

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

ANDRÉ FELIPE LÓPES

A IMPORTÂNCIA DA GEODIVERSIDADE NA SUSTENTABILIDADE  
DOS SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS COSTEIROS

CURITIBA

2024

ANDRÉ FELIPE LÓPES

A IMPORTÂNCIA DA GEODIVERSIDADE NA SUSTENTABILIDADE  
DOS SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS COSTEIROS

Artigo apresentado ao curso de MBA em Gestão Ambiental, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial para obtenção do título de Especialista em Gestão Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Thiago Zagonel Serafini

CURITIBA

2024

# **A Importância da geodiversidade na sustentabilidade dos serviços ecossistêmicos costeiros**

André Felipe López

## **RESUMO**

A geodiversidade é essencial para a formação e manutenção das características físicas das zonas costeiras, influenciando diretamente habitats e recursos naturais. Tradicionalmente, as práticas de conservação focaram-se mais na biodiversidade, negligenciando a geodiversidade, que inclui elementos geológicos e geomorfológicos fundamentais para a sustentabilidade ecológica. Este estudo explora a relação entre a geodiversidade e os serviços ecossistêmicos, evidenciando como a conservação dos elementos abióticos é crucial para a manutenção desses serviços. A análise abrange as categorias de provisão, regulação, suporte e culturais dos serviços ecossistêmicos, destacando a contribuição da geodiversidade na regulação do clima, proteção contra desastres naturais e manutenção da biodiversidade. A metodologia baseou-se em uma revisão narrativa da literatura, enfatizando a interdependência entre os aspectos abióticos e bióticos nas zonas costeiras. Os resultados mostram que a conservação da geodiversidade é essencial para garantir a continuidade dos serviços ecossistêmicos e, por conseguinte, a sustentabilidade e o bem-estar humano. Conclui-se que políticas de gestão costeira devem integrar tanto a geodiversidade quanto a biodiversidade para promover a sustentabilidade a longo prazo.

Palavras-chave: Geodiversidade. Sistemas Costeiros. Serviços Ecossistêmicos. Conservação da Natureza.

## **ABSTRACT**

Geodiversity is essential for the formation and maintenance of the physical characteristics of coastal zones, directly influencing habitats and natural resources. Traditionally, conservation practices have focused more on biodiversity, neglecting geodiversity, which includes geological and geomorphological elements fundamental to ecological sustainability. This study explores the relationship between geodiversity and ecosystem services, highlighting how the conservation of abiotic elements is crucial for maintaining these services. The analysis covers the categories of provisioning, regulating, supporting, and cultural ecosystem services, emphasizing geodiversity's

contribution to climate regulation, natural disaster protection, and biodiversity maintenance. The methodology was based on a narrative literature review, emphasizing the interdependence between abiotic and biotic aspects in coastal zones. The results show that the conservation of geodiversity is essential to ensure the continuity of ecosystem services and, consequently, sustainability and human well-being. It concludes that coastal management policies must integrate both geodiversity and biodiversity to promote long-term sustainability.

Keywords: Geodiversity. Coastal Systems. Ecosystem Services. Nature Conservation.

## 1 INTRODUÇÃO

As iniciativas de conservação da natureza estiveram por muitos anos focadas nos elementos bióticos (biodiversidade), sendo que a conservação do patrimônio abiótico (geodiversidade), sempre esteve à margem desta temática (BRILHA, 2005; PEREIRA et al., 2013; REYNARD et al., 2020; GRAY, 2021).

A geodiversidade abrange o conjunto de recursos geológico-geomorfológicos, seus fenômenos e processos ativos, incluindo suas relações, propriedades e sistemas que dão origem às paisagens. Esse fato demonstra a representatividade que a geodiversidade possui no cenário de conservação da natureza, sendo considerada como o substrato para a sustentação da biodiversidade na Terra (BRILHA, 2005; PEREIRA, 2010; GRAY, 2021).

A gestão de sistemas costeiros exige uma abordagem holística que incorpore tanto elementos bióticos quanto abióticos para garantir a sustentabilidade e a integridade dos ecossistemas.

Neste sentido, a geodiversidade desempenha um papel fundamental na formação e manutenção das características físicas das zonas costeiras, como praias, dunas, falésias e estuários, que são habitats críticos para muitas espécies (GRAY, 2013; PROSSER, 2021; BROCK; SEMENIUK, 2019; PROSSER, 2021). Além disso, os processos geológicos e geomorfológicos ativos, como a sedimentação e a erosão, influenciam diretamente a distribuição de habitats e a disponibilidade de recursos naturais.

A conservação da geodiversidade é, portanto, essencial para preservar as condições ambientais que sustentam a biodiversidade. Sem a proteção dos

elementos abióticos, as estruturas e processos que sustentam a vida nas zonas costeiras estariam comprometidos, levando à degradação dos habitats e à perda de serviços ecossistêmicos vitais (PEREIRA, 2010; BRILHA, 2016; PROSSER, 2021). Assim, uma gestão eficaz dos sistemas costeiros deve reconhecer a interdependência entre geodiversidade e biodiversidade, implementando políticas que assegurem a conservação integrada desses componentes para promover a sustentabilidade a longo prazo.

Diante destas considerações iniciais, este trabalho tem como objetivo explorar a relação entre a geodiversidade e a manutenção dos serviços ecossistêmicos, destacando a importância da conservação dos elementos abióticos para a proteção e sustentabilidade dos ecossistemas costeiros. O estudo se concentra em como a geodiversidade contribui para a preservação e funcionalidade das zonas costeiras, reforçando o papel essencial dos elementos abióticos nos ecossistemas.

## **2 METODOLOGIA**

A pesquisa foi conduzida através de uma análise da literatura existente, explorando os conceitos fundamentais de geodiversidade, biodiversidade e ecossistemas costeiros, e investigando suas interações específicas em ambientes costeiros. A metodologia adotada consistiu em uma revisão narrativa da bibliografia, com o objetivo de fornecer uma compreensão abrangente sobre a importância da geodiversidade na manutenção dos serviços ecossistêmicos. Foi realizada uma análise detalhada de cada categoria de serviços ecossistêmicos, destacando a interdependência da geodiversidade para a sustentabilidade dos ecossistemas costeiros.

## **3 A IMPORTÂNCIA DA GEODIVERSIDADE NAS ZONAS COSTEIRAS**

### **3.1 GEODIVERSIDADE, GEOCONSERVAÇÃO E GEOTURISMO**

O termo geodiversidade é relativamente recente. Nascimento et al. (2008) destacam que, para alguns pesquisadores, este conceito é mais restrito, relacionando-se especificamente aos minerais, rochas e fósseis. Por outro lado, outros estudiosos adotam uma perspectiva mais ampla, integrando também os processos que atuam na sua gênese. Brilha (2005, p. 17) aponta que, segundo a Royal Society for Nature Conservation do Reino Unido,

“Consiste na variedade de ambientes geológicos, fenômenos e processos ativos que dão origem a paisagens, rochas, minerais, fósseis, solos e outros depósitos superficiais que são o suporte para a vida na Terra” (minha tradução).

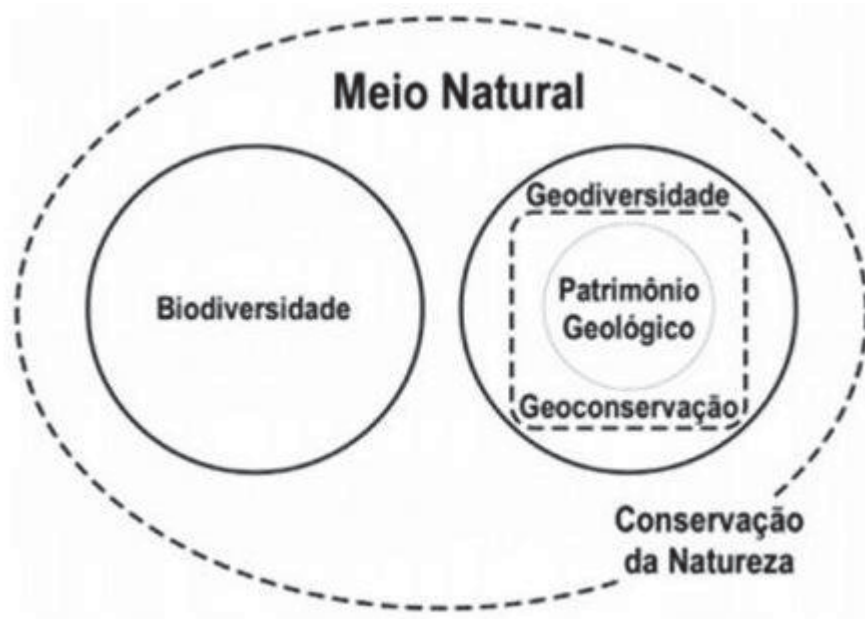
Brilha (2005) explica que o termo geodiversidade, ao contrário do termo biodiversidade, não alcançou o mesmo grau de reconhecimento junto à sociedade. Este conceito compreende os aspectos não vivos do nosso planeta (minerais, rochas, fósseis) e os processos naturais que atualmente decorrem, originando novos testemunhos. Nessa perspectiva, a biodiversidade é condicionada pela geodiversidade, uma vez que os diferentes organismos encontram condições de subsistência apenas quando uma série de condições abióticas indispensáveis se unem.

A geodiversidade, portanto, é o suporte para a sustentação dos ecossistemas e da biodiversidade, devendo ser considerada para fins de gestão, tomada de decisão, planejamento e educação (GRAY, 2021; GORDON, 2019; PROSSER, 2021). Sendo assim, há uma estreita relação entre a geodiversidade e biodiversidade, uma vez que o desenvolvimento da vida está fortemente relacionado às condições abióticas, que tem sido a base para o aumento da diversidade biológica durante a histórica geológica da Terra (GRAY, 2004; PEREIRA, 2010; BRILHA, 2016).

Indiscutivelmente importante como base para a biodiversidade e fonte de recursos para a sociedade, os cuidados com a geodiversidade motivaram o surgimento do conceito de Geoconservação. Henriques et al. (2011) argumentam que a geoconservação é essencial para proteger o patrimônio geológico, que é um testemunho da história da Terra e um recurso educativo e científico inestimável. Ele enfatiza que a geodiversidade é tão vital quanto a

biodiversidade, pois ambas contribuem para a riqueza natural e cultural do planeta.

A Figura 1 mostra a importância da geoconservação no contexto da conservação da natureza, envolvendo a proteção e gestão dos elementos abióticos do meio natural, como o patrimônio geológico e a geodiversidade, que são fundamentais para a manutenção da biodiversidade e dos ecossistemas.



**Figura 1:** Esquema mostrando o papel da geoconservação na conservação da natureza.

**Fonte:** Pereira, 2010.

De acordo com Henriques et al. (2011), a geoconservação é parte da conservação da natureza mais ampla destacando que os esforços de conservação não devem ser segmentados, mas sim coordenados para preservar tanto a geodiversidade quanto a biodiversidade. Além disso, o referido autor destaca que o geoturismo pode ser uma ferramenta poderosa para a geoconservação. A gestão adequada do geoturismo pode gerar recursos financeiros significativos para a conservação dos patrimônios geológicos e, ao mesmo tempo, promover a educação do público sobre a importância da geodiversidade.

Hose (1995) introduziu o termo "geoturismo" e é amplamente creditado por estabelecer as bases conceituais da disciplina. Hose (1995, p. 17) descreve o geoturismo como um "turismo que sustenta ou melhora as características

geológicas de um lugar, ao mesmo tempo em que promove o entendimento, a apreciação e a conservação dos recursos geológicos". Ele ressalta que o geoturismo deve ser conduzido de maneira a minimizar os impactos ambientais e a maximizar os benefícios educacionais e econômicos para as comunidades locais.

### 3.2 GEODIVERSIDADE E A GESTÃO DOS SISTEMAS COSTEIROS

A relação entre a geodiversidade e a gestão de sistemas costeiros é crucial para garantir a proteção e sustentabilidade dos ecossistemas costeiros. Em sistemas costeiros, essa diversidade abiótica são caracterizadas por uma intensa dinâmica ambiental, estando em constante transição entre o continente e o mar (SOUZA, 2021).

A gestão de sistemas costeiros deve, portanto, incorporar a conservação dos elementos abióticos para manter a funcionalidade e resiliência desses ecossistemas. De acordo com Oliveira (2019), a proteção da geodiversidade em ambientes costeiros inclui a preservação de formações geológicas, geomorfológicas e tipologias de solo, que são frequentemente negligenciadas em políticas focadas predominantemente na biodiversidade. Para Melo (2022), ignorar esses componentes pode levar a um uso inadequado dos recursos naturais, resultando em impactos negativos a longo prazo.

A conservação dos elementos abióticos é essencial não apenas pela sua intrínseca importância ecológica, mas também pelos serviços ecossistêmicos que prestam. A geodiversidade, conforme discutido por Rabelo (2020), contribui para a estabilidade do solo, a regulação hídrica, e a proteção contra eventos extremos, como erosão e inundações. Esses serviços são vitais para a sustentabilidade dos ecossistemas costeiros e para as comunidades humanas que dependem deles.

Além disso, a geodiversidade possui valores econômicos, culturais, estéticos, científicos e educativos que devem ser considerados na gestão de sistemas costeiros. Carcavilla Urquí (2012) destaca que o reconhecimento desses valores pode incentivar práticas de geoconservação, que buscam proteger e preservar os recursos geológicos e geomorfológicos para as gerações



futuras. A geoconservação, portanto, é uma abordagem integradora que visa manter a integridade dos processos naturais e das paisagens, promovendo ao mesmo tempo o uso sustentável dos recursos.

Um aspecto importante da gestão costeira é o mapeamento e inventariação dos recursos abióticos, identificando áreas de maior sensibilidade e vulnerabilidade. Segundo Souza (2021), estudos detalhados da geodiversidade costeira permitem uma melhor compreensão das aptidões e restrições de uso do meio físico, facilitando a implementação de medidas de proteção ambiental e ordenamento territorial. Esses estudos são fundamentais para orientar o desenvolvimento de infraestruturas e atividades econômicas de forma a minimizar impactos ambientais negativos.

A integração da geodiversidade na gestão costeira também facilita a adaptação às mudanças climáticas. Elementos geológicos e geomorfológicos podem atuar como barreiras naturais contra a subida do nível do mar e tempestades costeiras, contribuindo para a resiliência das comunidades costeiras. Rabelo (2020) destaca que a conservação desses elementos é, portanto, uma estratégia de mitigação e adaptação essencial para enfrentar os desafios climáticos atuais e futuros.

A educação ambiental e a promoção do geoturismo são ferramentas poderosas para sensibilizar a sociedade sobre a importância da geodiversidade. Neste sentido, através de atividades educativas e turísticas, é possível aumentar a consciência pública sobre a necessidade de proteger os recursos geológicos e geomorfológicos, promovendo uma cultura de sustentabilidade e respeito ao meio ambiente. O geoturismo, em particular, pode gerar benefícios econômicos ao mesmo tempo em que preserva o patrimônio natural (OLIVEIRA, 2019).

Em resumo, a conservação dos elementos abióticos é essencial para a proteção e sustentabilidade dos ecossistemas costeiros. Através de uma abordagem integrada que considere os valores ecológicos, econômicos, culturais e científicos da geodiversidade, é possível promover o uso sustentável dos recursos naturais e assegurar a proteção dos ecossistemas costeiros para as gerações futuras.

Essa abordagem integradora exige a colaboração entre cientistas, gestores ambientais, formuladores de políticas e comunidades locais. Melo (2022) sugere que somente através de esforços conjuntos e coordenados será

possível conservar a riqueza geológica e geomorfológica das zonas costeiras, garantindo sua preservação e uso sustentável em longo prazo. A geodiversidade, portanto, emerge como um pilar central na gestão de sistemas costeiros, fundamental para a saúde e sustentabilidade dos ecossistemas e das sociedades que deles dependem.

### 3.3 GEODIVERSIDADE E EDUCAÇÃO AMBIENTAL EM ÁREAS COSTEIRAS

A educação ambiental é fundamental para aumentar a conscientização sobre a geodiversidade e promover práticas sustentáveis. Gray (2021) sugere que incluir a geodiversidade nos currículos educacionais pode aumentar significativamente a compreensão pública sobre sua importância, fomentando uma cultura de preservação desde cedo.

O geoturismo, conforme destacado por Hose (1995), oferece uma maneira prática de aprender sobre a geodiversidade. Além de preservar características geológicas locais, promove o entendimento e a conservação dos recursos geológicos. Brilha (2005) reforça que o geoturismo educa o público e gera recursos financeiros para a conservação.

Programas educativos robustos são essenciais. Rabelo (2020) propõe incluir visitas a sítios geológicos, enquanto Souza (2021) destaca a necessidade de materiais educativos acessíveis para todas as idades. Esses programas podem aumentar a conscientização sobre a importância dos elementos abióticos para os ecossistemas.

Políticas públicas que integrem a geodiversidade na educação ambiental são vitais. Pereira (2010) e Prosser (2021) argumentam que isso ajuda a garantir a proteção desses recursos naturais. A gestão sustentável dos recursos é possível quando a geodiversidade é considerada nas políticas educacionais e ambientais.

Casos de sucesso demonstram a eficácia da educação ambiental e do geoturismo. Melo (2022) apresenta estudos onde essas abordagens foram fundamentais para a conservação de sítios geológicos e a promoção da sustentabilidade, beneficiando tanto o meio ambiente quanto as comunidades locais.

A educação ambiental voltada para a geodiversidade promove uma compreensão profunda dos elementos abióticos e sua importância para a sustentabilidade dos ecossistemas. Integrando programas educativos, políticas públicas e geoturismo, é possível fomentar uma cultura de preservação que assegure a proteção dos recursos geológicos e geomorfológicos para futuras gerações.

A conservação de formações geológicas e geomorfológicas é vital para a resiliência dos ecossistemas costeiros. Esses elementos atuam como barreiras naturais contra eventos extremos e suportam a biodiversidade local. Integrar a geodiversidade na gestão costeira ajuda a mitigar os impactos das mudanças climáticas e a promover a sustentabilidade das comunidades costeiras (OLIVEIRA, 2019; RABELO, 2020).

A Figura 2 resume os principais pontos abordados, destacando a necessidade de uma abordagem integrada na conservação da natureza que contemple tanto a biodiversidade quanto a geodiversidade.



**Figura 2:** Integração da geodiversidade e biodiversidade na conservação da natureza.

**Fonte:** Autor, 2024.

A gestão eficaz dos sistemas costeiros requer políticas integradas que considerem tanto os elementos abióticos quanto bióticos. A conservação da

geodiversidade não apenas protege as condições ambientais que sustentam a biodiversidade, mas também ajuda a mitigar os riscos de erosão e degradação, essenciais para a resiliência dos ecossistemas costeiros. Políticas de conservação integradas, que reconhecem a interdependência entre geodiversidade e biodiversidade, são fundamentais para enfrentar os desafios ambientais de forma abrangente. Além disso, a promoção da educação e sensibilização sobre a importância da geodiversidade pode aumentar o engajamento comunitário e o apoio para iniciativas de conservação, garantindo a sustentabilidade ecológica e beneficiando tanto a natureza quanto as comunidades humanas dependentes desses sistemas.

### 3.4 GEODIVERSIDADE E SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS

A geodiversidade é um componente essencial dos ecossistemas, contribuindo diretamente para a provisão, regulação, suporte e serviços culturais. Sua importância é reconhecida na manutenção da biodiversidade e no suporte às funções ecológicas. Segundo Garcia (2014), a geodiversidade desempenha um papel crucial na integridade e funcionamento dos ecossistemas, especialmente em áreas costeiras, onde a interação entre elementos bióticos e abióticos é mais evidente.

Compreendendo a variedade de elementos geológicos, geomorfológicos, pedológicos e hidrológicos, a geodiversidade interage com os componentes bióticos para manter os ecossistemas. Estes serviços ecossistêmicos, que incluem a provisão de recursos como água e minerais, regulação do clima e qualidade do solo, suporte a processos como formação do solo e ciclagem de nutrientes, e serviços culturais relacionados a paisagens geológicas, são fundamentais para a sustentabilidade ambiental.

## 4 GEODIVERSIDADE E SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS NAS ZONAS COSTEIRAS

A geodiversidade, compreendida como a variedade de elementos geológicos, geomorfológicos, pedológicos e hidrológicos, desempenha

importante papel na manutenção e provisão dos serviços ecossistêmicos. Esses serviços são classificados em quatro categorias principais: serviços de provisão, serviços de regulação, serviços de suporte e serviços culturais. Cada uma dessas categorias é fundamental para a sustentabilidade dos ecossistemas e para o bem-estar humano.

A seguir, será discutido como a geodiversidade contribui para cada uma dessas categorias, destacando sua importância e interdependência na manutenção dos ecossistemas costeiros. Na sequência será apresentada uma síntese refletindo sobre o papel que a geodiversidade desempenha no provimento e na manutenção dos serviços ecossistêmicos, influenciando diretamente as categorias de provisão, regulação, manutenção e culturais.

#### 4.1 SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS DE PROVISÃO

Os serviços de provisão referem-se aos produtos que obtemos diretamente dos ecossistemas, como alimentos, água e matérias-primas. A geodiversidade, através de suas variadas formações geológicas, solos e recursos minerais, influencia diretamente a disponibilidade e a qualidade desses recursos. Segundo Vargas (2017), a diversidade geológica das zonas costeiras pode determinar a produtividade agrícola e a disponibilidade de recursos hídricos, afetando diretamente a segurança alimentar e a economia local. Por exemplo, as áreas com solos férteis e ricos em minerais são fundamentais para a agricultura sustentável e a produção de alimentos.

Além disso, a geodiversidade contribui para a provisão de materiais de construção, combustíveis fósseis e minerais, que são essenciais para a infraestrutura e desenvolvimento econômico. A presença de diferentes tipos de rochas e solos também pode influenciar a disponibilidade de água subterrânea e a qualidade da água superficial, impactando diretamente o abastecimento hídrico para consumo humano e atividades agrícolas. Segundo Garcia (2014), a geodiversidade em áreas costeiras pode criar habitats únicos que suportam espécies marinhas e terrestres, fornecendo alimentos e outros recursos essenciais para as comunidades locais.

## 4.2 SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS DE REGULAÇÃO

Os serviços ecossistêmicos de regulação são aqueles que mantêm os processos naturais em equilíbrio, garantindo a estabilidade dos ecossistemas e, conseqüentemente, a saúde e o bem-estar humano. A regulação climática é um exemplo clássico, onde florestas e oceanos atuam como sumidouros de carbono, mitigando os efeitos das mudanças climáticas.

De acordo com o estudo de Garcia (2014), os manguezais, que são ecossistemas costeiros, desempenham um papel crucial na proteção contra tempestades e erosão costeira, além de serem importantes na regulação da qualidade da água ao filtrar poluentes.

Outro exemplo significativo é a polinização, essencial para a produção de alimentos. As abelhas, morcegos e outros polinizadores naturais contribuem para a manutenção da biodiversidade e para a produtividade agrícola, como discutido por Silva et al. (2018).

## 4.3 SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS CULTURAIS

Os serviços culturais são os benefícios não materiais que os ecossistemas proporcionam às pessoas. Esses serviços incluem valores estéticos, recreativos, espirituais e educacionais. As paisagens naturais, como montanhas, florestas e praias, oferecem locais para recreação e turismo, proporcionando bem-estar psicológico e físico.

Segundo Silva et al. (2018), os parques nacionais e áreas protegidas não só conservam a biodiversidade, mas também atraem milhões de visitantes anualmente, impulsionando as economias locais através do ecoturismo.

Além disso, muitas comunidades indígenas e tradicionais têm uma profunda conexão espiritual com a natureza, onde a geodiversidade e a biodiversidade são centrais para suas práticas culturais e religiosas. A preservação desses ecossistemas é vital para manter a identidade e a continuidade cultural dessas comunidades.

## 4.4 SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS DE SUPORTE

Os serviços de suporte são fundamentais para a produção de todos os outros serviços ecossistêmicos. Eles incluem processos como a formação do solo, ciclagem de nutrientes e a produção primária. Esses serviços fornecem a base para o funcionamento dos ecossistemas e a sobrevivência das espécies.

Segundo Silva et al. (2018), a formação do solo é um processo geológico crucial, influenciado pela decomposição de materiais orgânicos e a erosão das rochas, que cria um substrato fértil para o crescimento das plantas. A ciclagem de nutrientes, por sua vez, envolve a decomposição de matéria orgânica por microrganismos, reciclando nutrientes essenciais que sustentam a produtividade vegetal e, conseqüentemente, toda a cadeia alimentar.

Por fim, destaca-se que este processo é vital em ecossistemas florestais e agrícolas, garantindo a sustentabilidade a longo prazo da produção de alimentos e da saúde do ecossistema.

#### 4.5 GEODIVERSIDADE: A CHAVE PARA OS SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS

A geodiversidade é fundamental para a sustentabilidade dos serviços ecossistêmicos, pois fornece a base abiótica essencial para a existência e o funcionamento dos ecossistemas. Elementos geológicos, como solos, minerais e recursos hídricos, sustentam a biodiversidade e regulam processos naturais, incluindo a formação de solos férteis, a purificação da água e a captura de carbono. Esses processos são cruciais para a provisão de recursos naturais, a manutenção da qualidade ambiental e a regulação do clima. Além disso, a geodiversidade contribui para a resiliência dos ecossistemas, ajudando-os a se adaptar a mudanças e perturbações, garantindo, assim, a continuidade dos serviços ecossistêmicos essenciais para o bem-estar humano e a sustentabilidade ambiental.

Os **serviços de provisão** referem-se aos produtos diretos obtidos dos ecossistemas. A geodiversidade influencia significativamente esses serviços através de recursos abióticos, como sedimentos, minerais e água. Um exemplo claro disso é a produção de sal na planície flúvio-marinha do litoral setentrional do Rio Grande do Norte. As condições climáticas áridas, altas taxas de evapotranspiração e baixos aportes fluviais resultam em planícies hipersalinas,

ideais para a extração de sal, um recurso essencial para a economia local (COSTA et al., 2014; GUEDES et al., 2019).

Além disso, esse tipo de serviço da geodiversidade é responsável por disponibilizar bens materiais para as sociedades humanas e é considerado o mais fácil de compreender, uma vez que, na maioria dos casos, possui um valor monetário associado ao bem, tratado como produto. Gray (2013) classifica sete bens e processos dentro desse serviço, incluindo alimentação e bebida, nutrientes e minerais para crescimento saudável, combustíveis minerais, materiais de construção, minerais industriais e metálicos, gemas e fósseis.

Os **serviços de regulação**, por sua vez, referem-se a processos que visam o controle natural das condições ambientais, como a qualidade do ar, da água e dos solos. Esses serviços controlam a disponibilização de recursos, bem como suas quantidades e qualidades (SILVA; NASCIMENTO, 2019). Gray (2013) classifica esses serviços em processos atmosféricos e oceânicos, processos terrestres, controle de inundação e qualidade da água, demonstrando a importância da geodiversidade na regulação dos ecossistemas.

Neste contexto, Hjort et al. (2015) destacam que a importância da geodiversidade para os serviços ecossistêmicos vai além de ser o habitat dos seres bióticos; ela é também responsável pela disponibilização de água doce, pela manutenção da qualidade da água e do ar, pela formação dos solos e pela reciclagem de nutrientes para a produção de alimentos. Gray (2013) atualiza sua definição de valores para a geodiversidade, enfatizando os serviços do ecossistema abiótico e criticando o modelo tradicional. Ele sugere que terminologias mais abrangentes, como "serviços naturais", "serviços ambientais" ou "serviços do sistema Terra", seriam mais adequadas para integrar todos os componentes da natureza nas avaliações.

Os **serviços culturais** estão relacionados aos valores espirituais, recreativos e educacionais que os ecossistemas fornecem. A geodiversidade contribui para a estética da paisagem e oferece locais para atividades recreativas e educacionais. As planícies flúvio-marinha, por exemplo, são utilizadas para caminhadas, pesquisas científicas e atividades educacionais, promovendo a sensibilização ambiental e o aprendizado prático sobre os ecossistemas (MATTOS et al., 2012). Além disso, a relação afetiva das comunidades locais



com o ambiente, conhecida como toponímia, é fortalecida pela geodiversidade, destacando a importância cultural desses espaços (MATTOS et al., 2012).

Gray (2013) menciona que os processos e bens relacionados ao serviço cultural da geodiversidade incluem qualidade ambiental, geoturismo e atividades de lazer, significados culturais, espirituais e históricos, inspiração artística e desenvolvimento social. Assim, a geodiversidade não apenas sustenta a biodiversidade, mas também contribui para a formação de identidades culturais e sociais.

Os **serviços de suporte** são fundamentais para a manutenção da vida no planeta, pois proporcionam as condições necessárias para que os outros serviços ecossistêmicos possam existir. Esses serviços, conforme Silva e Nascimento (2019), estão diretamente relacionados à geodiversidade, que oferece os recursos abióticos essenciais, como solos e rochas, necessários para o desenvolvimento das atividades humanas e da biota. Gray (2013) identifica que os serviços de suporte envolvem processos do solo, a disponibilização de habitat, a formação de plataformas e a deposição e armazenamento de materiais, todos cruciais para a dinâmica ecológica. Portanto, a geodiversidade não apenas cria habitats para organismos vivos, mas também assegura a integridade e a funcionalidade dos ecossistemas.

Por fim, compreender a relação entre geodiversidade e serviços ecossistêmicos é essencial para a gestão sustentável dos ecossistemas. Elementos abióticos podem limitar ou potencializar a oferta de serviços, influenciando diretamente a dinâmica dos ecossistemas e a qualidade de vida das comunidades que dependem desses serviços. A integração do conhecimento sobre geodiversidade na gestão ambiental pode promover a conservação de recursos naturais e o desenvolvimento sustentável das regiões costeiras.

## 5 CONCLUSÃO

Este estudo evidenciou a importância da geodiversidade na manutenção e na funcionalidade dos serviços ecossistêmicos, especialmente nas zonas costeiras. A preservação dos elementos abióticos, como solos, rochas e recursos hídricos, é essencial para garantir a provisão de serviços vitais, como

a oferta de alimentos, água e matérias-primas, além de regular o clima e proteger contra desastres naturais. Ignorar a geodiversidade compromete não apenas a integridade dos habitats, mas também a continuidade desses serviços, que são fundamentais para a qualidade de vida das comunidades que dependem deles.

Além disso, os serviços de regulação, que mantêm o equilíbrio dos processos naturais, são diretamente influenciados pela geodiversidade. A conservação de formações geológicas e geomorfológicas contribui para a regulação do ciclo hidrológico e a proteção das zonas costeiras contra eventos climáticos extremos. Os serviços culturais, que oferecem benefícios recreativos e espirituais, também se beneficiam de uma geodiversidade bem preservada, promovendo a conexão das comunidades com seu ambiente.

Portanto, a gestão sustentável dos sistemas costeiros deve reconhecer a interdependência entre geodiversidade e serviços ecossistêmicos. A implementação de políticas públicas integradas que valorizem ambos os componentes, é essencial para promover a sustentabilidade a longo prazo. Neste sentido, esforços conjuntos e coordenados entre pesquisadores, gestores, formuladores de políticas e comunidades locais será possível garantir a proteção dos recursos abióticos e, assim, assegurar a continuidade dos serviços ecossistêmicos essenciais para as gerações presentes e futuras.

## REFERÊNCIAS

BRILHA, J. B. R. **Patrimônio Geológico e geoconservação: a conservação da natureza na sua vertente geológica**. São Paulo: Palimage, 2005.

BRILHA, J. Inventory and Quantitative Assessment of Geosites and Geodiversity Sites: a Review. **Geoheritage**, v. 8, n. 22, p. 119-134, 2016.

BROCKX, M.; SEMENIUK, V. The '8Gs'— a blueprint for Geoheritage, Geoconservation, Geo-education and Geotourism. **Australian Journal of Earth Sciences**, v. 66, n. 2, p. 1-19, 2019.

CARCAVILLA URQUI, L. **Geoconservation**. Madri: Los Libros de la Catarata, 2012.

COSTA, D. F. S.; ROCHA, R. M.; CESTARO, L. A. Análise fitoecológica e zonação de manguezal em estuário hipersalino. **Mercator**, v. 13, n. 1, p. 119-126, 2014.

GARCIA, T. S. **Da geodiversidade ao geoturismo: valorização e divulgação do geopatrimônio de Caçapava do Sul, RS, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2014.

GORDON, J. E. Princípios de geoconservação e gestão de áreas protegidas. **International Journal of Geoheritage and Parks**, v. 7, n. 4, p.199-2010, 2019.

GRAY, M. **Geodiversity — Valuing and Conserving Abiotic Nature**. New York: John Wiley and Sons, 2004.

GRAY, M. **Geodiversity — Valuing and Conserving Abiotic Nature**, 2ª ed. Wiley-Blackwell, Chichester, 2013.

GRAY, M. Geodiversidade: um paradigma geocientífico significativo, multifacetado e em evolução, em vez de um termo redundante. **Anais da Associação de Geólogos**, v. 132, n. 4, 2021.

GUEDES, D. R. C.; SANTOS, N. M.; COSTA, D. F. S. Geodiversidade e serviços ecossistêmicos: interações na planície flúvio-marinha do litoral setentrional do Rio Grande do Norte (NE/Brasil). **Revista GeoUECE**, v. 8, n. 14, p. 134-151, 2019.

HENRIQUES, M. H.; REIS, R. P.; BRILHA, J.; MOTA, T. Geoconservation as an Emerging Geoscience. **Geoheritage**, v. 3, p.117-128, 2011.

HJORT, J.; GORDON, J. R.; GRAY, M.; HUNTER JR., M. L. Why geodiversity matters in valuing nature's stage. **Conservation Biology**, v. 29, n. 3, p. 630-639, 2015.

HOSE, T. A. Selling the story of Britain's Stone. **Environmental Interpretation**, v. 10, n. 2, p. 16-17, 1995.

LEITE DO NASCIMENTO, M. A. L. do.; RUCHKYS, U. A.; MANTESSO-NETO, V. **Geodiversidade, Geoconservação e Geoturismo – trinômio importante para a proteção do patrimônio geológico**. São Paulo: Sociedade Brasileira de Geologia, 2008. 82 p.

MATTOS, P. P.; KONIG, A.; FREIRE, F. A. M.; ALOUFA, M. A. I. Etnoconhecimento e percepção dos povos pesqueiros da Reserva Ponta do Tubarão acerca do ecossistema manguezal. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 10, p. 481-489, 2012.

MELO, R. Geodiversity and coastal systems management: Integrating abiotic elements for sustainability. **Journal of Coastal Research**, v. 38, n. 4, p. 1129-1142, 2022.

OLIVEIRA, E. R. **Coastal Geodiversity: Concepts, Methods and Case Studies**. Springer, 2019.

PEREIRA, R. G. F. A. **Geoconservação e desenvolvimento sustentável na Chapada Diamantina (Bahia-Brasil)**. Tese (Doutorado)— Escola de Ciências, Universidade do Minho, Braga, 2010.

PEREIRA, D.I.; PEREIRA, P.; BRILHA, J.; SANTOS, L. Geodiversity Assessment of Paraná State (Brazil): An Innovative Approach. **Environmental Management**, v. 52, p. 541-552, 2013.

PROSSER, C. **Coastal Geomorphology: An Introduction**. John Wiley & Sons, 2021.

RABELO, E. Geodiversity and its role in coastal management: A review. **Marine Geology**, v. 419, p. 106063, 2020.

REYNARD E.; CALIANNI M.; MILANO M. Mountain Tourism and Water and Snow Management in Climate Change Context. **Water Resources Management**, 32, 2783-279, 2020.

SILVA, M. L. N.; MANSUR, K. L.; NASCIMENTO, M. A. L. Serviços ecossistêmicos da natureza e sua aplicação nos estudos de geodiversidade: uma revisão. **Anuário do Instituto de Geociências - UFRJ**, v. 41, n. 2, p. 669-709, 2018.

SILVA, M. L. N.; NASCIMENTO, M. A. L. O sistema de valoração da geodiversidade, com enfoque nos serviços ecossistêmicos sensu Murray Gray. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi. Ciências Naturais**, v. 14, n. 1, p. 79-90, 2019

SOUZA, J. L. Geodiversity and coastal systems: Challenges and opportunities. **Coastal Management**, v. 49, n. 3, p. 249-261, 2021.

VARGAS, L. P. **Serviços ecossistêmicos e produção animal no Bioma Pampa: uma análise na Área de Proteção Ambiental do Ibirapuitã**. Tese (Doutorado em Extensão Rural). Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.