

## GEOMORFOLOGIA E HIDROLOGIA EM AMBIENTES TROPICAIS

### FILIFE DA SILVA PEIXOTO

Professor do Programa de Pós-graduação em Geografia e do Programa de Pós-graduação em Ciências Naturais/UERN. Líder do Grupo de Pesquisa em Geografia Física do Semiárido – GEOFISA  
Email: [felipepeixoto@uern.br](mailto:felipepeixoto@uern.br) ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5409-3001>

### ROBSON FERNANDES FILGUEIRA

Professor do Departamento de Geografia da UERN. Pesquisador do Grupo de Pesquisa em Geografia Física do Semiárido – GEOFISA  
Email: [robsonfilgueira@uern.br](mailto:robsonfilgueira@uern.br) ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8638-154X>

Recebido: 12/25    Avaliado: 02/26    Publicado: 03/26

### RESUMO

A Hidrologia e a Geomorfologia estão interligadas na análise da paisagem, visto que processos hidrológicos moldam o relevo e influenciam na sua dinâmica, enquanto as feições superficiais condicionam a direção, intensidade e velocidade dos fluxos hídricos. O presente trabalho apresenta elementos das bases teóricas dessas duas Ciências utilizados na compreensão das paisagens tropicais. A complexidade dos aspectos hidrológicos e geomorfológicos dos sistemas ambientais tropicais exige abordagens específicas, ainda que se considerem fatores gerais para compreender seu funcionamento. Isto ocorre porque cada sistema apresenta particularidades que influenciam diretamente o comportamento e a dinâmica dos aspectos hidrológicos e geomorfológicos da paisagem. Embora a transição de modelos deterministas para abordagens estocásticas tenha favorecido a compreensão dessa complexidade, o cenário atual de mudanças climáticas em curso traz o desafio de prever eventos extremos. Esta previsão é fundamental para orientar medidas de mitigação e adaptação em áreas tropicais, fortalecendo a relação equilibrada entre sociedade e natureza.

**Palavras-chave:** Processos exógenos. Hidrossistemas. Geomorfologia fluvial.

## GEOMORPHOLOGY AND HYDROLOGY IN TROPICAL ENVIRONMENTS

### ABSTRACT

Hydrology and geomorphology are interconnected in landscape analysis, since hydrological processes shape the relief and influence its dynamics, while surface features condition the direction, intensity, and speed of water flows. This work presents elements of the theoretical bases of these two sciences used in understanding tropical landscapes. The complexity of the hydrological and geomorphological aspects of tropical environmental systems requires specific approaches, even when considering general factors to understand their functioning. This is because each system presents particularities that directly influence the behavior and dynamics of the hydrological and geomorphological aspects of the landscape. Although the transition from deterministic models to stochastic approaches has favored the understanding of this complexity, the current scenario of ongoing climate change brings the challenge of predicting extreme events. This prediction is fundamental to guiding mitigation and adaptation measures in tropical areas, strengthening the balanced relationship between society and nature.

**Keywords:** Exogenous processes. Hydrosystems. Fluvial geomorphology.

## GEOMORFOLOGÍA E HIDROLOGÍA EN AMBIENTES TROPICALES

### RESUMEN

La hidrología y la geomorfología están interconectadas en el análisis del paisaje, ya que los procesos hidrológicos moldean el relieve e influyen en su dinámica, mientras que las características superficiales condicionan la dirección, intensidad y velocidad de los flujos de agua. Este trabajo presenta elementos de las bases teóricas de estas dos ciencias, utilizadas para la comprensión de los paisajes tropicales. La complejidad de los aspectos hidrológicos y geomorfológicos de los sistemas ambientales tropicales requiere enfoques específicos, incluso considerando factores generales para comprender su funcionamiento. Esto se debe a que cada sistema presenta particularidades que influyen directamente en el comportamiento y la dinámica de los aspectos hidrológicos y geomorfológicos del paisaje. Si bien la transición de modelos deterministas a enfoques estocásticos ha favorecido

la comprensión de esta complejidad, el escenario actual de cambio climático plantea el reto de predecir eventos extremos. Esta predicción es fundamental para orientar las medidas de mitigación y adaptación en las zonas tropicales, fortaleciendo la relación equilibrada entre la sociedad y la naturaleza.

**Palabras clave:** Procesos exógenos. Sistemas hidrológicos. Geomorfología fluvial.

## INTRODUÇÃO

No século XVII, o surgimento de um conhecimento sistematizado congregou saberes que puderam, em última instância, ser organizados de maneira a atender a reprodutibilidade técnica para se utilizar em processos industriais, sobretudo, mais eficientes no processo de produção, com relação ao emprego de fontes mais eficientes de energia e controle do tempo de produção da mão de obra. Os ramos científicos sobre os estudos da natureza deram seus passos iniciais por meio de homens da ciência como James Hutton e Charles Lyell, os quais, ao questionar a origem e idade de determinadas rochas, produziram explicações opostas às superstições da época.

As primeiras pesquisas em geociências foram baseadas em questões fundamentais, bem como algumas tarefas de cunho classificatório e sistemático, na tentativa de padronizar métodos de estudos aplicados e sintetizar os conhecimentos exploratórios, sobre os quais o mundo começara a ser desvelado dentro de um mesmo sistema de conhecimento.

Situar a geomorfologia neste ínterim é tarefa difícil, mas é notório que seus fundamentos nascem da geologia, no que pode ser chamado de revolução do conhecimento científico sobre a origem da terra, seus materiais constituintes e a forma como estes se apresentam em superfície. A geomorfologia, propagou-se, contudo, como um ramo do conhecimento mais ou menos independente, o qual foi sendo produzido com base nas explicações sobre a forma do relevo e sua relação com as dinâmicas espaço-temporal diferenciadas entre a litosfera e a atmosfera. Tanto com relação à gênese e resistência das rochas aos processos intemperismo e erosão, como a influência estrutural na forma, sobretudo para explicar os mega relevos, ramo que mais tarde sofre a influência dos estudos desenvolvidos a partir da deriva continental, ensaiada por Alfred Wegener na década de 1910.

Os conhecimentos sobre as águas são, provavelmente dos mais antigos, pois a água sempre foi motivo de observação. Entender a dinâmica dos sistemas fluviais era condição básica para o modo de vida sedentário, desde as projeções de cota de rios para irrigação às formas de armazenamento. A técnica aplicada busca controlar o fluxo natural de cheias de um rio, ou buscar o acesso à água do subsolo por meio de poços. Tais conhecimentos fizeram parte da cosmovisão da cultura de diversos povos. Como os persas que projetaram os Kanaquis ou os egípcios e os povos mesopotâmicos que se utilizavam da observação das cotas dos rios para projetar sistemas de irrigação por nivelção de modo a aplicar os princípios básicos da hidrologia há cerca de 3000 anos A. C.

Tal controle hidrológico esteve relacionado não só à forma e aumento da produção de cereais, mas provocou uma mudança sem precedentes no espaço geográfico, tendo por consequência o surgimento das primeiras cidades em função das trocas dos excedentes cada vez maiores

Todas as sociedades antigas possuem em comum o domínio da técnica da irrigação, promovendo assim melhores condições de produção, melhorando a qualidade nutritiva, quantidade e diversidade dos alimentos, gerando o excedente, responsável pelas trocas que deram origem aos primeiros espaços que viriam a ser chamados de cidades” (Peixoto, 2020, p. 24)

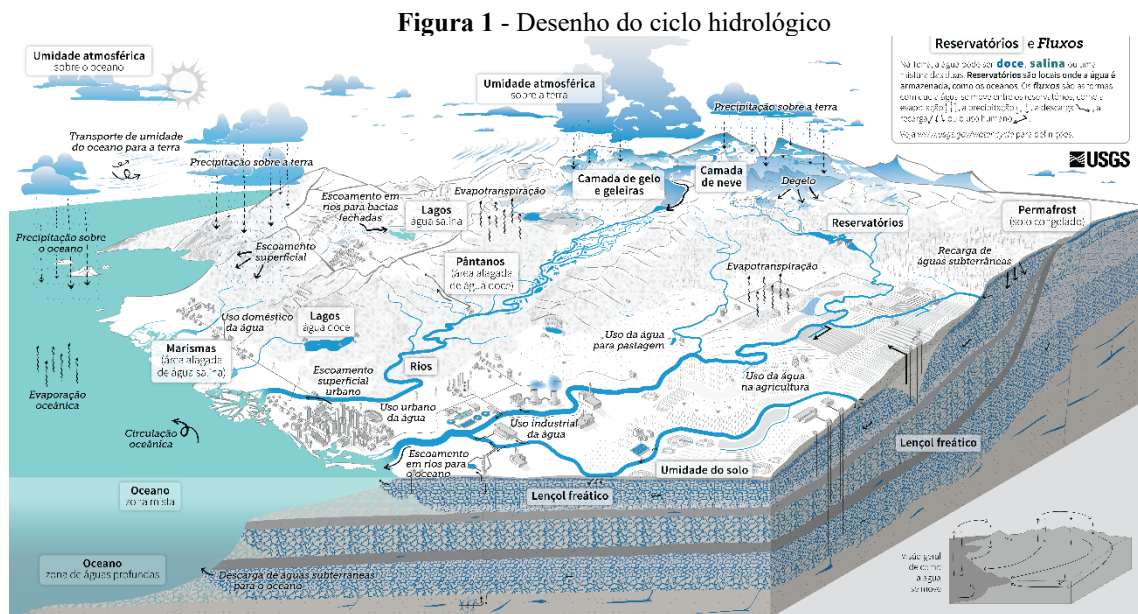
Muitos desses conhecimentos se perderam ao longo da história e foram “redescobertos” sob uma roupagem da ciência moderna. Tendo sido aperfeiçoados desde então, os avanços possibilitaram a resolução de problemas práticos, produção de conhecimentos vastos em

construção civil, monitoramento e previsão de cheias, estudos de qualidade natural e pesquisas sobre a poluição e contaminação das águas. Esses conhecimentos foram conjugados e aplicados ao manejo e uso das águas em atividades de escalas cada vez maiores de demanda hídrica, de maneira a aglutinar-se na ciência hidrológica em geral.

Pinto et al. (1976, p.101) destacam que a hidrologia é a ciência que estuda a água na Natureza: [...] É parte da Geografia Física e abrange, em especial, propriedades, fenômenos e distribuição da água na atmosfera, na superfície da terra e no subsolo”. Tal definição situa o papel da hidrologia em uma complexidade de fenômenos, os quais não dizem respeito exclusivamente à água, mas ocorrem em interação, especialmente com a superfície da terra, modelada por processos de diferentes intensidades.

O princípio mais abrangente da ciência hidrológica é o ciclo hidrológico. Em uma perspectiva de escala abrangente, o ciclo da água se comporta globalmente em uma integração mais efetiva na superfície, mas que também compõe processos mais lentos, em profundidade crustal e em escala de tempo de milhares de anos. Este ciclo ocorre de forma abrangente na atmosfera, mais precisamente na troposfera, onde circula a grande maioria da água em forma de nuvens ou vapor, mas também passa pela interação com a superfície terrestre e infiltra até milhares de metros de profundidade, recarregando, muito lentamente, aquíferos profundos (Figura 1).

A circulação da água por entre estes compartimentos terrestres demonstra de forma resoluta que a partir de seu desenho conceitual a integração entre os vários processos que o constitui, o que deve reverberar em uma abordagem da mesma natureza entre a geomorfologia, geologia, hidrologia, solos e vegetação, para explicar e abranger um conhecimento mais geral sobre a superfície da terra.



Fonte: United State Geologic Survey, 2024.

Os dados climatológicos são de crucial importância para a hidrologia, pois eles fornecem a quantidade de água que alimenta os sistemas hídricos, sejam superficiais ou subterrâneos. Reservatórios naturais ou artificiais, concebidos como hidrossistemas são conceituados permanentemente como parte do ciclo hidrológico global. Eles são os objetos mais impactados pela pressão humana para suprir demandas consuntivas e não consuntivas de atividades como o abastecimento doméstico, irrigação industrial, serviços turísticos, pesca, geração de energia elétrica e transporte.

A tradição de se trabalhar com um recorte superficial de bacia hidrográfica atende a diversos critérios científicos que permitem quantificar com coerência e relativa precisão os volumes de água e previsão de recarga dos hidrossistemas, por meio da comparação e observação empírica dos dados de precipitação e curva do hidrograma unitário de uma determinada secção do rio. Outros métodos permitem estimar os volumes de água em determinados hidrossistema somente pela estimativa da precipitação. O método racional permite inferir esses volumes com base em aproximações, mas necessita de dados empíricos de monitoramento qualificados.

Desde os saberes antigos, a tecnologia aplicada a partir de princípios da hidrologia foi desenvolvida como técnica para regularizar fluxos de água, seja para disponibilidade hídrica em reservatórios artificiais, seja para controle de cheias e inundações. Este controle permitiu uma expansão sem precedentes da agricultura, que repercutiu em uma mudança no modo de vida nômade, que passou a ter como principal atividade a caça e coleta de frutas, raízes e legumes ou restos de presas. A vida sedentária passou a ser ligada à terra, cultivando-a do ponto de vista técnico. O que resultou em um excedente de produção que permitiu assim agregação de valor de posse da terra.

Muito tempo após isso, a expansão do que se chama de revolução verde obteve mudanças de, talvez, mesma proporção, na qual tecnologias sofisticadas de alteração genética produziram espécimes vegetais mais produtivas e resistentes. Em vários locais do mundo, há grandes consumidores de água, cuja base de irrigação, ou indústria produz conflitos latentes com outros setores produtivos, ou mesmo com o abastecimento doméstico.

A tecnológica implementada não tem reduzido o consumo de água, pelo contrário. Tem, cada vez mais, exigido a técnica implementada no manejo de água para acessar mais profundamente os aquíferos ou reservar e barrar maiores volumes de água dos sistemas fluviais. Tem sido assim no setor hidroelétrico, com usinas cada vez maiores, produzindo impactos muito significativos no meio e até planetários<sup>1</sup>. A técnica implementada no espaço visa melhorar os atributos espaciais para a produção ou circulação. O manejo de um recurso essencial para a produção muitas vezes condiciona logisticamente a produtividade ou extração de recurso de determinadas áreas.

Dessa maneira, as inovações implementadas tecnicamente na interligação em bacias, a construção de grandes reservatórios e poços com grandes profundidades produziram mudanças sem precedentes que permitiram acessar volumes de água maiores e mais difíceis de manejar. Contudo, do ponto de vista qualitativo, a expansão da tecnologia de materiais acessíveis economicamente e a expansão da energia elétrica de diversos países têm proporcionado maiores condições de acesso à água subterrânea, porém sem controle de gerenciamento de oferta hídrica, o que tem provocado a superexploração de diversos reservatórios (Bierkiens e Wadda, 2019).

Há, todavia, uma relação intrínseca entre a geomorfologia e os processos hidrológicos. Em todas as teorias de evolução do modelado da superfície terrestre há uma análise qualitativa de classificação ou formulação de modelos genéricos de evolução, e neles, os processos hídricos, associados aos sistemas fluviais ou não, sempre são abordados como agente de denudação do relevo, sobretudo nos ambientes tropicais. Este trabalho busca justamente esta aproximação, tecendo reflexões sobre os conceitos da hidrologia, que vistos sob a ótica das teorias da geomorfologia aplicadas aos ambientes tropicais, compreendem processos importantes para compreensão da evolução do relevo sob esse tipo climático.

<sup>1</sup> Segundo Seo et al., (2023), a redistribuição da água subterrânea causada por bombeamento humano fez o eixo de rotação da Terra desviar-se para o leste cerca de ~80 cm entre 1993 e 2010.

## EVOLUÇÃO DO RELEVO E HIDROLOGIA

Primeiramente, é imperativo classificar do ponto de vista cronológico a relação de autores que contribuíram para elucidar a influência dos processos hidrológicos nas formas e a composição do relevo. A gênese das rochas sedimentares é representativa na abrangência de tal análise. O Naturalista escocês James Hutton ao entender a terra “como um todo”, concebe a sua natureza como cíclica ao perceber como as rochas se formavam a partir de ciclos de movimentos- também conhecidos como "ciclos geostróficos" (Benson, 2020) - associando-os à gênese das rochas, ao desgaste e à exumação delas. Considerado o pai da Geologia moderna, Hutton pensou nos processos de denudação do relevo como produtor da exumação das rochas formadas plutonicamente.

A perspectiva da terra como um “organismo”, consistiu em abordagem dinâmica, na qual o “ciclo geostrófico” se renova a partir dos movimentos de destruição e formação das rochas. A máxima mais conhecida de Hutton é: “o presente é a chave para o passado”. Ele compreende que os mesmos processos que ocorreram no passado também estão ocorrendo no presente, contrariando, portanto, a tese do catastrofismo- a qual sugere que as rochas e os relevos são determinados geneticamente por um evento de enorme intensidade que marcam rupturas bruscas e episódios excepcionais, tendo sido apontados, até então como os principais fatos da evolução da história da terra. De acordo com Ross (2017, p. 21), a tese do catastrofismo foi sustentada por explicações a fatos específicos da natureza:

“ao encontrar em grandes altitudes, nos montes Alpinos, rochas com ocorrência de conchas novas encontradas nos terrenos baixos de depósitos recentes. Diante dessas constatações, concluiu-se que o fato de se encontrar com conchas em diferentes altitudes e em diferentes inclinações, indica um grande levantamento de terras. Assim a concepção do princípio catastrófico perdurou até o final do século XVIII, apesar do número cada vez maior de estudiosos contrários a ela...”

O uniformitarismo, tese defendida por Hutton, contraposto ao catastrofismo, coloca sob evidência os processos de denudação associada às erosões lineares e areolares, no aplainamento de relevos regionais e exumação de corpos plutônicos. Esse processo é ligado intrinsecamente ao ciclo hidrológico, especialmente na meteorização das rochas e do escoamento superficial, além do efeito das flutuações isostáticas sobre o nível de base de erosão, por meio do qual, o relevo evolui pelo rebaixamento ou por recuo lateral das vertentes. Em ambos os processos, os rios possuem o papel crucial na gênese das paisagens. Outrossim, Hutton associou o arranjo cristalográfico das rochas exclusivamente à gênese ígnea ou metamórfica. Ele postulou que as rochas sedimentares também eram produzidas pelo aumento de pressão e temperatura. Como se sabe hoje, a pressão sobre os sedimentos mais profundos e os processos químicos resultantes da solução aquosa são capazes de produzir recristalização diagenética, por exemplo, por meio da qual se formam rochas areníticas (Suguio, 2003).

As ideias de Hutton também influenciaram a geomorfologia, especialmente sua visão do ciclo geostrófico, o que concebe a terra como um todo, na busca por explicar as paisagens produzidas pelo modelamento do relevo. Nessa tradição, um modelo ideal de evolução da superfície terrestre, o modelo devisiano, foi sem dúvidas, o que mais repercutiu na comunidade científica da geomorfologia, sobretudo dentro da tradição anglo-saxã. Na perspectiva evolutiva do relevo, Davis propôs que a crosta terrestre está sujeita a um pulso isostático, no qual o relevo ganha dimensões verticais e assim ele é considerado jovem. Enquanto passa pelo desgaste provocado pelos agentes exógenos, o relevo começa a ser rebaixado, ganhando uma superfície menos ondulada, chegando ao estágio de amadurecimento. E finalmente a senilidade, quando o relevo se mostra plano a suave ondulado, exumando as rochas plutônicas como inselbergues e pães de açúcar, produzindo pediplanos e planícies aluvionares que são depositadas longitudinalmente ao longo dos cursos dos rios de maior capacidade.

Ao adotar um modelo evolutivo do relevo, Davis deduziu que o processo de rebaixamento do relevo se dá por meio do que o autor chamou de erosão normal, cujo principal agente é o rio. Gilbert (1877) havia estudado contemporaneamente a Davis, a competência dos rios no entalhamento do relevo, associando-a às maiores declividade a maior força de erosão devido à maior força potencial de gravidade. Ross (2017), constata que a maior contribuição do modelo teórico de Davis, apesar da concepção finalista, é que este apoia-se em um tripe definido por estrutura, processo e tempo, propondo uma interpretação evolutiva ao relevo. Esse modelo de erosão foi aplicado ao relevo Brasileiro, gerando as primeiras proposições metodológica de classificação do relevo em Azevedo (1949) e Ab'Saber (1967).

A mudança de foco, na escala das análises proposta por Gilbert na década de 1870 deu maior importância ao entalhamento vertical e à necessidade de entender a evolução deste com relação ao modelado. Gilbert contribuiu para uma perspectiva holística, com visão das paisagens associadas aos canais, às vertentes e aos divisores de água. Assim, seus estudos reavivaram a geomorfologia fluvial no pós-guerra (Chorley, 1962).

Contudo, é necessário também fazer referência ao modelo de evolução da morfogênese por meio do recuo paralelo das vertentes em função da evolução sob influência fluvial, proposto por Lester C. King (1943) (1956) no semiárido Africano e Brasileiro, no qual, os efeitos da erosão hídrica são os principais agentes modeladores do relevo. Esse modelo de erosão influenciou a caracterização da evolução do relevo do Nordeste semiárido por Ab'Saber (1956), Souza (1992). Ademais, foi atribuído às mudanças regionais e globais do clima, o papel de principal fator de diferentes intensidades da meteorização, influenciando os tipos de relevo resultantes dos processos morfogenéticos e determinadas pelo balanço entre intemperismo e erosão.

Mais recentemente, outros autores como Maia, Bezerra e Claudino-Sales (2010) têm trabalhado com os níveis escalonados de superfícies de aplainamento, resultantes de sucessivos soerguimentos acompanhados por fases de erosão generalizada, em condições de climas secos ou de alternâncias climáticas. Nesse sentido, ocorre a retração lateral das escarpas das vertentes e por consequência, acúmulo de material detrítico em sua base, formando rampas suaves em direção ao fundo dos vales, denominadas pedimentos. Predominando essas condições climáticas, ocorre a coalescência dos pedimentos e a formação de amplas superfícies aplainadas e marcadas pela evolução morfoclimática cretáceo-terciária determinada pelo clima seco e morfogênese mecânica (Claudino-Sales, 2018).

Ao formular o conceito de ectiplanação para melhor entender esse fenômeno, em 1982, Julis Budel atribui à sucessão de diferentes intensidades de processos morfogenéticos os efeitos tanto do entalhamento vertical dos talwegues como o recuo paralelo das vertentes, que agem concomitantemente no rebaixamento do relevo. Viers (1967) coloca que, de forma paralela, ocorre o decréscimo de altitude de modo generalizado por meio do sistema de erosão. Na alternância de fases de bioestasia e resistasia, compreende-se que, sobretudo no contexto hidrográfico de um sistema de erosão durável, a configuração da hidrografia evolui de forma muito lenta. De maneira que, anterior à resistasia, associada ao estágio de denudação continental, é produzido considerável estoque de material alterado pelo intemperismo profundo, quando há estabilidade do relevo e quando se produz uma morfologia de meias laranja ou mares de morros.

O material móvel é sucessivamente retirado quando as mudanças ou flutuações no clima provocam sucessão ecológica para uma cobertura vegetal menos densa que ofereça menor resistência ao processo de mobilização do material alterado. A exumação de corpos plutônicos de forma generalizada em de campos de Inselbergs, como em Quixadá – CE e Patos – PB, demonstram com relativa precisão os diferentes patamares de pediplanação. Além de intrusões graníticas em meio às rochas encaixantes do complexo gnaiss-migmatítico, que compreendem anfibólitos, granulitos e cálcio-silicatadas, com idades de cerca de 2,2 bilhões de anos, estruturas

e direções, mergulhos e fraturas mais susceptíveis aos processos intempéricos. Com relação ao campo de Inselberges de Quixadá, mais conhecido como os monólitos de Quixadá, eles são constituídos no batólito Quixeramobim-Quixadá granitos e granodioritos de idade brasileira 580 Milhões de anos, associado a zonas de cisalhamento do brasileiro (Maia et al., 2015)

## MODELAGEM E QUANTIFICAÇÃO GEOMÉTRICA DOS RIOS

A contribuição da obra de Strahler, durante as décadas de 1950 e 1960 se dá pelo fato do geomorfólogo, por meio de uma abordagem racional e empírica, sintetizar muitos dos conhecimentos produzidos a respeito da evolução do relevo por meio de sistemas fluviais. No bojo da tradição anglo-saxã da geomorfologia, na proposição de uma Geomorfologia dinâmica, o pesquisador busca descrever por meio de métodos quantitativos, a forma e o modelamento geométrico e matemático das bacias de drenagem, seus elementos, comportamento dos cursos de água, suas relações com a hidrografia e com a evolução das vertentes.

Compreendendo a terra como um todo, Strahler (1952) segue a tradição huttoniana e estabelece critérios mais precisos para o estudo dos efeitos dos ciclos geomórficos na produção do relevo. Ele supõe que os processos geomórficos podem ser tratados como tensões de cisalhamento gravitacionais ou moleculares que atuam sobre materiais terrestres elásticos, plásticos ou fluidos para produzir as variedades características de deformação ou falha, que são determinantes nos processos de intemperismo, erosão, transporte e deposição. Esses processos relacionados às estruturas ligadas à formação das rochas afetam grande porções da crosta por meio da dinâmica gravitacional e afetam a nível molecular os minerais, sua assembleia composicional e disposição cristalográfica.

Para Strahler (1952)

Uma abordagem totalmente dinâmica requer a análise dos processos geomórficos em termos de sistemas abertos claramente definidos que tendem a atingir estados estacionários de operação e são, em grande medida, autorregulados. A formulação de modelos matemáticos, tanto por dedução racional quanto por análise empírica de dados observacionais, para relacionar energia, massa e tempo é o objetivo final da abordagem dinâmica (p. 926).

Contudo, os geomorfólogos, foram cunhados no método dos geólogos, de onde advieram seus métodos de uma abordagem tanto histórica, quanto regional com contingência espacial das explicações. Dessa forma, eles não construíram teorias que se expliquem, ainda de forma geral, como o relevo se formara. Ao colocar em perspectiva dois pontos de vista sobre a geomorfologia, o autor classifica: A geomorfologia dinâmica (analítica), quando se estuda os processos e formas, se perguntando continuamente "O que acontece?"; E a geomorfologia histórica (regional). Onde se estuda a história de forma contínua, respondendo à questão "O que aconteceu?" (Strahler, 1952, p. 924).

A importância dos processos que envolvem o ciclo hidrológico no desgaste da rocha e erosão, não se restringe ao fluxo turbulento, segundo o autor, o fluxo laminar, mesmo atuante em uma escala e intensidade inferior. Também ajuda a promover a denudação. O fluxo laminar pode ocorrer também em subsuperfície, porém em velocidades muito baixas. Não obstante, os fluxos subsuperficiais extremamente lentos removem íons, material coloidal e argilas muito finas até rios ou lagoas por meio do fluxo de base. A partir de um fluxo um pouco mais rápido de natureza laminar é possível mobilizar mais partículas finas. O autor aqui deixa claro que processos de pequena e grande intensidade têm importância e devem ser considerados em uma equação geral que explique o fenômeno de denudação dos continentes.

Os estudos de Strahler sistematizaram e inseriram os indicadores de parametrização quantitativos para os fenômenos de erosão hídrica, associando influências dos processos hidrológicos na morfogênese por meio de variáveis medidas na bacia. Essa abordagem

quantitativa pode ser separada em duas classes gerais de números descritivos. São: (1) medidas em escala linear, com unidades geometricamente análogas de topografia e que podem ser comparadas em tamanho; e (2) números adimensionais, geralmente ângulos ou razões de medidas de comprimento, pelos quais as formas de unidades análogas podem ser comparadas independentemente da escala (Strahler, 1957)

Nas medidas em escala linear, destacam-se: o comprimento de canais fluviais de determinada ordem, a densidade de drenagem, a constante de manutenção do canal, o perímetro da bacia e o relevo. Enquanto nas propriedades adimensionais, incluiu-se números de ordem de rios, comprimento do rio e proporções de bifurcação, ângulos de junção, declives máximos das encostas do vale, declives médios das superfícies da bacia hidrográfica, gradientes de canal, proporções de relevo e propriedades integrais da curva hipsométrica. Nesse conjunto de parâmetros, se houver semelhança geométrica em duas bacias hidrográficas, todos os números adimensionais correspondentes serão idênticos, mesmo que exista uma grande diferença de tamanho entre as bacias.

Sobre a égide de um paradigma moderno da ciência no contexto da influência do positivismo e da física como modelo epistemológico para o paradigma da ciência, houve uma enxurrada de aplicações quantitativas aos estudos da “Ciência Geográfica”. Dentre as subáreas da geografia, a Geomorfologia é aquela que mais possui bases teóricas e metodológicas mais ou menos definidas. Assim, no contraponto às escolas clássicas da geografia, a nova Geografia ou geografia teórica, utilizando o modelo de ciência pautado pelas ciências da natureza, começa a caminhar no sentido de buscar leis gerais para explicar os fenômenos geográficos de ordem física ou humana.

Nesse contexto, as contribuições de Horton (1945) e Strahler (1957), principalmente no que tange aos estudos de maior detalhe dos sistemas hidrográficos, mesmo que excessivamente quantitativos e racionais, contribuíram para a evolução dos estudos em geomorfologia fluvial e para elucidar os problemas de perda e erosão do solo. Contudo, não se pode deixar de compreender a conjuntura paradigmática de produção do conhecimento sob a Geografia Teórica.

Corroborando com a continuação de estudos cada vez mais aprofundados a respeito do comportamento de rios, a United States Geology Service - USGS foi um organismo muito importante na produção de pesquisas que muito influenciaram a geomorfologia fluvial. O organismo federal viabilizou programas de monitoramento de dados hidrosedimentológicos em rios, principalmente nas regiões áridas e semiáridas do país.

A necessidade de investimentos para o entendimento do funcionamento dos canais fluviais se deu em função de um uso intenso dos recursos hídricos em algumas regiões do país, o que provocaram as chamadas “water crises”, como pronunciada por setores políticos majoritários na década de 1940. Esses setores defendiam o maior controle dos recursos hídricos como necessário para uso e expansão das indústrias e agricultura do país, e minimização dos riscos de desabastecimento.

Uma das figuras mais importantes nesse projeto foi Luna D. Leopold, que teve a oportunidade de catalogar dados por dezenas de anos e buscou organizar padrões de produção de dados em larga escala, coordenando projetos de monitoramento em estações fluviométricas e sedimentológicas. Abordando as problemáticas da denudação trabalhadas por G. K. Gilbert e sob influência dos estudos de Arthur Strahler, Leopold (1982 p.106) entendeu que: “muitos dos problemas constatados por Gilbert sobre os processos geomórficos foram resolvidos de forma incompleta. Alguns dos mais importantes problemas são aqueles na interface entre hidrologia, hidráulica e geomorfologia”. (tradução nossa)

Gilbert trabalhou um modelo geomórfico oposto ao de Davis, buscando informações de acordo com os padrões de forma e processo em detalhe, trazendo consigo mais contribuições para as bases epistemológicas e metodológicas da geomorfologia fluvial. Com base na

padronização dessas relações entre forma e processo, ou seja, por meio de uma estrutura lógica de causa e efeito, não obstante, Leopold entendeu que essa abordagem não seria adequada para a natureza estocástica dos fenômenos que envolvem a dinâmica fluvial. Era necessário a produção de precisas redes de monitoramento não somente das vazões, cotas e velocidade do fluxo, mas das formas dos canais e processos associadas a barras de sedimentos, sua distribuição e, granulometria etc.

Hipoteticamente, a interação entre fatores determina o gradiente de um rio em qualquer particular seção. Isso envolve fatores hidráulicos, a história geomórfica e a evolução geomorfológica e se configura, segundo Leopold (1982), provavelmente como um dos principais problemas na geomorfologia fluvial. A inclinação dos rios e a interação entre geologia e geomorfologia de uma determinada área envolve muitas variáveis que não podem simplesmente ser mensuradas de uma forma analítica. Segundo Leopold (1982), para entendermos essas questões precisamos de séries de “observações desses fatores e a quantificação/medição por meio de estações, especialmente para estudar a relação inclinação do rio e água e sequência de curvatura dos rios (formação de meandros)”. (p. 45) (Tradução nossa).

Essa visão é interdisciplinar, pois enfatiza a necessidade de cooperação entre a geomorfologia e outras áreas, embora sob o paradigma da quantificação e do modelo cientificista de interpretar os dados, reconhece a natureza complexa de uma série de problemas em Geomorfologia fluvial, segundo Leopold (1982):

- A estabilidade de canais sob os efeitos do trabalho humano- agricultura, manejo florestal, pastoreio. Para isso é essencial o conhecimento da natureza dos solos, sua mecânica e necessidade hidráulica;
- Taxas de cortes laterais e migração destes no rio, onde não há fatores comuns de controle de produção de bancos e erosão destes;
- A erosão por escoamento superficial e suas variações de taxas causadas pela não uniformidade do material e os efeitos da vegetação;
- Os perfis das vertentes para construção de uma equação que expressa o perfil longitudinal das vertentes é um problema de combinação entre hidráulica, geomorfologia pedologia e mecânica dos solos;
- O efeito dos sedimentos disponíveis para a sedimentação e transporte;
- Os efeitos da heterogeneidade das rochas na infiltração e movimento da água subterrânea.

Mais importante que a questão sobre implementação da modelagem probabilística de fenômenos estocásticos, esse caminho residia na adoção de técnicas da termodinâmica estatística e na ideia da indeterminação inerente e incerteza irreduzível de sistemas naturais complexos. Leopold e Langbein (1962) postularam que os sistemas fluviais eram limitados por uma tendência à minimização do trabalho total realizado pelo rio, por um lado, e por uma tendência à distribuição uniforme da energia gasta ao longo do rio, por outro.

Dentro dessas limitações, havia múltiplos caminhos que um rio poderia seguir, com a consequência de que os cientistas podiam, na melhor das hipóteses, fornecer estimativas de probabilidade e não da certeza de um rio assumir uma forma específica sob determinadas condições. Em relação às ambições universalizantes da geometria hidráulica, o artigo de Leopold e Langbein (1962) sobre entropia pode, portanto, ser visto como uma tentativa de resgatar uma abordagem ‘racional’ para o estudo dos rios, substituindo as afirmações determinísticas da geometria hidráulica por afirmações estocásticas, ou seja, substituindo afirmações sobre o que um rio deve fazer por afirmações sobre o que ele poderia fazer (Benson, 2020).

## DEFINIÇÕES E TIPOLOGIAS DE AMBIENTES TROPICAIS

De acordo com dicionários atuais da língua portuguesa e dicionários etimológicos especializados, a palavra trópico vem do grego *tropikós* (virada, mudança de direção ou volta), passando pelo latim *tropicus* (relativo ao solstício ou a uma volta) e designa os círculos imaginários paralelos ao Equador que marcam os limites da zona tropical (Aulete, 2014; Houaiss, 2009; Ferreira, 2010; Priberam, 2013; Cunha, 2010; Harper, 2026).

Enquanto “trópico” corresponde a um substantivo, o termo “tropical” é o adjetivo que qualifica tudo que pertence ou se relaciona à região delimitada pelos trópicos.

De um modo geral, concebe-se como trópico a faixa da superfície terrestre compreendida entre 23°27' Norte (Trópico de Câncer) e 23°27' Sul (Trópico de Capricórnio), caracterizada por intensa radiação solar e regimes climáticos determinados pela sazonalidade da pluviosidade.

Conti (1989) observa que a posição privilegiada da faixa intertropical em relação à radiação solar faz com que essas latitudes concentrem grande quantidade de calor, resultando em excedente energético significativo em comparação ao restante do planeta. Houghton (1954), em suas estimativas, reforça essa ideia ao indicar que esse superávit chega a ser pelo menos cinco vezes maior do que o recebido pelas latitudes acima de 60°. Retomando a análise, Conti (1989) acrescenta que a diferença entre terras e oceanos na capacidade de absorção e retenção de energia solar contribui para que o calor latente se acumule principalmente nos mares. Como a região intertropical é majoritariamente composta por áreas oceânicas, esse fluxo de calor latente torna-se cerca de três vezes superior ao observado dos mares de latitudes elevadas. Para o autor, essa concentração energética é um dado essencial para compreender a natureza tropical.

Montanher e Minaki (2024) destacam que a latitude não é o único fator responsável pela delimitação dos trópicos, pois a relação entre temperatura, altitude e circulação atmosférica deve ser considerada, o que reforça sua complexidade geográfica. Heine (2024) observa que os trópicos são delimitados pelo clima de radiação, estando entre os ciclos tropicais do Norte e do Sul e enfatiza que não existe uma definição única e clara para a região. Nessa mesma linha de raciocínio, Trewin (2014) descreve os trópicos como uma região quente, com temperaturas médias superiores a 20°C, que abriga tanto áreas extremamente úmidas quanto alguns dos desertos mais áridos do planeta.

Sitoie (2023) concebe os trópicos como espaços de forte simbolismo cultural e ambiental, marcados por solstícios e equinócios que determinam ciclos de chuvas e secas. Já Nogueira (2023) ressalta que os trópicos, ao longo da história, foram alvo de processos de colonização e iniciativas de planejamento, o que evidencia sua relevância estratégica e científica para a consolidação da geografia como campo de estudo.

A Organização das Nações Unidas (ONU) reforça a definição dos trópicos como a área entre os paralelos de Câncer e Capricórnio, todavia amplia a discussão para aspectos sociais, ambientais e econômicos.

Os trópicos compreendem 40% da superfície planetária e abrigam aproximadamente 80% da biodiversidade mundial, além de concentrarem desafios como pobreza, consequências das mudanças climáticas em curso e degradação ambiental (State of Tropics, 2014; United Nations, 2025).

As afirmações feitas por esses autores conduzem à dedução de que a definição de trópico não pode ser concebida como puramente astronômica, mas também deve considerar dimensões climáticas, ecológicas, históricas e culturais que tornam essa região do globo central para a compreensão da dinâmica planetária.

Clima quente e insolação intensa são pontos em comum nos ambientes tropicais, contudo, eles podem apresentar diferenças quanto à umidade, o que cria contrastes marcantes nas dinâmicas geomorfológicas e hidrológicas desses ambientes.

## Classificação dos Trópicos

De um modo geral, as propostas de classificação dos trópicos estão fundamentadas em critérios climáticos e geomorfológicos, fazendo uma distinção entre ambientes úmidos e secos de acordo com a intensidade das chuvas, sazonalidade e processos morfogenéticos. Desse modo, pluviosidade elevada e intemperismo intenso caracterizam os trópicos úmidos, enquanto regimes pluviométricos irregulares e paisagens marcadas pela aridez representam os trópicos secos.

Autores como Köppen-Geiger, Strahler e Thornthwaite contribuíram para a identificação dos trópicos por meio de sistemas de classificação climática que enfatizam temperatura, precipitação, massas de ar e balanço hídrico.

No sistema de classificação climática de Köppen-Geiger (1936-1940), um dos mais utilizados do mundo, os climas tropicais integram o Grupo A e são definidos como os que apresentam temperatura média do mês mais frio superior a 18°C, sendo subdivididos em Af (floresta tropical úmida), Aw (tropical com inverno seco) e Am (tropical monçônico). Strahler (1969) desenvolveu uma classificação climática genética, que se fundamenta na dinâmica das massas de ar. Na sua classificação, os trópicos são regiões de baixa latitude onde o controle climático é definido pela atuação das massas de ar equatoriais e tropicais. Thornthwaite (1938) criou um sistema de classificação climática baseada no índice de umidade e no balanço hídrico. Nessa classificação, a definição das tipologias de climas tropicais leva em conta não apenas a temperatura e a precipitação, mas também a relação entre evapotranspiração e a disponibilidade de água no solo, o que permitiu identificar ambientes tropicais úmidos, subúmidos, semiáridos e áridos.

A partir do detalhamento dos regimes higrótérmicos, determinados pela duração do período úmido e a intensidade de radiação, a classificação climática de Lauer (1981) distingue subtipos climáticos dentro dos trópicos. As regiões tropicais sempre úmidas (Af) são aquelas com precipitação abundante ao longo do ano, não apresentando uma estação seca definida; as regiões tropicais alternadamente secas e úmidas (Aw e As) apresentam alternância entre uma estação chuvosa bem definida e uma estação seca; e as regiões tropicais predominantemente secas (BSw e BSh) são marcadas pela aridez devido à ocorrência de índices pluviométricos baixos e irregulares.

Richter (1981) destaca que, nos trópicos, a temperatura se mantém relativamente constante ao longo do ano, sendo a variação de umidade o fator decisivo para diferenciar ambientes. Esse autor compara sistemas de classificação como o de Köppen e o de Lauer, considerando este último o melhor para definir regimes higrótérmicos. Além disso, a partir das concepções de Lauer, ele incorporou e difundiu dentro de uma tipologia mais ampla dos ambientes tropicais esquemas para os cinturões climáticos em montanhas, mostrando como temperatura e umidade se organizam em faixas altitudinais. A tipologia apresentada inclui ambientes sempre úmidos (florestas tropicais), ambientes sazonais (savana e cerrado), ambientes secos (como a caatinga e o Sahel) e ambientes montanos onde a altitude cria condições próprias.

Na concepção da geografia física, os trópicos são entendidos como regiões morfogenéticas definidas pela combinação de altas temperaturas constantes e regimes de umidade variáveis, que condicionam processos de intemperismo e modelagem do relevo.

De acordo com a geomorfologia climática de Julius Büdel (1982), a combinação de temperaturas elevadas com pluviosidade variável determina tanto a dinâmica climática quanto os processos morfogenéticos. Na sua concepção, nos trópicos, a tipologia dos ambientes pode ser organizada em três grandes grupos: áreas sempre úmidas (florestas tropicais), áreas sazonais (savana e cerrado) e áreas secas ou semiáridas (caatinga ou Sahel). Cada uma dessas tipologias está diretamente relacionada à intensidade e à distribuição das chuvas, que condicionam processos de intemperismo e erosão. Nos ambientes úmidos, predominam processos químicos

intensos de alteração das rochas; nos ambientes sazonais, há alternância entre intemperismo químico e mecânico; e nos ambientes secos, os processos físicos, como a desagregação térmica e a erosão eólica tornam-se dominantes. Desse modo, Büdel (1982) mostra que a geomorfologia tropical é marcada pela interação clima e relevo, sendo os cinturões climáticos e a variação hídrica os principais fatores que moldam a paisagem.

Em sua proposta de classificação morfogenética, Tanner (1961) enfatiza que não é a temperatura — relativamente constante ao longo do ano — o fator que diferencia os tipos de ambientes tropicais, mas sim a interação entre umidade, evaporação e calor. Este autor estabelece tipologias a partir desses critérios: em regiões sempre úmidas a elevada temperatura combinada com alta disponibilidade de água favorece o intemperismo químico intenso e formação de solos profundos; em regiões sazonais, a alternância entre períodos chuvosos e secos, juntamente com a forte evaporação gera uma combinação de processos químicos e mecânicos típicos das savanas e cerrados; já em regiões secas ou semiáridas, a pluviosidade escassa e a evaporação elevada reduzem o intemperismo químico, predominando processos físicos como a termoclastia e erosão eólica. Desse modo, Tanner (1961) mostra que a tipologia tropical deve ser compreendida pela relação entre calor constante, disponibilidade hídrica e intensidade de evaporação, condições que definem os processos morfogenéticos e a paisagem.

Na proposta de Peltier (1950) apud Fairbridge (1968) e Singh e Mamoria (2023), os ambientes tropicais são apresentados como um dos exemplos mais claros da relação entre o clima, processos intempéricos e evolução do relevo. Ele também destaca que a combinação de temperaturas elevadas durante todo o ano com índices pluviométricos igualmente altos favorece o intemperismo químico. A água, como solvente e catalisadora de reações como hidrólise, oxidação e carbonatação, favorece a decomposição das rochas de maneira intensa, o que conduz à formação de solos espessos, lateríticos e fortemente lixiviados. Essa conjuntura caracteriza a tipologia tropical úmida, marcada por temperaturas superiores a 20°C e chuvas abundantes e regulares, que contribuem para a alteração química em detrimento da fragmentação mecânica. Por sua vez, nos ambientes tropicais semiáridos, onde o calor se mantém elevado e a disponibilidade hídrica é limitada, o intemperismo químico é inviabilizado, criando paisagens mais abruptas, com acumulação de detritos e formas residuais de maior resistência à intempérie.

Entre as zonas morfoclimáticas propostas por Tricart e Cailleux (1972), os trópicos são considerados uma zona particularmente complexa, marcada pela interação entre calor constante e grande diversidade de regimes pluviométricos. Dentro desse quadro, da mesma forma que outras propostas, eles também identificaram três tipologias principais: ambientes tropicais úmidos, tropicais sazonais e tropicais secos.

Ab'Saber (1977) relacionou os trópicos a paisagens geomorfológicas e biogeográficas. Ele também destacou a diversidade de ambientes tropicais, fazendo uma distinção entre áreas úmidas, como a Amazônia, de áreas secas, como o semiárido nordestino.

Em síntese, esses autores convergem na ideia de que o trópico, sob o aspecto morfogenético, é caracterizado por processos intensos de alteração química, modulados pela disponibilidade de água e pela sazonalidade climática.

### Trópico úmido

O trópico úmido se distribui entre os trópicos de Câncer e Capricórnio, havendo uma maior concentração dessa tipologia de trópico nas proximidades da linha do equador. Compreendem a Amazônia e porção oriental da América do Sul, as florestas tropicais da América Central e do Caribe, a bacia do Congo, o sul do subcontinente indiano, a porção peninsular e insular do sudeste asiático, Papua-Nova Guiné, norte da Austrália e ilhas do Pacífico tropical como Melanésia, Micronésia e Polinésia.

O clima tropical úmido é marcado por temperaturas médias elevadas, geralmente acima de 24°C durante todo o ano, com pouca variação sazonal. A pluviosidade é intensa e bem

distribuída, frequentemente ultrapassando 2.000 mm anuais. Esse regime de chuvas está diretamente ligado à atuação de massas de ar quentes e úmidas, que se formam sobre áreas continentais (florestas) e oceânicas, como a massa de ar equatorial continental e a massa de ar atlântica, que atuam nos trópicos úmidos da América do Sul. Também recebe influência da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), que concentra ventos alísios e favorece a formação de nuvens e precipitações regulares nas proximidades do equador. Em conjunto, esses fatores tornam o clima tropical úmido um dos mais estáveis em termos térmicos e hídricos. O clima equatorial ou de floresta tropical úmida (Af), sem estação seca e com chuvas abundantes o ano todo, e o clima de monção (Am), com chuvas intensas, mas com uma curta estação seca, são os tipos climáticos que ocorrem nos trópicos úmidos.

O regime climático do trópico úmido sustenta uma hidrologia marcada por rios perenes e de grande vazão, que estruturam redes de drenagem densas e complexas. A mesma constância das chuvas e a elevada umidade atmosférica que alimentam esses cursos d'água também favorecem a formação de aquíferos superficiais e a recarga contínua dos lençóis freáticos, resultando na ocorrência de extensas áreas alagáveis e ambientes de várzea.

A umidade e o calor elevados contribuem para que o intemperismo químico seja intenso e contínuo, criando espessos mantos de alteração e solos profundamente intemperizados, como latossolos, geralmente pobres em nutrientes devido à lixiviação intensa. O relevo associado tende a apresentar formas suavemente onduladas, colinas arredondadas e extensas planícies fluviais, intercaladas por áreas de várzea e escarpas residuais (Thomas, 2011).

A vegetação, formada por florestas tropicais densas e altamente biodiversas, exerce papel ativo na manutenção da dinâmica do sistema. Ao proteger os solos contra a erosão, ela garante maior estabilidade das encostas e planícies; pela evaporação, regula o ciclo da hidrológico e contribui para recarga hídrica; e, ao mesmo tempo, sustenta a elevada umidade atmosférica que caracteriza os trópicos úmidos.

Nos trópicos úmidos, clima, relevo, hidrologia e vegetação se articulam de forma integrada, formando um sistema em que cada elemento influencia e é influenciado pelos demais. Essa interdependência, conforme Gomes Rubira et al. (2019), resulta em paisagens de grande complexidade ecológica e geomorfológica, cuja compreensão é indispensável para análises ambientais consistentes e para a formulação de estratégias de manejo sustentável.

A expansão agrícola nos trópicos úmidos vem ocorrendo através da monocultura e da pecuária extensiva, ocasionando a remoção da cobertura vegetal, o que acentua processos de lixiviação, erosão e perda de nutrientes dos solos já naturalmente pobres e profundamente intemperizados (EMBRAPA, 2022). De-Campos (2010) acrescenta que práticas de manejo inadequadas comprometem a resiliência desses ambientes, reduzindo sua aptidão para usos sustentáveis e agravando a degradação da paisagem. Diante dessa conjuntura, constatou-se que a manutenção da vegetação nativa e a adoção de técnicas de manejo adaptadas às condições dos trópicos úmidos são fundamentais para mitigar impactos e garantir serviços ecossistêmicos essenciais, como a regulação hídrica e a climática e a preservação da biodiversidade (Mafra, 2021).

### Trópico Sazonal ou Semiúmido

Embora também possa ocorrer em áreas litorâneas, a tipologia trópico semiúmido ou sazonal predomina no interior dos continentes tropicais, onde o efeito da continentalidade é mais acentuado, distribuindo-se de forma ampla, mas geralmente entre zonas de transição entre os trópicos úmidos (florestas tropicais) e os trópicos secos (desertos e regiões semiáridas). Essa tipologia compreende o Cerrado brasileiro e os Llanos, na América do Sul; algumas áreas interioranas da América Central e de ilhas do Caribe; as savanas da África; trechos da Índia peninsular e partes do Sudeste Asiático continental, como Mianmar e Tailândia; norte da

Austrália (ao sul das florestas tropicais) e áreas de menor pluviosidade de Papua-Nova Guiné, na Oceania.

O clima tropical semiúmido, ou clima de savana na classificação climática de Köppen-Geiger, é caracterizado por temperaturas médias mensais sempre superiores a 20°C e chuvas sazonais. De um modo geral, a pluviosidade anual situa-se entre 800 e 1.500 mm, concentrando-se em uma estação chuvosa bem definida, seguida por um período seco (Salgado et al., 2020). Essa dinâmica do clima decorre da alternância entre massas de ar tropicais úmidas, como a marítima equatorial, responsáveis pelas precipitações intensas e massas de ar continentais tropicais secas, que reforçam a estiagem. Dentro dessa categoria climática, distinguem-se dois subtipos: o Aw, mais frequente, com estação seca no inverno e predominante em grande parte da África, América do Sul e Índia; e o As, mais raro, com estação seca no verão, presente em trechos do Nordeste brasileiro e algumas zonas costeiras tropicais.

A sazonalidade climática influencia tanto os sistemas superficiais quanto os subterrâneos. Durante a estação chuvosa, há maior recarga dos aquíferos e aumento do escoamento superficial, o que resulta na elevação do nível dos rios e ocorrência de cheias. Por sua vez, na estação seca, embora ocorra o abaixamento do nível da água nos cursos fluviais, o fluxo hídrico é mantido pela água armazenada no lençol freático.

Do mesmo modo, os processos morfogenéticos nos trópicos semiúmidos são fortemente condicionados pela alternância entre a estação seca e a chuvosa. Por ocasião do período úmido, a ação fluvial intensa provoca erosão episódica, transporte de sedimentos e instabilidade de encostas (movimentos de massa), enquanto a estação seca limita o intemperismo químico contínuo e favorece a erosão superficial pela ação eólica.

A lixiviação intensa durante o período chuvoso e a mineralização rápida da matéria orgânica durante a estiagem criam condições para a formação de solos profundos, com acidez elevada e baixa fertilidade natural como latossolos e argissolos.

Formas resultantes do intemperismo profundo e da erosão sazonal se destacam na geomorfologia do trópico semiúmido como vastas superfícies aplainadas (etchplanos) e planaltos antigos desenvolvidos sobre terrenos sedimentares e cristalinos, com dissecação moderada e vales de fundo plano.

A vegetação tipo savana, a exemplo do Cerrado brasileiro, caracterizada por árvores esparsas, arbustos e gramíneas, é uma característica marcante do trópico semiúmido. Essa vegetação possui adaptações às condições de clima sazonal e solos pobres em nutrientes e com teores elevados de alumínio. As espécies apresentam sistemas radiculares profundos e estruturas subterrâneas robustas, que lhes permitem acessar água durante a estiagem e resistir ao fogo recorrente, funcionando como mecanismos de sobrevivência e regeneração (Ruggiero et al., 2002). A heterogeneidade e a densidade da vegetação variam conforme a fertilidade do solo e a disponibilidade hídrica, como observa Marcahipes-Santos et al. (2018). Nas margens dos cursos d'água é comum a presença de palmeiras adaptadas a ambientes úmidos, como os buritizais.

A partir das últimas décadas do século XX, a introdução de técnicas agrícolas modernas possibilitou o cultivo de grãos, especialmente soja e milho, além de pastagens para bovinos nos solos ácidos e de baixa fertilidade natural dos trópicos semiúmidos. Desse modo, a vegetação nativa foi sendo fragmentada, a biodiversidade sofreu perdas e a vulnerabilidade dos solos à erosão e à degradação aumentou (Ministério do Meio Ambiente, 2010). Embora parte significativa do Cerrado brasileiro ainda mantenha a vegetação original, a pressão antrópica continua avançando, impulsionada pela expansão da fronteira agrícola e pela demanda global por commodities (EMBRAPA, 2015). Conforme Scopel et al. (2013). Em áreas de solos arenosos, a ocupação intensiva agrava problemas de infiltração e disponibilidade hídrica, exigindo práticas de manejo mais sustentáveis para evitar a desertificação e a perda de serviços ecossistêmicos.

## Trópico Seco

O trópico seco é representado pelos desertos e regiões semiáridas que ocorrem na faixa intertropical. A sua existência se deve à influência de células de alta pressão atmosférica relacionadas ao mecanismo global de circulação atmosférica como também ao efeito da passagem de correntes frias, da continentalidade e do bloqueio de massas de ar úmidas por relevo montanhoso.

As regiões que constituem o trópico seco distribuem-se de forma descontínua, mas apresentam características comuns ligadas à baixa pluviosidade, à forte insolação e às elevadas temperaturas. Na América do Sul, estão representadas pelos desertos peruanos (Sechura, Ica, Costeiro e Nazca), norte do deserto do Atacama, porção setentrional do Chaco, região de Guajira (Venezuela) e Semiárido brasileiro; na América do Norte, pelas regiões semiáridas e áridas do México localizadas ao sul do trópico de câncer; na América Central, pelo Corredor Seco, que se estende do México a Costa Rica; no Caribe, por regiões semiáridas de Cuba, Haiti, República Dominicana e Jamaica; na África, pela porção do Saara ao sul do trópico de câncer e pela parte dos desertos de Namíbia e Kalahari ao norte do trópico de capricórnio, deserto de Danakil, Sahel, sudoeste de Madagascar e setores da África Oriental, como Quênia, Tanzânia, Moçambique, entre outros países; na Ásia, pela porções dos deserto da Arábia e de Thar (Índia) ao sul do trópico de câncer e regiões semiáridas adjacentes a esses desertos; na Oceania, pelo centro norte da Austrália.

O trópico seco apresenta temperaturas médias anuais elevadas, geralmente superiores a 20°C, acompanhadas de significativa amplitude térmica diária em função da baixa umidade relativa do ar. A pluviosidade é escassa, irregular e concentrada em poucos meses, o que resulta em prolongados períodos de estiagem. Na classificação de Köppen-Geiger, destacam-se o tipo climático desértico quente (BWh), caracterizado por precipitação inferior a 250 mm anuais e temperaturas muito altas; e o semiárido quente (BSh), com chuvas entre 300 e 600 mm e temperaturas elevadas ao longo do ano.

A hidrologia é marcada por rios efêmeros (wadis), no caso dos desertos, e rios temporários ou intermitentes (regiões semiáridas), com forte variabilidade sazonal. A escassez pluviométrica e elevada evaporação dificultam a alimentação dos lençóis freáticos, de modo que a água subterrânea tende a provir de fontes externas à região, fluindo através de rochas impermeáveis ou ter sido armazenada em tempos passados mais úmidos.

A morfogênese se deve sobretudo a processos físicos, particularmente a fragmentação mecânica das rochas à ação eólica e à erosão hídrica concentrada em eventos torrenciais. O relevo apresenta feições como pedimentos, inselbergs, dunas e planícies aluviais descontínuos, além de áreas de acumulação detrítica. A pedogênese é limitada pela escassez de água e pela intensa evapotranspiração, resultando em solos rasos, pedregosos e pouco desenvolvidos, frequentemente associados a crostas calcárias ou salinas. A cobertura vegetal é praticamente ausente, no caso dos desertos, e, nos semidesertos e regiões semiáridas em geral composta por formações abertas e esparsas, como savanas secas e caatingas, que apresentam forte sazonalidade fenológica, com perda de folhas durante a estação seca e rápido rebrotamento nas chuvas (Sanchez-Azofeifa et al., 2025),

Nos trópicos secos, o uso e ocupação do solo refletem diretamente as limitações impostas pela aridez do clima e pela escassez dos recursos hídricos. Visto que nessas regiões a agricultura depende de irrigação, que, muitas vezes é desenvolvida sem os devidos cuidados com a drenagem, ela tende a causar problemas de salinização do solo, pois a água utilizada na irrigação contém sais e a evaporação excede a infiltração de água no solo. A compactação do solo causada por máquinas agrícolas e pelo pastoreio contribui para intensificar o escoamento superficial durante, desencadeando processos de erosivos. A salinização e a erosão aumentam o risco de desertificação das regiões semiáridas. Para reduzir tais impactos, faz-se necessário

adotar estratégias de manejo integrado, como técnicas de conservação solo e da água, uso de espécies vegetais adaptadas à seca, reflorestamento com plantas nativas e planejamento territorial que respeite a capacidade de suporte dos ecossistemas. Tais medidas não apenas mitigam os riscos ambientais, mas também fortalecem a resiliência de comunidades que dependem desses espaços para sua subsistência.

Embora menos férteis e mais restritivos para a ocupação humana, os trópicos secos desempenham papel crucial na regulação climática e na manutenção da biodiversidade adaptada a condições extremas. Os ambientes existentes nessa porção dos trópicos funcionam como indicadores sensíveis das mudanças climáticas globais, já que a variabilidade hídrica e térmica tende a se intensificar como o aquecimento global, agravando a desertificação e perda de serviços ecossistêmicos (Sanchez-Azofeifa et al., 2025; Rodrigues; Campos Rodrigues, 2025).

## COMPARTIMENTAÇÕES DOS PROCESSOS FORMADORES DE RELEVO EM SETORES DE BACIAS HIDROGRÁFICAS

A bacia hidrográfica, como unidade de definição regional na geografia, configura um dos objetos mais estudados no seio da Geografia Física e Geografia Ambiental. De fato, ela concebe a demarcação de um sistema aberto, por meio da delimitação dos divisores de relevo, os quais direcionam o escoamento para uma saída comum no sistema. Christofolletti (1980) entende que a bacia hidrográfica é domínio físico da superfície da terra onde as precipitações são conduzidas via escoamento para um lugar de saída comum por meio de um exutório. Contudo, atualmente a bacia hidrográfica tem sido entendida como uma para além de sua base física, e mais em função da importância da água como insumo fundamental para a sociedade e para a forma de gerir a escassez relativa do recurso hídrico. Nessa perspectiva, a bacia é uma unidade de análise, gestão das águas e planejamento ambiental, pois possui interação entre processos cuja continuidade e intensidade no espaço produzem compartimentações e característica das unidades geomorfológicas relacionadas aos processos que envolvem o transporte de matéria e energia.

Cabe aqui mais uma aproximação entre a análise sistêmica aplicada na geografia física e a bacia hidrográfica. O fato dessa ter sido exaustivamente interpretada por meio das modelagens hidrológicas no bojo da geográfica quantitativa, de certa forma, aproximou o entendimento da delimitação da bacia hidrográfica como um recurso analítico precioso para o planejamento ambiental, principalmente no que tange à gestão dos recursos hídricos. A bacia hidrográfica passa a ser adotada como estratégia de delimitação e organização territorial, portanto, não só um critério de determinação geográfica como o próprio método de critério de delimitação espacial aplicada à região. Peixoto e Silveira (2016, p. 87) refletem sobre essa questão, quando colocam que:

“A bacia hidrográfica é também entendida como uma região onde a área de drenagem possui um exutório comum, portanto, trata-se da representação do fenômeno hidrológico, que estabelece relações com os componentes ambientais e os fluxos de matéria e energia que os compõe.”

Entretanto, a delimitação de uma bacia hidrográfica utilizando os critérios estritamente hidráulicos, nem sempre é aplicável na prática, mesmo sendo direcionada ao planejamento e gestão dos recursos hídricos. Ela por vezes precisa se adequar aos limites políticos administrativos dos estados e municípios. O recorte hidrográfico introduz uma lógica sistêmica na divisão dos espaços, que, pelos vários motivos já explanados neste capítulo, está relacionado

à dinâmica hidrológica fluvial ou denudacional sobre os continentes, incorporando um modelo sistêmico notadamente bem descrito como um sistema aberto.

Por outro lado, os estudos integrados em Geografia adotam unidades ambientais compostas, pelo motivo de utilizarem com critérios que sintetizam os demais componentes da paisagem, mas que frequentemente utilizam a bacia hidrográfica como área de estudo. As diferentes perspectivas do geossistema por autores como Sochava (1977), Bertrand (1971) e Monteiro (2000), embora não quisessem dizer exatamente a mesma característica dos objetos, pois adotam estratégias metodológicas diferentes, debruçaram-se sobre a mesma construção teórica: o Sistema construído nas bases da Teoria Geral do Sistema de Bertalanfy (1975) e como esse conceito pode ser apreendido na base escalar da geomorfologia, segundo sua externalidade na paisagem, a partir de uma tipologia de grandeza compatível com os processos de fluxo e interacionais que compõem a paisagem.

Posicionar a bacia hidrográfica nessa condição comparativa com relação à paisagem no Geossistema é incompatível. Todavia, a água participa de modo mais ou menos intenso em processos de todos os componentes da paisagem. A aproximação entre esses dois conceitos permite entender como a Geografia tem se utilizado metodologicamente da bacia hidrográfica. De maneira a reconhecer, a partir dessa concepção analítica, que a bacia hidrográfica não deve isolar os elementos, mas integrá-los para uma diversidade de estudos que abranja a problemática ambiental.

Após uma breve consideração a respeito das bacias hidrográficas, nos limitaremos a buscar reconhecer alguns processos da circulação de água, que em interação com os demais componentes da paisagem, produz a dinâmica de movimento e de troca de matéria e energia. Nessa concepção, colocamos em suspenso somente as características físicas que determinam a intensidade dos processos ligados à erosão e sedimentação das partículas.

Dois agrupamentos de processos podem ser definidos para melhor entendimento da relação entre a intensidade e tipos, a saber:

- Os processos difusos de escoamento definidos a partir dos níveis de base de erosão;
- Os processos lineares de erosão/deposição, que ocorrem por meio do fluxo turbulento nos canais fluviais, configurando um equilíbrio dinâmico sujeito a reajustes;

O conceito de nível de base de erosão é muito importante para entender a diferenciação entre os citados processos geomórficos, pois eles respondem de forma diferenciada ao ajuste a partir de condições de rebaixamento ou de elevação dos níveis de base, locais ou globais.

O nível de base global compreende como os continentes e oceanos estão interligados, ajustando e modelando um ao outro. Este tipo de processo genérico ajuda a explicar os modelos de formação de feições geomorfológicas de relativa extensão sobre continentes, seus patamares de elevação e a evolução dos vales produzidos pelos sistemas fluviais de maior competência.

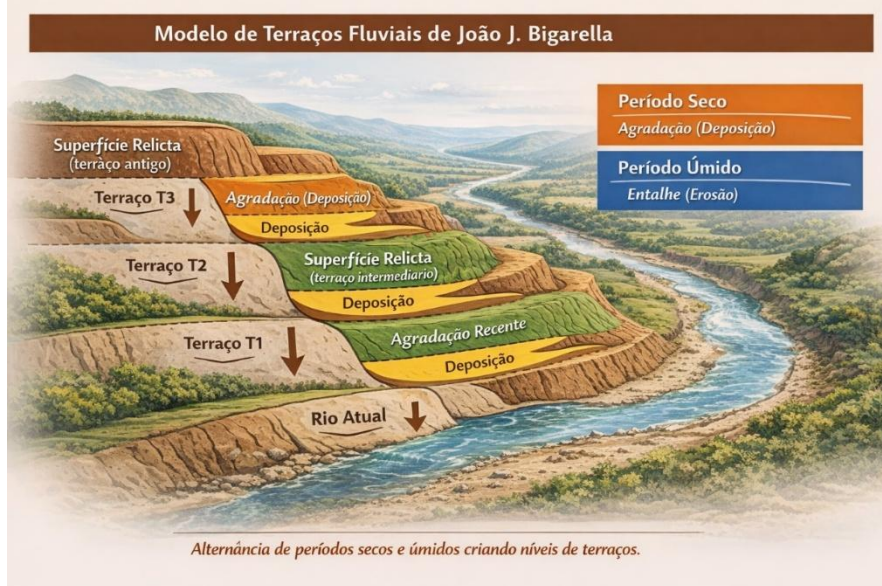
“Considerando a posição chave assumida pelo conceito de nível de base no contexto da teoria davisiana, esta noção tornou-se elemento básico, nos estudos de geomorfologia fluvial desenvolvidos sob a perspectiva analítica cíclica. Considerado como ponto controlado da vaga erosiva remontante, toda e qualquer mudança na posição do nível de base ocasiona, em consequência, uma retomada de erosão através da propagação de novas ondas erosivas ou de fases de entulhamento, que paulatinamente progridem ao longo dos cursos de água, em direção de montante, resultando em perfis fluviais multicíclicos”. (Christofoletti, 1980, p. 92)

O autor deixa claro que este conceito foi desenvolvido dentro de um paradigma davisiano da evolução geomórfica, contudo, pondera que a forma de repercussão de uma erosão remontante em decorrência do nível de base também deve levar em conta o ajustamento do sistema fluvial e da rede de drenagem que drena os sedimentos dos interflúvios, tendo influência

muito mais na plataforma continental que submerge com sedimentos friáveis pouco ou fracamente litificado, facilmente erodidos por meio de uma incisão linear. Por outro lado, “A rede de drenagem está estruturada para canalizar o fluxo de água e de detritos que lhe é fornecida pela bacia de drenagem. O canal fluvial responde prontamente às modificações no débito e na quantidade de material” (Christofolletti, 1980 p. 87)

A erosão remontante que trabalha no nível de base de erosão, sobretudo nos canais fluviais, explica os patamares produzidos em uma sessão transversal de um rio, sendo expressos em terraços fluviais. O modelo produzido por Bigarella (2003) ajuda a entender como os patamares de terraços fluviais são formados por meio dos reajustes de intensidade de gravidade, que são variáveis produzidas pelo nível de base.

Figura 2 – modelo de gênese e evolução de terraços fluviais de Bigarella (2003)



Fonte: sistematizado a partir de Bigarella (2003)

Um outro fenômeno que também pode ser produzido por erosão regressiva remontante são as mudanças nos formatos das bacias por meio da captura de rios para outras bacias nas zonas de divisão de relevo. Estes reajustes, contudo, não repercutem de modo similar nas bacias hidrográficas, principalmente por conta das mudanças litológicas e das estruturas que, inclusive, ajudam a determinar muitos dos canais de ordem incipiente na bacia.

Muitas discontinuidades litológicas podem gerar knickpoints. Ou seja: pontos onde existem quebras de patamares de relevo, o qual determina um nível de base diferente para a área à montante da bacia. Os knickpoints são facilmente identificados, frequentemente correspondendo as quedas d'água e corredeiras que possuem elevado valor patrimonial e turístico, além de função ecológica de oxigenação da água.

Identificar características de elementos que descrevem o comportamento do rio é uma tarefa primordial na compreensão dos setores de uma bacia hidrográfica. Dentre eles, podem ser descritos:

Competência – é o poder de mobilidade de material que um rio possui, promovendo cinética de movimento dos materiais mais grosseiros, os maiores sedimentos que o fluxo hídrico consegue mover, seja em suspensão, salto, rolamento ou arrasto.

Rugosidade do leito – é a forma irregular da superfície do leito do canal, diferentes tipos de canal (entrelaçados, retilíneos, meandrantos, anastomosados), possuem formatos característicos. Contudo, o grau de rugosidade do leito responde sobretudo ao substrato formado e a presença de sedimentos preenchendo cavidades do leito, além a competência do fluxo hídrico em mobilizar material no leito.

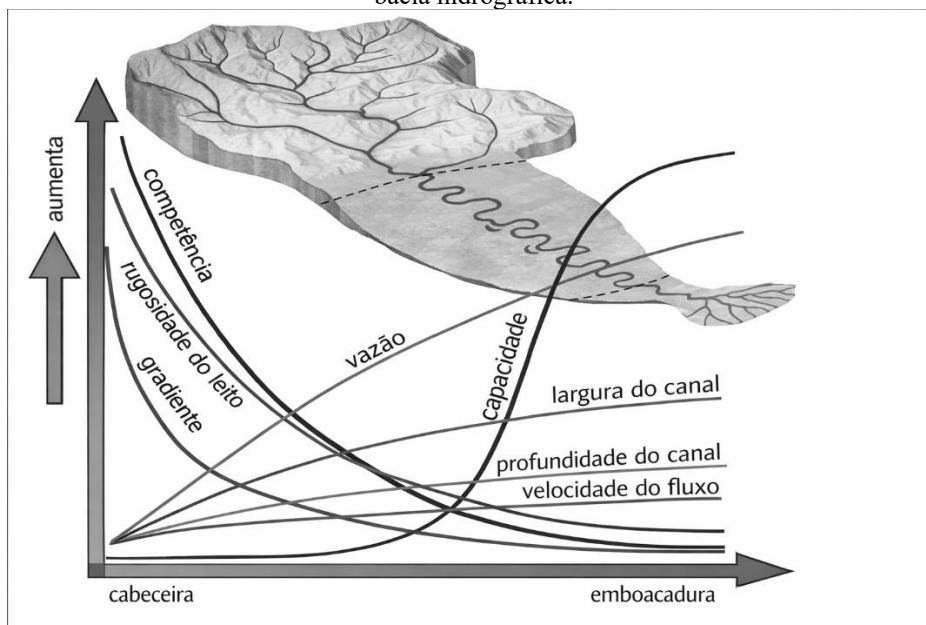
Gradiente de gravidade – este gradiente é a medida em graus do ponto mais alto para o mais baixo do rio, ou seja, da sua nascente até a foz. Este gradiente também pode ser utilizado em secção de canais específicos, necessários ao estudo mais detalhados de secção de meandros.

Vazão – quantidade de água por unidade de tempo, geralmente segundos, quando se trata e fluxo de rios, é um dos parâmetros mais importantes, não somente pela competência do fluxo hídrico produzido por vazões máximas, mas também pela capacidade erosiva do fluxo hídricos desde os interflúvios, por meio de eventos pluviométricos, induzindo intemperismo e erosão do material e movendo suas partículas em direção aos níveis de base locais.

Outros parâmetros como Largura e Profundidade do canal, número de canais no mesmo leito e grau de sinuosidade ajudam a diferenciar as seções das bacias em alto, médio e baixo cursos.

A figura 3 sintetiza as características ligadas aos canais fluviais em função da sua posição com relação ao setor da bacia. Embora a força gravitacional provoque entalhamento do canal de forma mais efetiva no alto curso, as condições de equilíbrio entre erosão e sedimentação tendem a prevalecer no médio curso, enquanto a oferta de sedimentos, notadamente os mais finos, silte e argila, são mais efetivamente carregadas como carga suspensa, depositadas nas planícies fluvio-marinhas e no oceano.

**Figura 3** – modelo de Bradshaw de descrição de intensidades nos setores do alto, médio e baixo curso de uma bacia hidrográfica.



Fonte: sistematizado a partir de facebook.com/uchoamaster, inspirada no modelo de Bradshaw (1968)

Outros conceitos que importantes para entendimento de variáveis nas bacias são as ordens dos rios. Como um mecanismo que classifica os rios de acordo com o número de afluentes que ele recebe, faz total sentido estudar comparativamente ordens similares, já que estes tendem a aumentar conforme se aproximam do exutório da bacia, embora não necessariamente.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O artigo evidencia que a compreensão do relevo tropical exige uma integração indissociável entre a hidrologia e a geomorfologia. Não obstante a transição de modelos deterministas para abordagens estocásticas reflita a complexidade dos sistemas naturais, os estudos integrados sob a ótica da Geografia são fundamentais para prever mudanças morfológicas e gerenciar recursos hídricos de forma sustentável frente aos desafios ambientais

contemporâneos. Esses desafios estão relacionados à necessidade de previsibilidade dos fenômenos frente às mudanças climáticas, subsidiando formas de ocupação que mitigam eventos extremos por meio da adaptação na relação entre sociedade e natureza.

## REFERÊNCIAS

- AB'SABER, Aziz Nacib. Depressões periféricas e depressões semi-áridas no nordeste do Brasil. *Boletim Paulista de Geografia*, nº 22, p. 3-18, São Paulo, 1956
- AB'SÁBER, Aziz Nacib. *Os Domínios da Natureza no Brasil* (Ateliê Editorial), 1967.
- AB'SÁBER, Aziz Nacib. Os domínios morfoclimáticos da América do Sul: primeira aproximação. *Geomorfologia*, n. 53, São Paulo: IG-USP, 1977.
- AULETE, Caldas. *Dicionário contemporâneo da língua portuguesa*. Rio de Janeiro: Lexikon, 2014.
- AZEVEDO, Aroldo de. *Brasil: a terra e o homem* (primeira edição com a classificação em 1949)
- BENSON, E. S. Random River: Luna Leopold and the promise of chance in fluvial Geomorphology. *Journal of Historical Geography* 67 (2020) 14e23.  
<https://doi.org/10.1016/j.jhg.2019.10.007>
- BENSON, E. S. Random river: Luna Leopold and the promise of chance in fluvial geomorphology. *Journal of Historical Geography* 67 (2020) 14e23.  
<https://doi.org/10.1016/j.jhg.2019.10.007>
- BERTALANFY, L. V. *Teoria geral dos sistemas*; trad. De Francisco M. Guimarães. 2 ed. Petrópolis: Vozes, 1975, 351 p.
- BERTRAND, G. Paysaje y geografía física global. In. **El pensamiento geográfico**. Org. Mendonza, J. et al., Madrid: Alianza Editorial, 1982.
- BIGARELLA, João José. *Estrutura e origem das paisagens tropicais e subtropicais*. 3 v. Florianópolis: Editora da UFSC, 2003.
- BRADSHAW, R. Evolution of river courses: an example from mid-Wales. *Geography*, Sheffield, v. 53, n. 3, p. 267–274, 1968.
- BÜDEL, Julius. *Climatic geomorphology*. Princeton: Princeton University Press, 1982.
- CHORLEY, R. J. *Geomorphology and general systems theory*. U.S. Geological Survey Professional Paper 500-B, Washington, DC, 1962.
- CONTI, José Bueno. O meio ambiente tropical. *Geografia*, São Paulo, v. 14, n. 28, p. 69-79, 1989. Disponível em: <file:///C:/Users/cyber/Downloads/fonsecarg,+Artigo+5.pdf>. Acesso em: 18 fev. 2026.
- CUNHA, Antônio Geraldo da. *Dicionário etimológico da língua portuguesa*. 4. ed. Rio de Janeiro: Lexikon, 2010.
- DE CLAUDINO-SALES, Vanda. Megageomorfologia do Nordeste Setentrional Brasileiro. *Revista de Geografia*, [S. l.], v. 35, n. 4, p. 442–454, 2018. DOI: 10.51359/2238-6211.2018.238241. Disponível em:

<https://periodicos.ufpe.br/revistas/revistageografia/article/view/238241>. Acesso em: 6 jan. 2026.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Mapeamento inédito mostra uso e cobertura do Cerrado. Brasília: Embrapa, 2015. Disponível em: <https://www.embrapa.br>.

FAIRBRIDGE, R.W. Morphogenetic regions. In: *Geomorphology. Encyclopedia of Earth Science*. Springer, Berlin, Heidelberg, 1968. [https://doi.org/10.1007/3-540-31060-6\\_249](https://doi.org/10.1007/3-540-31060-6_249)

FERREIRA, Aurélio Buarque de Holanda. *Novo dicionário Aurélio da língua portuguesa*. 5. ed. Curitiba: Positivo, 2010.

GILBERT, G. K. *Report on the geology of the Henry Mountains*. Washington: Government Printing Office, 1877.

GOMES RUBIRA, Felipe; BARREIROS, André Mateus; VILLELA, Fernando Nadal Junqueira; PEREZ FILHO, Archimedes. Sistemas pedogeomorfológicos na interpretação da evolução das paisagens quaternárias em climas tropicais úmidos. *Mercator*, v. 18, n. 8, 2019.

HEINE, Klaus. The Tropics. In: *The Quaternary in the Tropics. Springer Textbooks in Earth Sciences, Geography and Environment*. Cham: Springer, 2024. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-3-031-31921-1\\_3](https://doi.org/10.1007/978-3-031-31921-1_3).

HORTON, R. E., *Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology*, *Bul. Geol. Soc. Amer.*, 56, 275-370, 1945.

HOUAISS, Antônio; VILLAR, Mauro de Salles. *Dicionário Houaiss da língua portuguesa*. Rio de Janeiro: Objetiva, 2009.

HOUGHTON, J. T. On the annual variation of the incoming solar radiation. *Journal of Atmospheric Sciences*, v. 11, n. 1, p. 1-7, 1954. DOI: 10.1175/1520-0469(1954)011<0001:OTAVOT>2.0.CO;2. Disponível em: <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/1954JAtS...11....1H/abstract>. Acesso em: 18 fev. 2026.

KING, L. C. A geomorfologia do Brasil Oriental. *Revista Brasileira de Geografia*, Rio de Janeiro, v. 18, n. 2, p. 147-265, 1956.

KING, L. C. Erosion cycles in Central and Southern Africa. *Geographical Review*, New York, v. 33, n. 4, p. 606-623, 1943.

KÖPPEN, Wladimir; GEIGER, Rudolf. *Handbuch der Klimatologie*. Berlin: Gebrüder Borntraeger, 1936–1940.

KÖPPEN, Wladimir; GEIGER, Rudolf. *Klimate der Erde*. Gotha: Verlag Justus Perthes, 1928.

LEOPOLD, L. B. Field Data: The Interface between Hydrology and Geomorphology. In: USGS, United State Geologic Survey. *Scientific Basis of Water-Resource Management*. National Academy Press, Washington, D.C. 1982. p. 96 – 105.

MAFRA, Rivaldo Chagas. *Agronomia para os Trópicos Brasileiros*. Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica, Recife, v. 7, p. 48-49, 2013. Disponível em: <https://journals.ufrpe.br/index.php/apca/article/view/116>. Acesso em: 19 fev. 2026.

MAIA, R. P.; BEZERRA, F. H. R., CLAUDINO-SALES, V. Geomorfologia do nordeste: concepções clássicas e atuais acerca das superfícies de aplainamento nordestinas. *Revista de Geografia*. Recife: ufpe – dcg/napa, v. especial VIII SINAGEO, n. 1, Set. 2010.

MAIA, R. P.; BEZERRA, F. H. R.; NASCIMENTO, M. A. L.; CASTRO, H S.; MEIRELES, A. J. A. ROTHIS, L. M. Geomorfologia do Campo de Inselbergues de Quixadá, Nordeste do Brasil. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, [S. l.], v. 16, n. 2, 2015. DOI: 10.20502/rbg.v16i2.651. Disponível em: <https://rbgeomorfologia.org.br/rbg/article/view/651>. Acesso em: 29 dez. 2025.

MARACAHIPES-SANTOS, Leonardo; SANTOS, Josias Oliveira dos; REIS, Simone Matias; LENZA, Eddie. Temporal changes in species composition, diversity, and woody vegetation structure of savannas in the Cerrado–Amazon transition zone. *Acta Botanica Brasilica*, v. 32, n. 2, p. 254-263, 2018.

Marc F P Bierkens and Yoshihide Wada 2019 *Environ. Res. Lett.* 14 063002 DOI 10.1088/1748-9326/ab1a5f

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Mapeamento do Uso do Solo e Cobertura Vegetal – Bioma Cerrado. Brasília: MMA, 2010.

MONTANHER, Otávio Cristiano; MINAKI, Cíntia. Uma nova abordagem para o mapeamento dos trópicos continentais a partir da relação entre temperatura, altitude e latitude. *Revista do Departamento de Geografia*, v. 44, 2024. DOI: <https://doi.org/10.11606/eISSN.2236-2878.rdg.2024.220489>.

MONTEIRO, C. A. F. Geossistema: a história de uma procura. São Paulo, Contexto, 2000, p. 127.

NOGUEIRA, Carlo Eugênio. A moderna colonização dos trópicos: geografia e planejamento na primeira metade do século XX. *Geografares*, v. 3, n. 37, 2023. DOI: <https://doi.org/10.47456/geo.v3i37.42336>.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. International Day of the Tropics. Disponível em: <https://www.un.org/en/observances/tropics-day>. Acesso em: 3 fev. 2026.

PEIXOTO, F. S. Por uma Geografia das Águas: ensaio sobre água e território no Nordeste Setentrional. Curitiba: Editora CRV, 2020.

PEIXOTO, Filipe da Silva; SILVEIRA, Renata Nayara Câmara Miranda. Bacia hidrográfica: tendências e perspectivas da aplicabilidade no meio urbano (Watershed: trends and approach of applicability in urban environment). *Revista Brasileira de Geografia Física*, [S. l.], v. 10, n. 3, p. 840–853, 2017. DOI: 10.5935/1984-2295.20170054. Disponível em: <https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233985>. Acesso em: 11 fev. 2026.

PELTIER, Louis C. The geographic cycle in periglacial regions as it is related to climatic geomorphology. *Annals of the Association of American Geographers*, v. 40, n. 3, p. 214-236, 1950.

PINTO, N. L. S. HOLTZ, A. C. T. MARTINS, J. A. GOMIDE, F. L. S. Hidrologia Básica. São Paulo: Editora Edigar Blucher, 1976.

PRIBERAM. Dicionário da língua portuguesa. Lisboa: Priberam, 2013. RODRIGUES, Silvio Carlos; CAMPOS RODRIGUES, Gelze Serrat de Souza. Geomorphology and Biogeography of Tropical Deserts. Uberlândia: Instituto de Geografia, Universidade Federal de Uberlândia, 2025.

ROSS, J. Geomorfologia: ambiente e planejamento. 9. Ed. 2ª Reimpressão – São Paulo: Contexto, 2017.

RUGGIERO, Patricia Guidão Cruz; BATALHA, Marco Antônio; PIVELLO, Vânia Regina; MEIRELLES, Sérgio Tadeu. Soil-vegetation relationships in cerrado (Brazilian savanna) and semideciduous forest, Southeastern Brazil. *Plant Ecology*, v. 1, p. 1-16, 2002.

SALGADO, André Augusto Rodrigues; ASSIS, Wellington Lopes; MAGALHÃES JÚNIOR, Antônio Pereira; CARMO, Flávio Fonseca do; SORDI, Michael Vinícius de; OLIVEIRA, Fábio Soares de. *Semi-humid: The Landscape of Central Brazil*. Springer, 2020.

SANCHEZ-AZOFEIFA, Arturo; STAN, Kayla; MASHHADI, Nooshin. Tropical Dry Climates. In: *Phenology: An Integrative Environmental Science*. Springer Nature, 2025.

SCOPEL, Iraci; SOUSA, Marluce Silva; MARTINS, Alécio Perini. Infiltração de água e potencial de uso de solos muito arenosos nos Cerrados (Savanás) do Brasil. *Boletim Goiano de Geografia, Goiânia*, v. 33, n. 2, p. 1-15, maio/ago. 2013. DOI: 10.5216/bgg.v33i2.25556. Disponível em: <https://journals.ufrpe.br/index.php/apca/article/view/116>. Acesso em: 19 fev. 2026.

SITOIE, Carlitos Luis. Os trópicos como lugar das sombras materiais e imateriais. *Sociedade e Território*, v. 35, n. 2, 2023. Disponível em: <https://periodicos.ufm.br/sociedadeeterritorio/article/download/24138/13866/78501>. Acesso em: 24 nov. 2025.

SINGH, Komal; MAMORIA, Chaturbhuj. *Geomorphology*. [S.l.]: SBPD Publications, 2023. Disponível em: <https://ebooks.inflibnet.ac.in/geop11/>. Acesso em: 11 fev. 2026.

SOCHAVA V. B. **O estudo dos geossistemas**. Métodos em questão. São Paulo, n. 6, p. 45 – 50 1977,

SOUZA, Marcos José Nogueira de; OLIVEIRA, José Gerardo B. de; LINS, Rachel Caldas; JATOBÁ, Lucivânio. Condições geo-ambientais do semi-árido brasileiro. *Recife: Ciência & Trópico*, v. 20, n. 1, p. 173-198, jan./jun. 1992

STATE OF THE TROPICS. State of the Tropics 2014 Report. Cairns: James Cook University, 2014. Disponível em: <https://www.stateofthetropics.org>. Acesso em: 19 fev. 2026.

STRAHLER, A. N. Dynamic Basis of Geomorphology. *Bulletin of the Geological Society of America* Vol. 63. p. 923-938. Disponível em: 10.1130/0016-7606(1952)63[923:DBOG]2.0.CO;2. Acesso em 06 de janeiro de 2026.

STRAHLER, A. N. Quantitative Analysis of Watershed Geomorphology. *Transactions, American Geophysical Union*, v. 38, n. 6. 1957.

STRAHLER, Arthur N. *Physical Geography*. 3. ed. New York: John Wiley & Sons, 1969.

SUGUIO, K. *Geologia Sedimentar*. São Paulo: Blucher, 2003.

TANNER, W. F. *Geomorphology and Climate*. London: Methuen, 1961.

THOMAS, Michael F. *Tropical Geomorphology*. Cambridge: Cambridge University Press, 2011.

THORNTHWAITE, Charles Warren. An approach toward a rational classification of climate. *Geographical Review*, v. 38, n. 1, p. 55–94, 1948.

TREWIN, Blair. The climates of the Tropics, and how they are changing. State of the Tropics Report. James Cook University, 2014. Disponível em: <https://www.jcu.edu.au/state-of-the-tropics/publications/2014-state-of-the-tropics-report/2014-essay-pdfs/Essay-1-Trewin.pdf>

TRICART, Jean; CAILLEUX, André. *Introduction à la géomorphologie climatique*. Paris: Masson, 1972.

UNITED NATIONS. *International Day of the Tropics*. United Nations, 2025.

USGS, United State Geologic Survey. This diagram, released in English and Spanish in 2022, depicts the global water cycle. It shows how human water use affects where water is stored, how it moves, and how clean it is, 2024.

VIERS, G. *Éléments de géomorphologie*. Paris: Fernand Nathan Editeur. 1967.

Wikipedia. *Bradshaw model*. Disponível em: [https://en.wikipedia.org/wiki/Bradshaw\\_model](https://en.wikipedia.org/wiki/Bradshaw_model). Acesso em: 14 fev. 2026