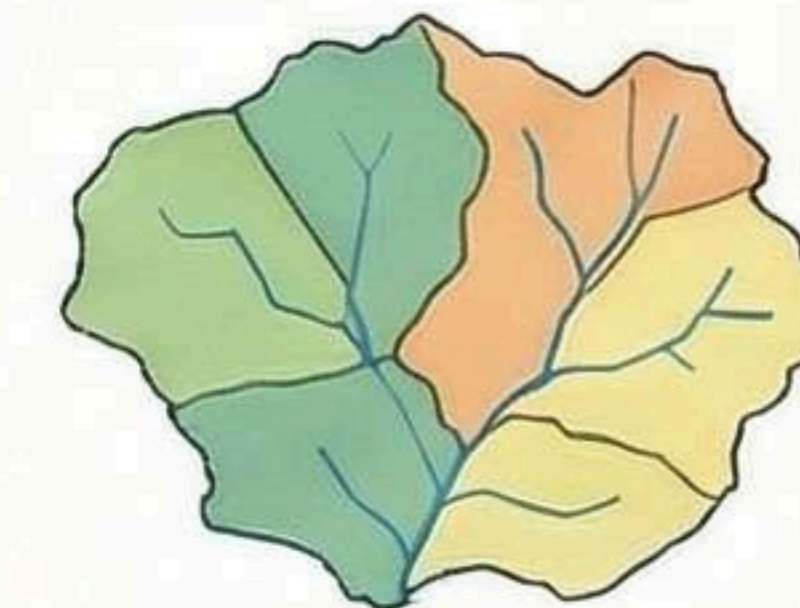
Selecione as saídas desejadas: Bacias e Drenagem.

Salva os arquivos "Rótulo único para cada bacia" e "Segmento de fluxo".

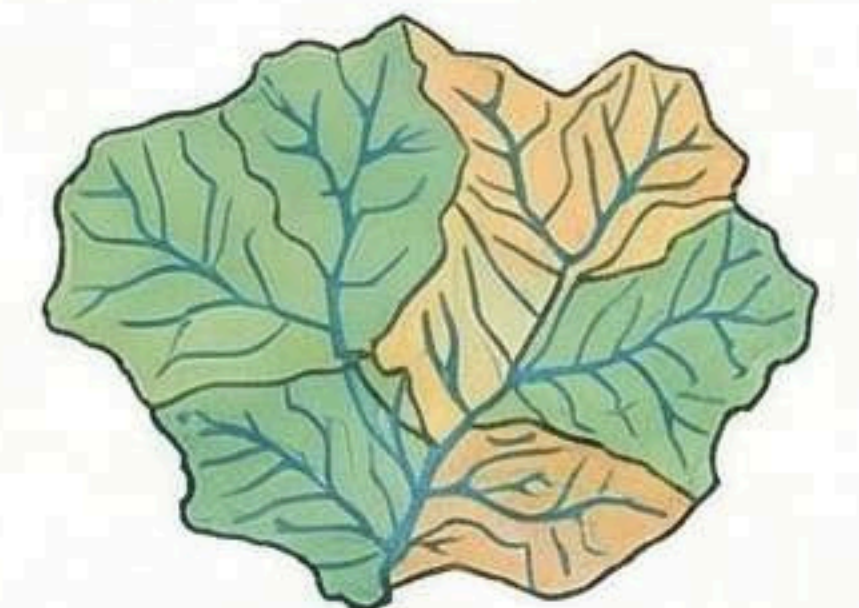
3. Refinamento e Finalização

Para uma rede de drenagem mais densa, diminua o valor do limiar.

Repita o processo com um valor menor (ex: o valor inicial dividido por 5) e compare.



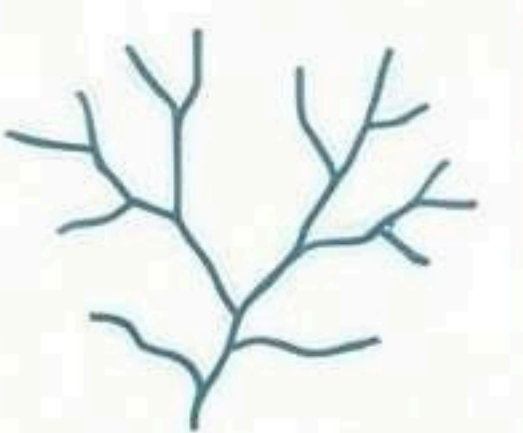
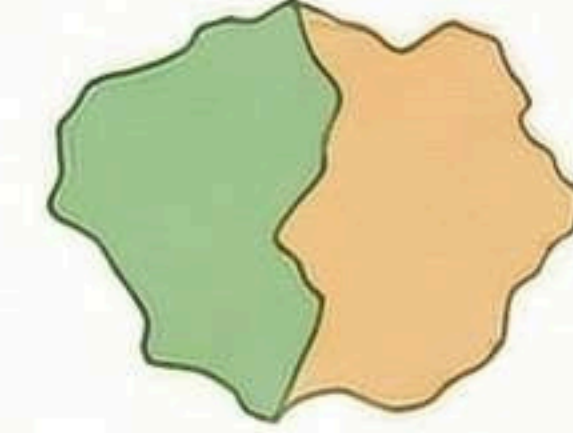
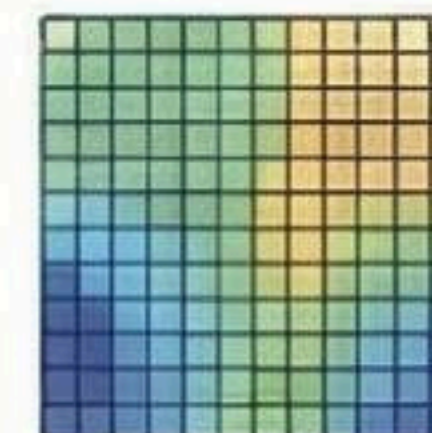
Valor Limiar Alto



Valor Limiar Baixo

Converta os resultados para vetor com a ferramenta `r.to.vect`.

Transforme as bacias (raster) em polígonos e a drenagem (raster) em linhas.



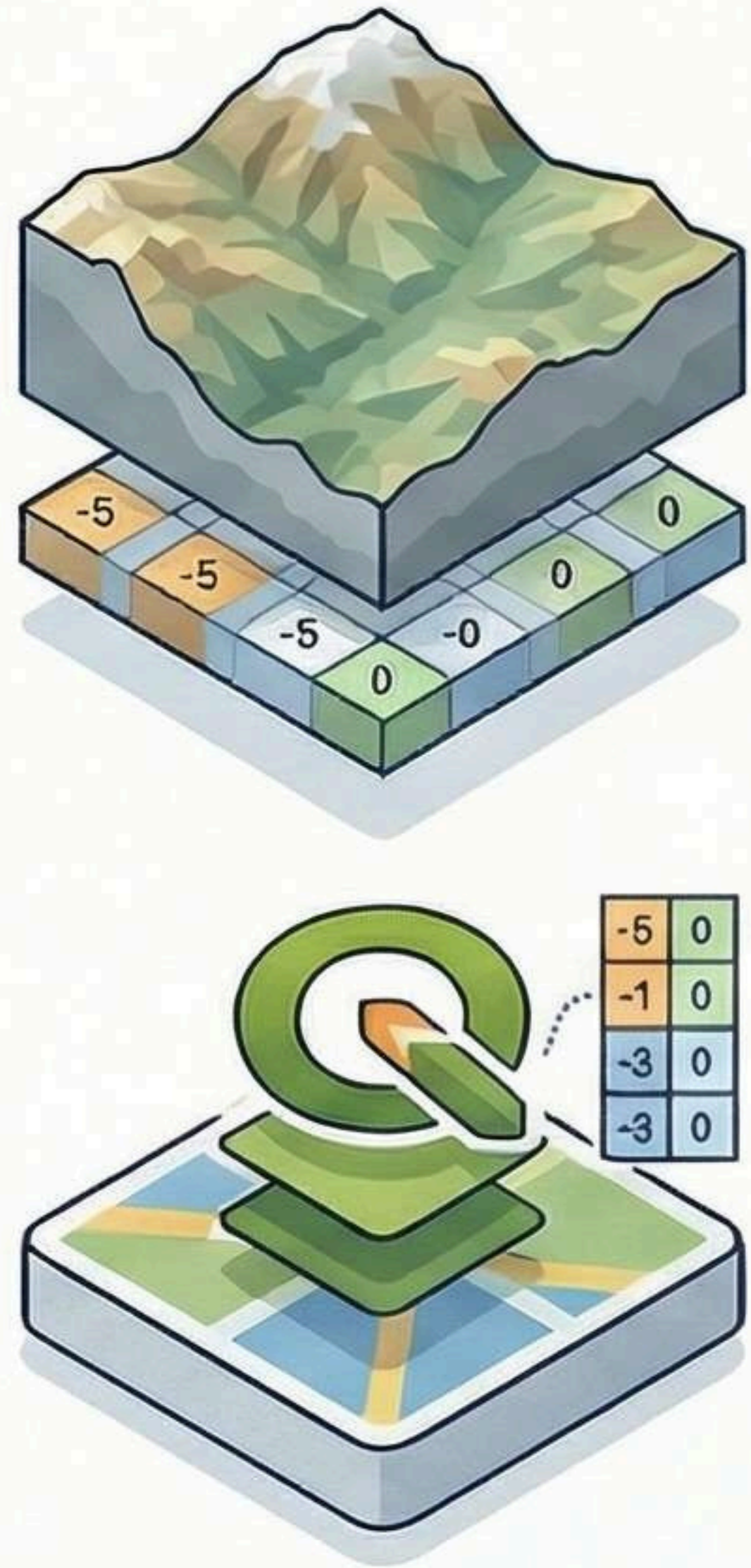
Agora seus dados estão prontos para análise!

Calcule áreas, comprimentos de rios e outras métricas com os vetores gerados.



Guia Rápido: Delimitação de Bacias com QGIS + GRASS

Fluxo de trabalho simplificado para delimitar bacias e redes de drenagem usando MDE no QGIS com ferramentas GRASS.



1. Preparar o Modelo de Elevação (MDE)

Carregue o MDE, ative as ferramentas GRASS e corrija valores de elevação negativos.

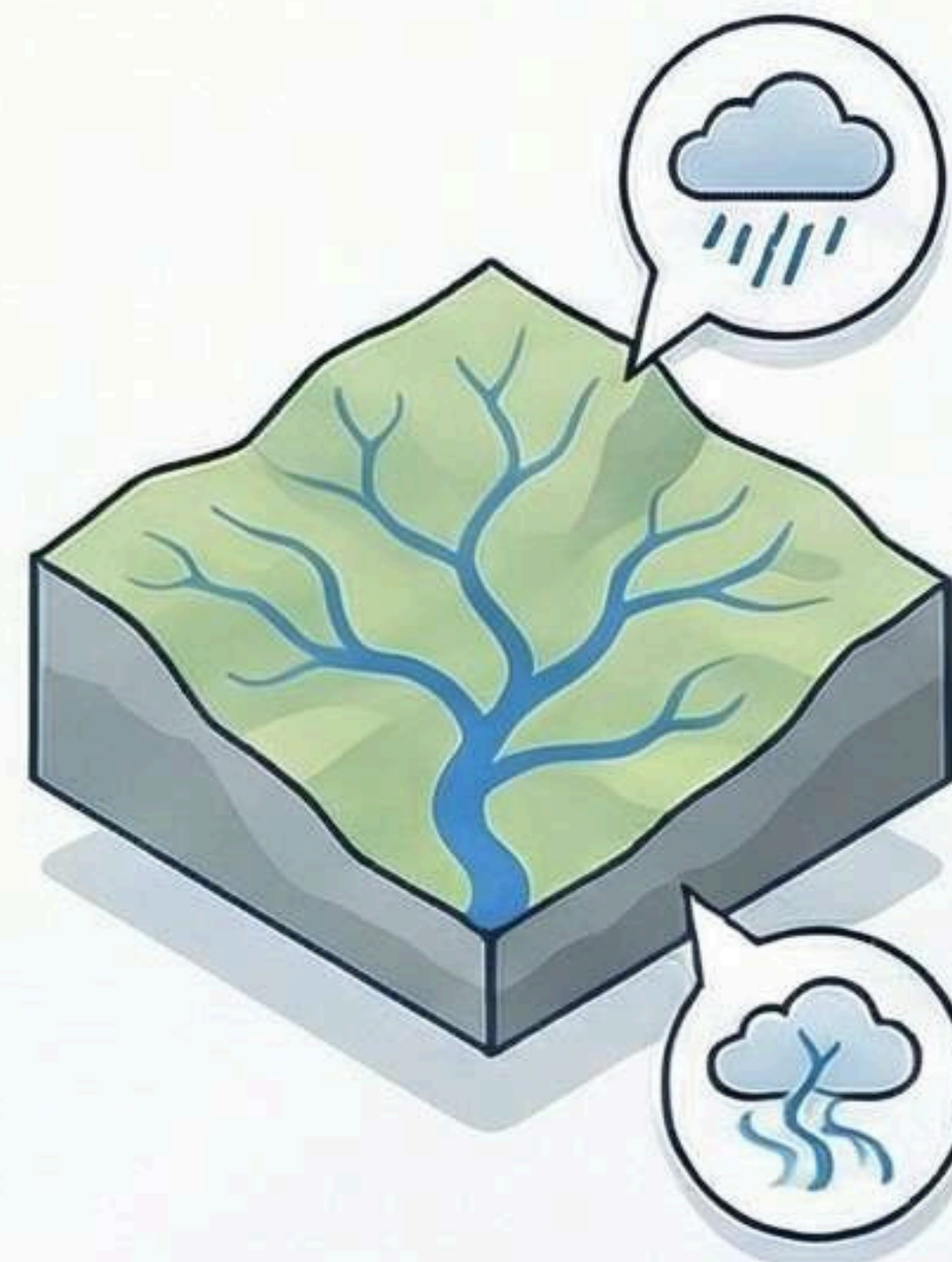
2. Remover Depressões (Fill Sinks)

Utilize a ferramenta ``r.fill.dir`` para criar um MDE hidologicamente consistente, essencial para simular o fluxo.



2. Remover Depressões (Fill Sinks)

Utilize a ferramenta ``r.fill.dir`` para criar um MDE hidologicamente consistente, essencial para simular o fluxo.

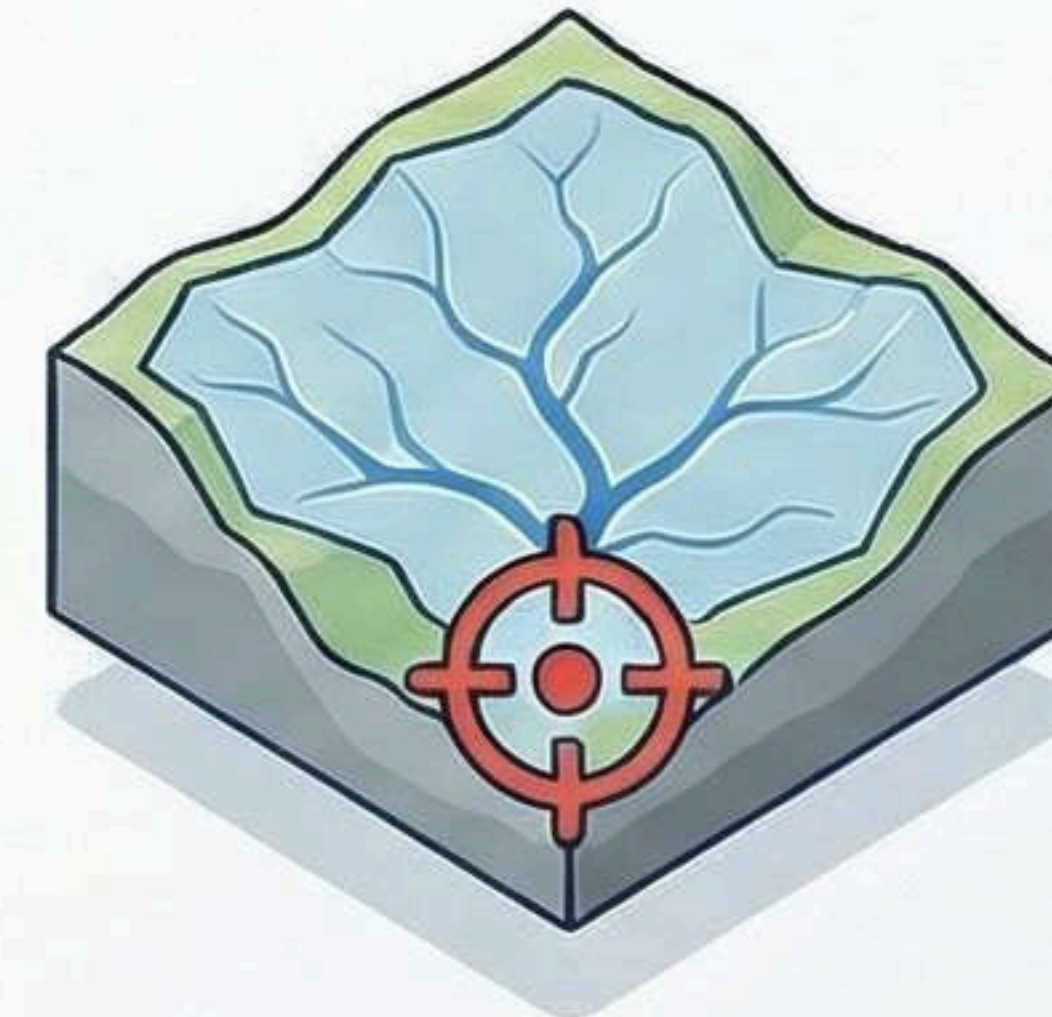


3. Calcular o Acúmulo de Fluxo

Use a ferramenta ``r.watershed`` para gerar o mapa de acúmulo de fluxo e a rede de drenagem preliminar.

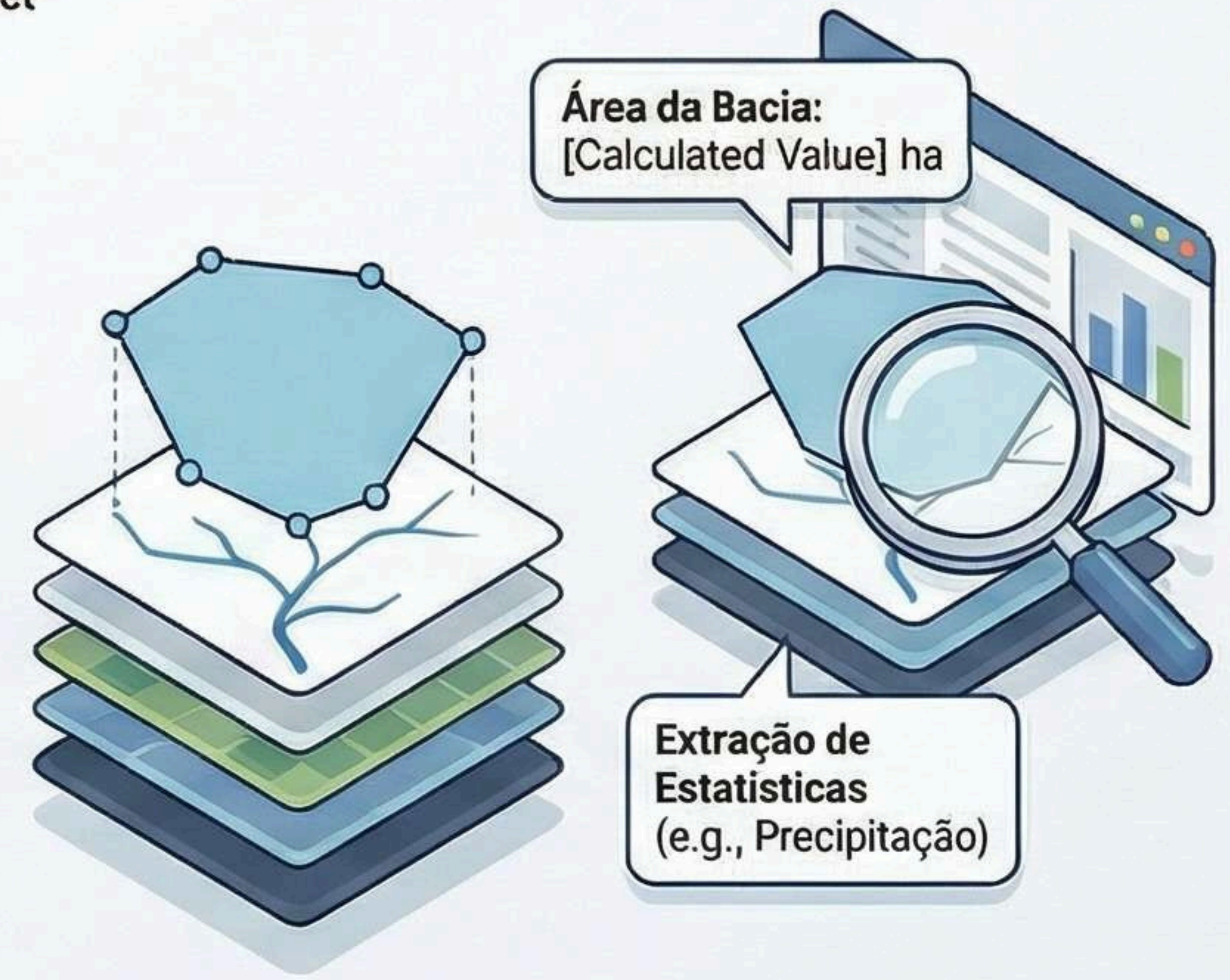
3. Calcular o Acúmulo de Fluxo

Defina as coordenadas do ponto de saída (exutório) e use ``r.water.outlet`` para gerar o limite da bacia.



4. Delimitar a Bacia

Defina as coordenadas do ponto de saída (exutório) e use ``r.water.outlet`` para gerar o limite da bacia.



5. Converter para Vetor

Transforme os resultados (bacia e rede de drenagem) de raster para o formato vetorial (ex: Shapefile).

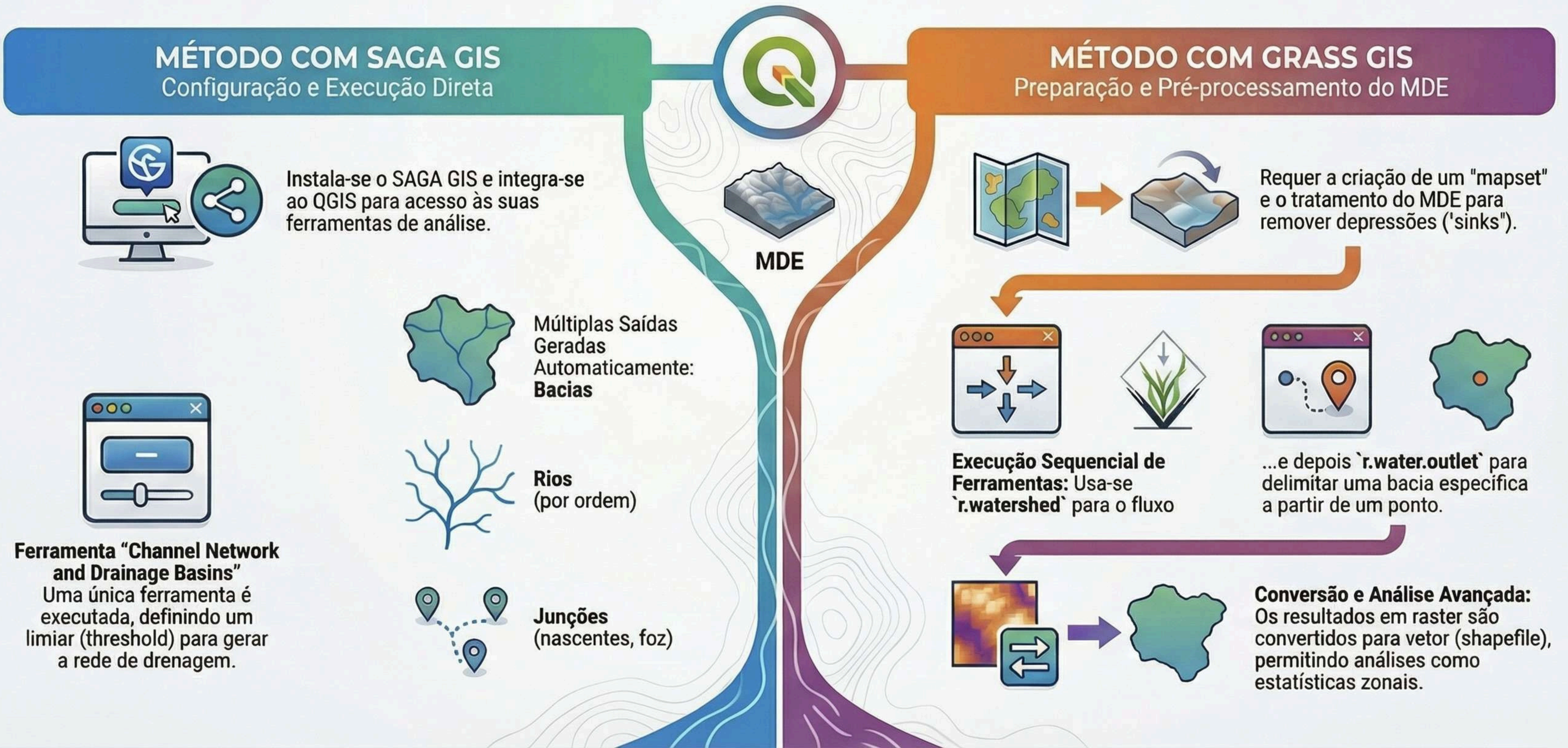


6. Analisar os Resultados

Use os arquivos vetoriais para calcular a área da bacia ou extrair estatísticas de outras camadas, como precipitação.

Delimitação de Bacias Hidrográficas no QGIS: SAGA vs. GRASS

O QGIS permite a análise hidrológica através de diferentes conjuntos de ferramentas. Este infográfico descreve os fluxos de trabalho e os principais resultados de dois dos métodos mais comuns: utilizando os complementos SAGA GIS e GRASS GIS, ambos a partir de um Modelo Digital de Elevação (MDE).



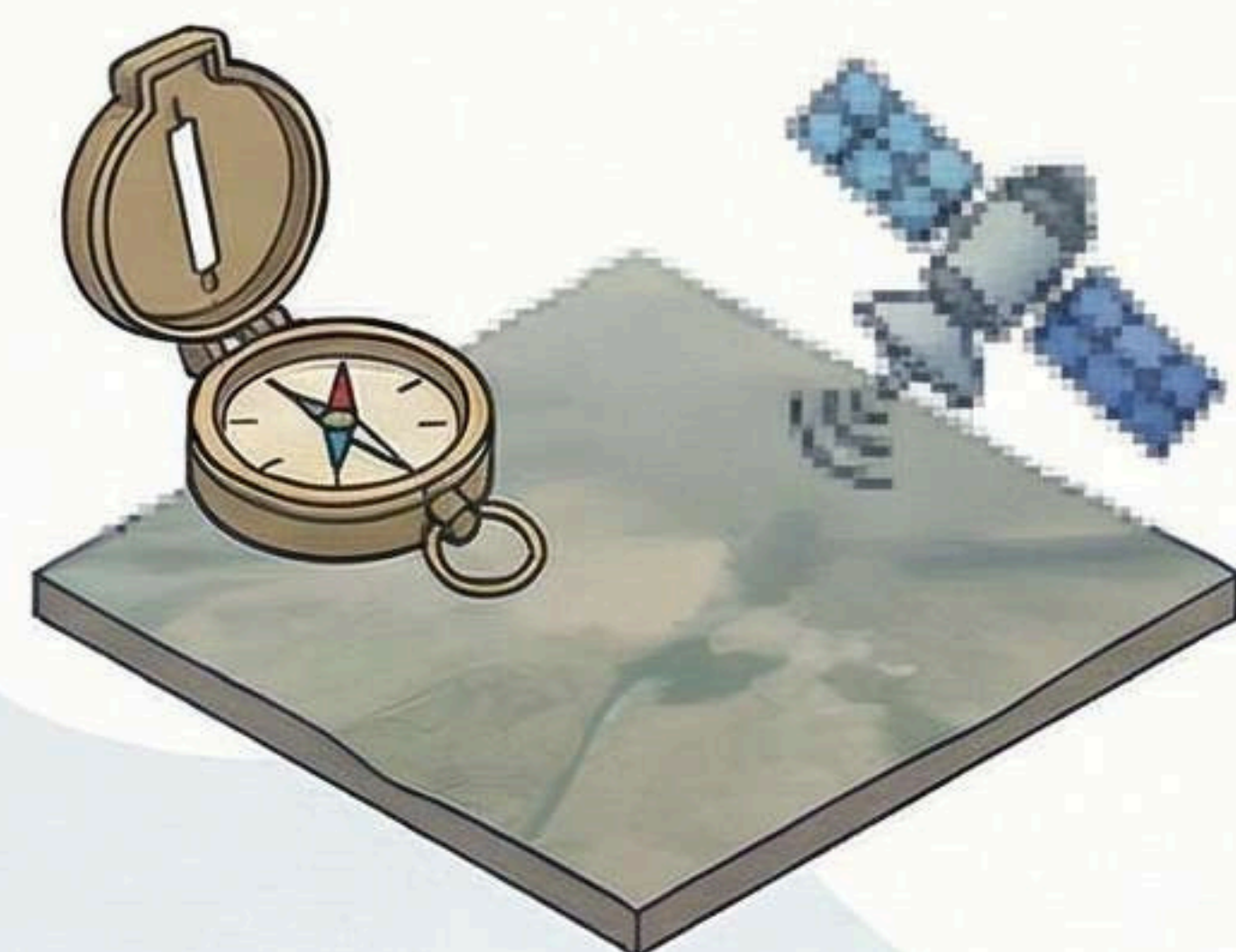
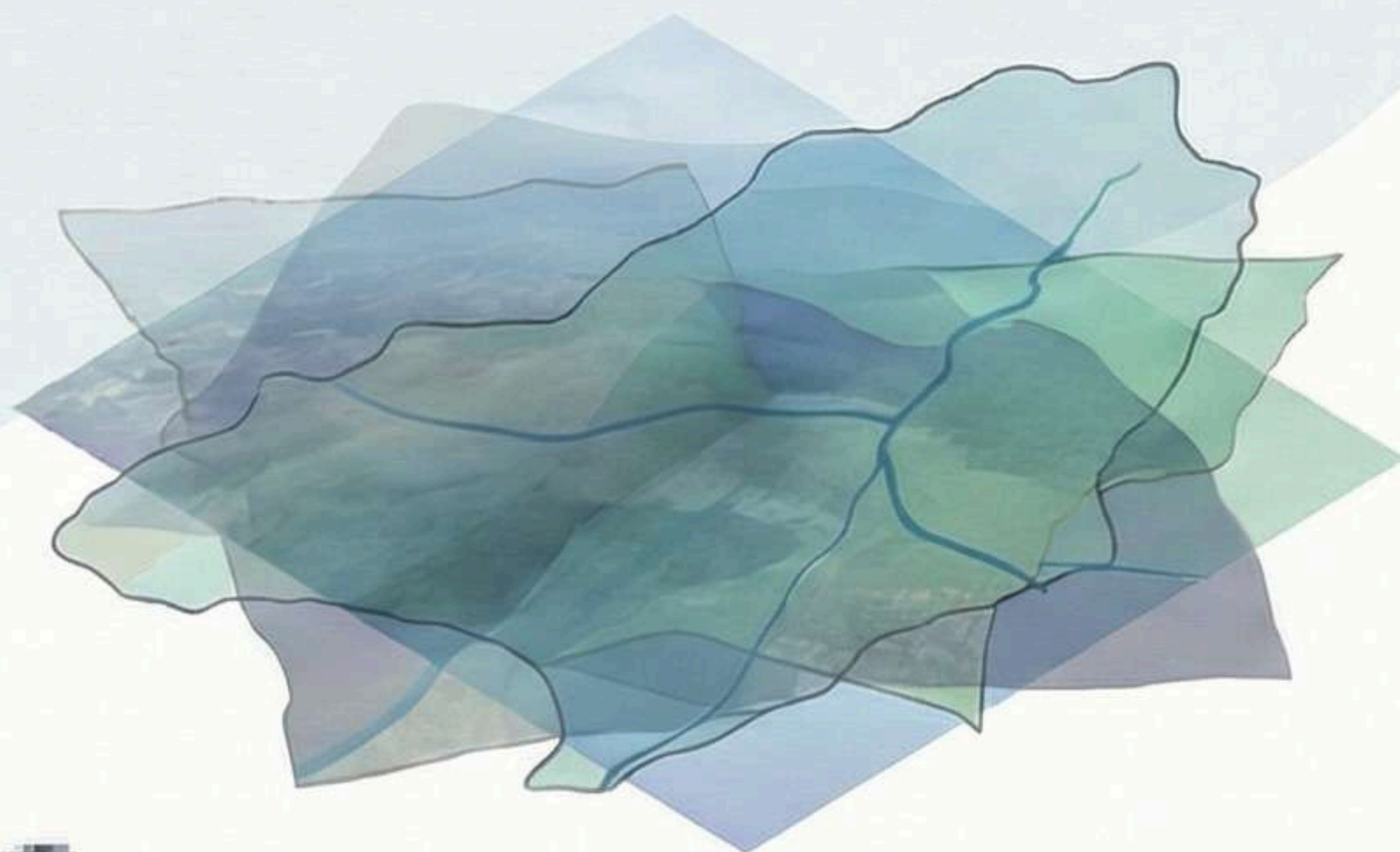
Redefinindo a Bacia do Igarapé Carrapato: Um Novo Olhar para a Gestão Hídrica

Comunica os principais resultados de um estudo que delimitou com mais precisão a Bacia Hidrográfica do Igarapé Carrapato (BHIC) em Roraima, destacando sua importância para o planejamento sustentável dos recursos hídricos.

O Desafio: Mapeando uma Bacia Estratégica

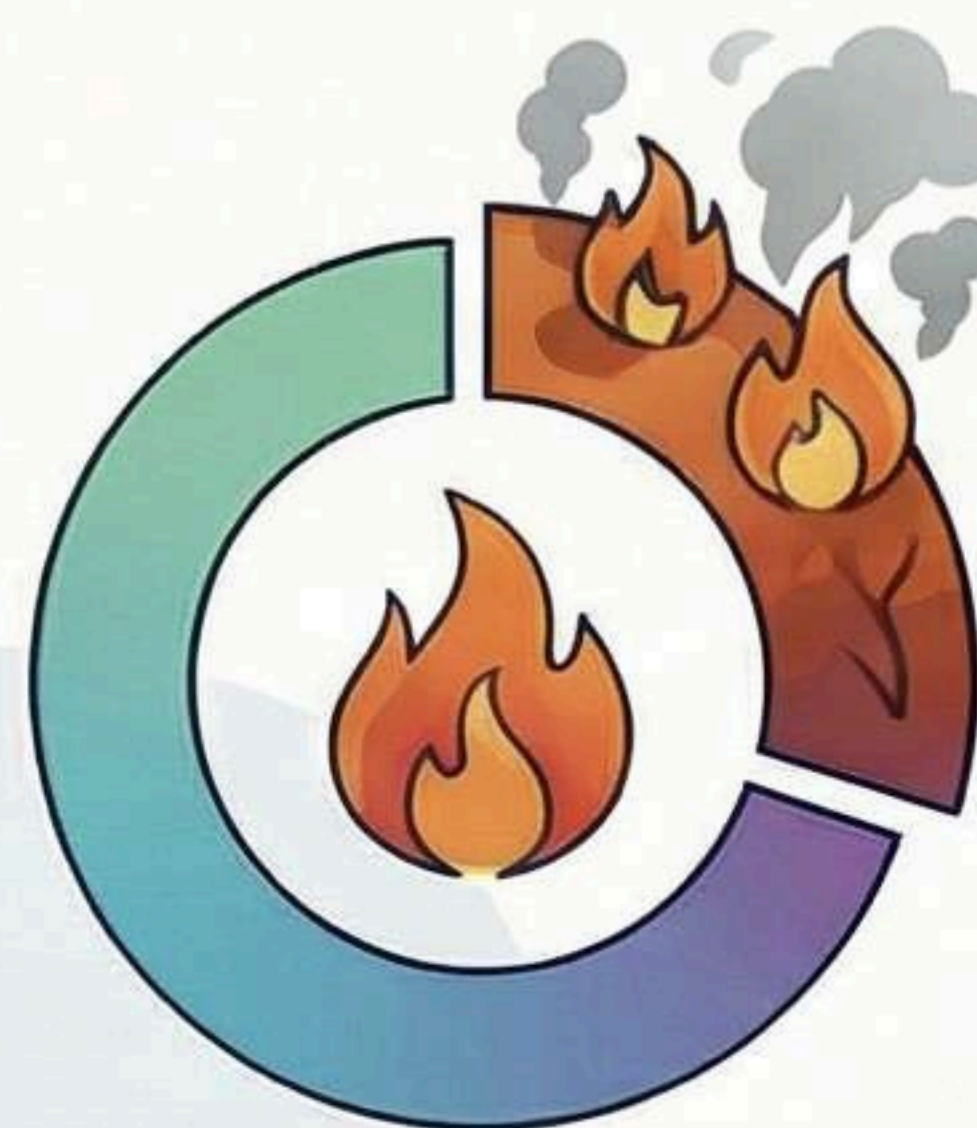
A Bacia do Igarapé Carrapato (BHIC) é um recurso hídrico vital para Boa Vista.

Localizada em área de expansão urbana e agrícola, impactando o abastecimento de água.



Delimitar bacias em áreas planas é um grande desafio técnico.

Modelos tradicionais geram mapas imprecisos, prejudicando o gerenciamento dos recursos hídricos.



Quase 30% da área da bacia possui cicatrizes de queimadas.

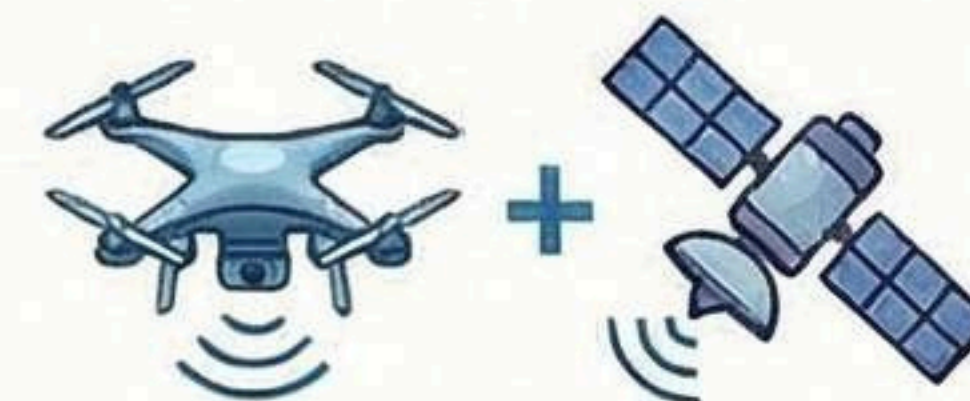
A região apresenta alta vulnerabilidade à contaminação devido ao uso intensivo do solo.



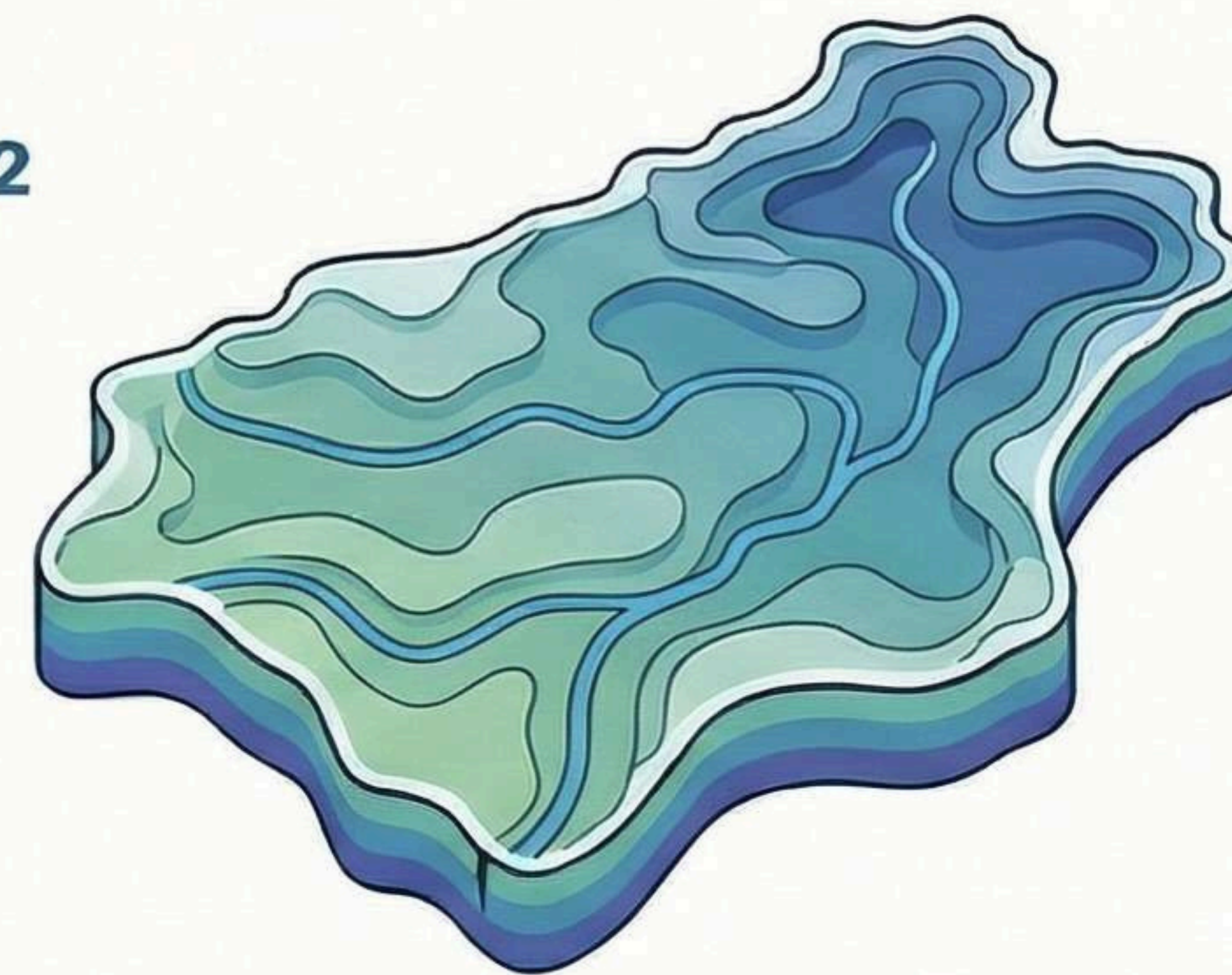
A Solução: Tecnologia Revela a Realidade da Bacia

Nova área da bacia:

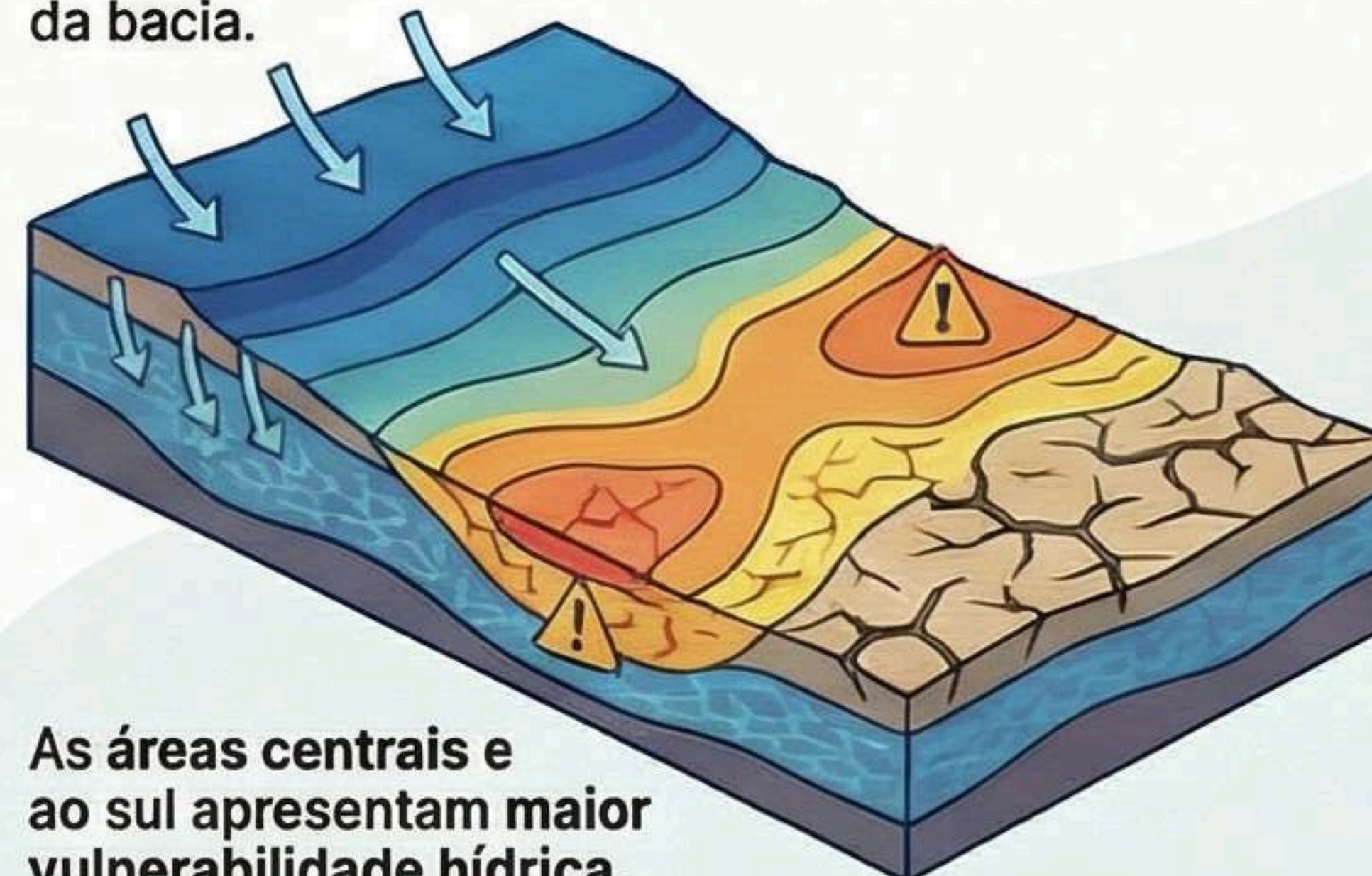
109,372 km²



Obtida pela integração de múltiplos modelos digitais, drones e dados de campo.



Zonas de recarga de aquífero foram identificadas ao norte da bacia.



As áreas centrais e ao sul apresentam maior vulnerabilidade hídrica.



O mapeamento preciso é fundamental para o planejamento sustentável.

Ajuda a proteger os aquíferos e a orientar o uso racional da água na região.

Bacia do Igarapé Carrapato: Diagnóstico e Boas Práticas para a Sustentabilidade Hídrica

Diagnóstico: Importância e Vulnerabilidades da Bacia

Relevância Estratégica para a Região

Essencial para o abastecimento de água, atividades agrícolas e o equilíbrio ecológico local.



Essencial para o abastecimento de água, atividades agrícolas e o equilíbrio ecológico local.

Ameaças Crescentes



A bacia sofre com o uso intensivo da água, desmatamento e os impactos da urbanização.

Alta Vulnerabilidade à Contaminação



O Aquífero Boa Vista, raso e com alta infiltração, apresenta grande risco de contaminação.

Solução: Boas Práticas para a Conservação

Agricultura Sustentável



Agricultura Sustentável

Priorizar irrigação eficiente (gotejamento), reduzir agrotóxicos e proteger a vegetação ciliar.

Uso Consciente na Cidade e em Casa



Uso Consciente na Cidade e em Casa

Evitar o desperdício, garantir saneamento adequado e não descartar resíduos no igarapé.

Proteção de Poços e Nascentes



Proteção de Poços e Nascentes

Realizar a vedação correta dos poços, fazer limpeza periódica e monitorar a qualidade da água.

Produtividade dos Aquíferos

Produtividade	Característica Principal
Multe Alta	Abastecimento de cidades e grandes irrigações.
Moderada	Fornecimento para pequenas comunidades e irrigações restritas.
Multo Baixa	Fornecimentos contínuos dificilmente são garantidos.

Manual de Boas Práticas: Protegendo a Bacia do Igarapé Carrapato

A Bacia Hidrográfica do Igarapé Carrapato (BHIC) é estratégica para o desenvolvimento regional, mas enfrenta desafios devido ao uso intensivo e à urbanização. Este manual orienta o uso sustentável.

DESAFIOS E VULNERABILIDADES



BOAS PRÁTICAS PARA A SUSTENTABILIDADE



Protegendo o Igarapé Carrapato: Riscos e Soluções

Alta Vulnerabilidade à Contaminação

O aquífero é raso e possui alta taxa de infiltração, facilitando a contaminação.



Pressões Humanas em Aumento

Uso intensivo para agricultura, pecuária, urbanização e obras ameaça a qualidade da água.



Avanço Sobre a Vegetação Nativa

Desmatamento para áreas agrícolas e urbanas degrada o ecossistema e as margens dos rios.

Boas Práticas para a Proteção das Águas



Na Agricultura

Priorize irrigação eficiente e proteja a vegetação ciliar para evitar assoreamento.



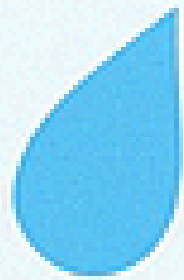
Na Indústria e em Casa

Trate efluentes industriais, evite desperdício e garanta o uso de fossas sépticas adequadas.



Ações de Conservação para Todos

Não descarte resíduos, evite queimadas e denuncie captação ilegal de água ou poluição.

Prof  Agua

