

EDIÇÃO
2025



Um Mangue NO MEU Quintal

CADERNO DO EDUCADOR I
MATERIAL DE CONSULTA E ATIVIDADES DIRIGIDAS
OS MANGUEZAIS E AS MUDANÇAS DO CLIMA



Este material é uma transposição pedagógica das pesquisas realizadas nas áreas protegidas pela Fundação Florestal, em especial os manguezais do litoral de São Paulo. A proposta é dar acessibilidade e popularizar as informações produzidas para que a sociedade se aproprie e conheça melhor o “quintal da escola”.

Esta publicação é colaborativa com a participação de pesquisadores que voluntariamente assumiram a missão do projeto Um Mangue no meu Quintal.

Manguezais e mudanças do clima será o tema a ser abordado no primeiro semestre do ano letivo que contextualizará os conceitos de água, solo e serviços ecossistêmicos, para assim entendermos como a proteção dos manguezais é de fundamental importância no enfrentamento das mudanças do clima.



Sumário

| | |
|--|-----------|
| Para começar | 4 |
| 1. A mágica da água salobra | 5 |
| 1.1 Essa tal de água doce e salgada | 6 |
| 1.2 O vai e vem das águas | 8 |
| 1.3 Estuário, onde o mágica acontece | 12 |
| 1.4 Salgada demais, salgada de menos | 13 |
| 1.5 Sequência didática | 15 |
| 2. Que lama é essa? | 19 |
| 2.1 A dança dos sedimentos que formam a “lama” dos manguezais | 20 |
| 2.2 A matéria orgânica - ciclo da matéria e fluxo de energia | 21 |
| 2.3 Sequência didática | 23 |
| 3. Mudanças do clima | 26 |
| 3.1 O que são as mudanças do clima? | 26 |
| 3.2 Pegada do carbono | 29 |
| 3.3 Consequências negativas das mudanças do clima nos manguezais e seus habitantes | 31 |
| 3.4 Manguezal como aliado no enfrentamento das mudanças do clima | 34 |
| 3.5 Sequência didática | 35 |
| 4. Serviços ecossistêmicos | 38 |
| 4.1. O que são serviços ecossistêmicos? | 38 |
| 4.2 Qual conexão com o bem-estar humano? | 39 |
| 4.3 Serviços ecossistêmicos prestados pelo manguezal | 40 |
| 4.4 Valoração econômica dos serviços ecossistêmicos do manguezal | 41 |
| 4.5 Sequência didática | 42 |
| 5. Fonte de informações utilizadas | 44 |
| 6. Colaboradores | 45 |
| 7. Coordenação | 47 |

Prefácio

*Adaptado pela equipe do projeto
capítulo original de autoria de Roberto da Graça Lopes*

Onde o mar encontra a terra, diferentes ambientes são criados: o afago das ondas nas planícies arenosas, formando as praias; o encontro nem sempre delicado das águas com as rochas, esculpindo os costões rochosos; e o jogo de empurra-empurra entre mar e rios formando os manguezais. Cada ambiente uma obra de arte, uma caixa de surpresas de movimentos e formas.

Dessas possibilidades, focaremos nossa atenção nos manguezais. Como disse Steyaert¹, são três os macro elementos que formam um magnífico berçário para a vida animal denominado manguezal: o SOLO, que configura a base do ecossistema, dependente da dinâmica das águas e da morfologia da linha costeira e dos estuários. Solo que pode acumular material orgânico, substrato para uma variedade de organismos que reciclam ativamente os nutrientes da natureza . As ÁGUAS, indo e vindo indefinidamente, nas quais processos contínuos transportam/sustentam elementos e vida oriundos da terra, da água doce ou do mar. Água presente também como vapor e umidade, predominando sempre e favorecendo o desenvolvimento de múltiplas formas de vida, dentre elas algas, fungos e bactérias, vitais para a saúde desse ecossistema. As FLORESTAS, cujas árvores possuem adaptações únicas e maravilhosas para se fixar em um solo instável, geralmente com baixos teores de oxigênio, sujeitas à flutuação das marés e, conseqüentemente, a grandes diferenças na salinidade das águas que se revezam sobre o substrato.

De microscópicos a grande porte, os seres presentes nos manguezais, residentes ou de passagem, estão adaptados ao ritmo do encontro das águas que neles acontecem. Nos presentes cadernos, serão explorados os temas da água, dos solos e dos serviços ecossistêmicos dos manguezais, especialmente no que diz respeito às mudanças climáticas. O texto busca equilibrar o aprofundamento técnico necessário com o lirismo que este ambiente tão emblemático inspira. Que esta leitura não apenas informe, mas também sensibilize, conectando o conhecimento científico à beleza e à importância vital desses ecossistemas para o planeta e para nós.

¹ Marc Steyaert no prefácio do livro “Os Manguezais e Nós: Uma Síntese de Percepções” (1999), de autoria de Marta Vannucci, livro fundamental que aborda as múltiplas interações presentes nesse especialíssimo ecossistema.

Para começar

*Adaptado pela equipe do projeto
capítulo original de autoria de Maria C. T. Lanza*

De acordo com o Código Florestal, Lei Federal Nº 12.651/2012, um manguezal é um *“ecossistema litorâneo que ocorre em terrenos baixos, sujeitos à ação das marés, formado por vasas lodosas recentes ou arenosas, às quais se associa, predominantemente, a vegetação natural conhecida como mangue, com influência fluviomarinha, típica de solos limosos de regiões estuarinas (...)”*.

Assim, uma vez que o ecossistema, por definição, inclui os seres vivos e o ambiente, com suas características físico-químicas e as inter-relações entre ambos, há uma diferença conceitual entre manguezal e mangue. O primeiro termo refere-se ao ecossistema e o segundo a uma parte desse ecossistema, especificamente o bosque, as árvores.

Dessa forma, enquanto o manguezal abrange todo o ecossistema, incluindo a fauna, a flora, o solo e a dinâmica das marés, o termo mangue refere-se especificamente às árvores e arbustos adaptados às condições desse ambiente. As espécies de mangue possuem características únicas, como raízes aéreas que ajudam na respiração em solos pobres em oxigênio e mecanismos de tolerância ao sal, permitindo sua sobrevivência na interface entre o rio e o mar.

Dentre as espécies de mangue que compõem o manguezal, destacam-se três principais grupos, classificados de acordo com suas características e localização dentro do ecossistema. O mangue-vermelho (*Rhizophora spp.*) é encontrado mais próximo ao mar e possui raízes-escora que ajudam na fixação em solos instáveis. O mangue-preto ou amarelo (*Avicennia spp.*) ocorre em áreas um pouco mais internas e se destaca pelos pneumatóforos, raízes verticais que auxiliam na captação de oxigênio. Já o mangue-branco (*Laguncularia racemosa*) cresce em terrenos mais elevados e menos inundados, possuindo glândulas especializadas na eliminação do excesso de sal.

A presença dessas diferentes espécies de mangue dentro do manguezal evidencia a adaptação da vegetação às variações de salinidade e alagamento, formando um ecossistema altamente especializado. A interação entre essas árvores, o solo lodoso, a fauna e a dinâmica das marés reforça a importância de compreender o manguezal como um sistema integrado, onde a preservação de cada elemento é essencial para a manutenção de sua biodiversidade e dos serviços ecossistêmicos que oferece.

1. A mágica da água salobra

Adaptado pela equipe do projeto capítulo original de autoria de Camila Nakaharada

Um rio flui pela força da gravidade em direção a um lugar de menor altitude, comumente para outro rio, para um lago, para um reservatório artificial ou, como na maioria dos casos, para o mar.

É uma grande jornada que os rios percorrem antes de se lançarem à imensidão do oceano. Desde a nascente, onde ainda são tímidos, aos poucos vão ganhando volume e força para desenhar meandros, descobrir pedras, regar florestas e plantações, abastecer cidades (onde muitas vezes sofrem com as mais variadas formas de poluição), carregar folhas, galhos, grãos de cascalho, areia, lama, sais minerais... Às vezes riacho, corredeira, cachoeira, rápido, devagar, raso, fundo até finalmente alcançarem os ambientes costeiros.



Figura 1- Tirinha sobre a jornada que os rios.

Fonte: <https://www.tumblr.com/tirasarmandinho/159509475364/tirinha-original>. Acesso em 05/02/2025.

O encontro do continente com o mar guarda muitas belezas, um desses ambientes é o estuário, local onde as águas dos rios se encontram com o mar, e onde podem ocorrer os incríveis manguezais.

Na região estuarina, através dos rios, ocorre o aporte de "água doce" continental, rica em sedimentos e nutrientes quando comparada à "água salgada" do oceano. Esta, por sua vez, é geralmente mais pobre de matéria orgânica e mais densa devido à elevada concentração de sólidos inorgânicos dissolvidos, que nela se acumularam ao longo de anos, pelas constantes chegadas de sais e evaporação da água.

1.1 Essa tal de água doce e salgada

*Adaptado pela equipe do projeto
capítulo original de autoria de Camila Nakaharada*

“Água doce” e “água salgada” referem-se à medida de salinidade da água, ou seja, a quantidade total de sal ou sólidos inorgânicos que se encontram nela dissolvidos. Uma boa referência técnica do conceito está na Resolução CONAMA N°. 357/2005².

Tabela 1. Classificação dos diferentes tipos de água (CETESB).

| Classificação | ÁGUA DOCE | ÁGUA SALOBRA | ÁGUA SALGADA |
|--------------------|--|---|--|
| Salinidade | Igual ou inferior a 0,5 partes por mil. | Superior a 0,5 partes por mil e inferior a 30 partes por mil. | Igual ou superior a 30 partes por mil. |
| Características | Embora o nome possa remeter ao açúcar, o termo se refere apenas à ausência ou baixa concentração de sal. | Tem aparência turva e possui grande quantidade de substâncias dissolvidas. | Possui grande quantidade de sais, como o cloreto de sódio (sal de cozinha). |
| Onde é encontrada? | É a água encontrada em rios, lagos e ribeiras. | É encontrada em regiões de manguezais. | É a água do mar. |
| Consumo | Esse é o tipo de água apropriada para o consumo humano, agropecuária e indústria, todavia, para ser consumida precisa de tratamento. | Não pode ser consumida pelo ser humano e pela maioria dos animais ou plantas. | A água não pode ser consumida por pessoas e pela maioria dos animais ou plantas. |

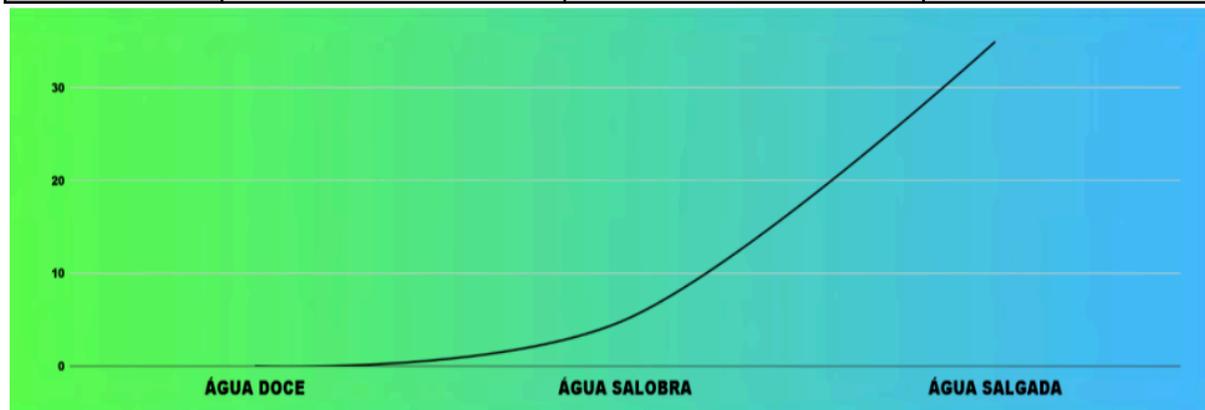


Figura 2. Gráfico da curva de aumento de sais ou solutos inorgânicos na água, de acordo com os diferentes termos que qualificam as águas do mar, rio e estuário.

² CETESB. Conheça os diferentes tipos de água. Disponível em

<https://cetesb.sp.gov.br/blog/2017/03/20/conheca-os-diferentes-tipos-de-agua/#:~:text=%C3%81gua%20salina%20ou%20salgada%3A%20%C3%A9,conhecido%20como%20sal%20de%20cozinha>

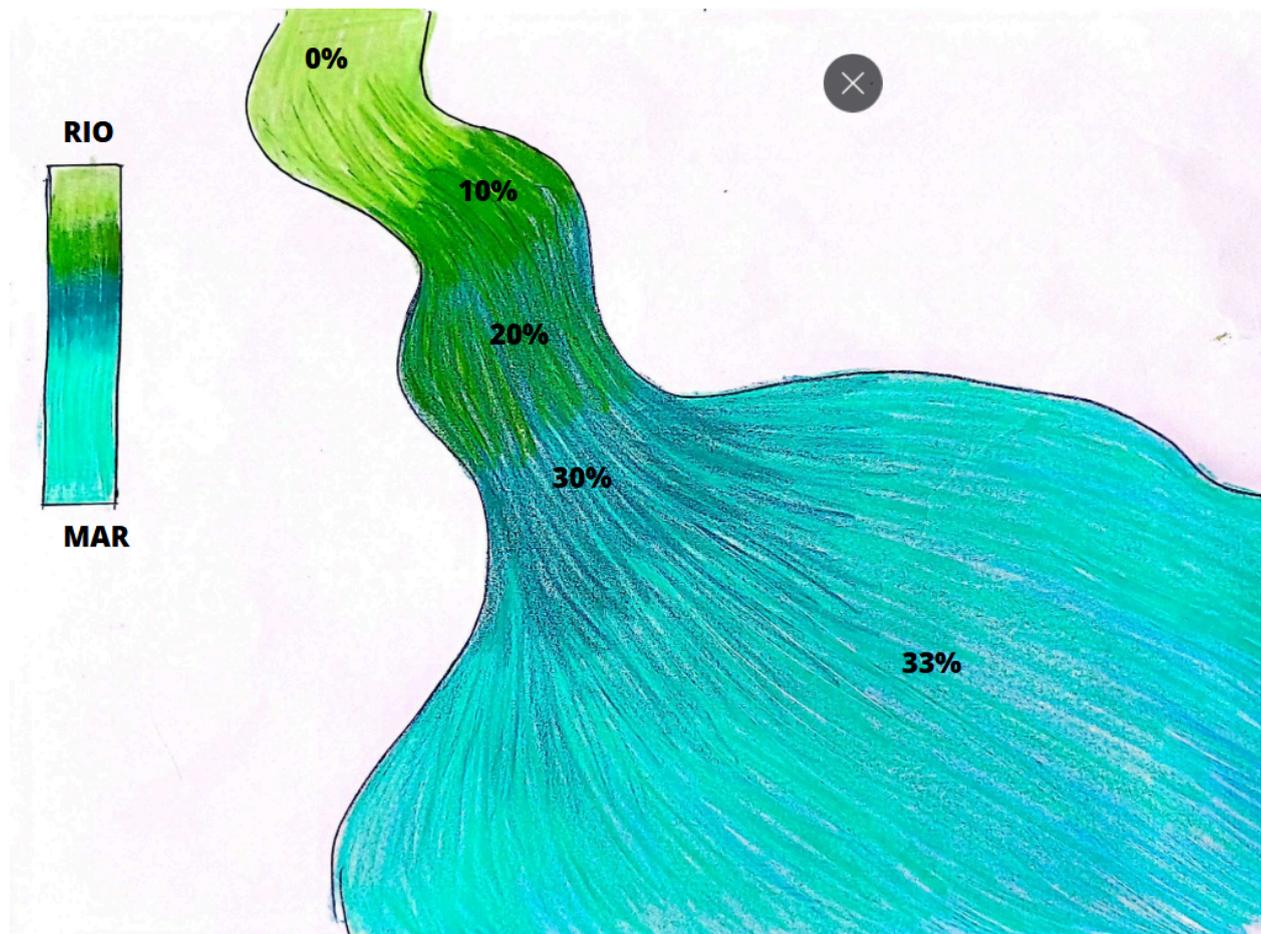


Figura 3- GRADIENTE DE SALINIDADE. Distribuição da salinidade média ao longo do estuário indicados em grama por quilograma. Adaptado da Ilustração original de Yago Ferreira Nascimento.

A concentração de sais na água, medida pelo grau de salinidade, varia em diferentes pontos de um estuário. Em áreas mais internas, próximas ao continente, a salinidade da água se aproxima da água doce. Na região central do estuário, predomina a água salobra, enquanto nas áreas mais externas, próximas ao mar, a alta salinidade indica a presença de água salgada. No entanto, ao longo do dia, o movimento das marés faz com que os níveis de salinidade em diferentes pontos do estuário variem. A ilustração apresenta valores médios de salinidade ao longo de um estuário, medidos em gramas por quilograma. As unidades utilizadas para expressar a salinidade também podem variar: em águas doces, devido à baixa concentração de sais, a salinidade geralmente é indicada em ppm (partes por milhão) ou ppb (partes por bilhão). Já para águas salobras e salgadas, a unidade mais comum é partes por mil (ppt), expressa com o símbolo ‰.

1.2 O vai e vem das águas

*Adaptado pela equipe do projeto
capítulo original de autoria de Camila Nakaharada*

A subida e descida diária do nível da água nos manguezais são causadas pela força gravitacional da lua e do sol sobre a massa d'água do mar, como a costa tem ambientes como praia, costão rochoso, manguezal, temos referenciais que deixam nítidas essa variação de nível.

De forma simplificada, a atração gravitacional da Lua sobre as águas aumenta à medida que ela se aproxima de um determinado ponto. Devido à força de atração gravitacional da Lua, a massa de água se desloca em sua direção, elevando o nível do mar na costa e resultando na maré alta. Da mesma forma, quando a lua se afasta, sua atração gravitacional diminui e observamos o nível da água diminuir, a maré baixa.



Figuras 4 e 5- Detalhe da maré alta seguida da maré baixa.

Fonte: <https://www.viagensecaminhos.com/2016/11/maranhao-tem-maior-variacao-da-mare-do-brasil.html>. Acesso: 17/2/2022

O sobe e desce da água pode ser observado no solo do manguezal e nas raízes e caules das árvores. Se quando você chega ao manguezal não é possível ver o solo onde as árvores estão, tudo está alagado e caranguejos andam sobre as raízes-escora, a maré está alta. Se o solo está exposto e é possível ver caranguejos andando para lá e para cá sobre ele, ver pegadas de garças na lama e as raízes aéreas das árvores, a maré está baixa.



Figuras 6 e 7- Variação do nível da maré evidenciando a exposição das raízes e solo do manguezal. Imagem disponível no link <https://www.bioicos.com.br/post/manguezal-um-bercario-de-vida-marinha>
Acesso: 17/2/2022

Outra forma de saber se a maré está baixa é observar a existência de marcas nas raízes das árvores. Na maré baixa, é possível observar mariscos, como a ostra-do-mangue e crustáceos, como as cracas, que são animais sésseis (fixos). Também é possível observar, tanto na superfície dos rizóforos como na dos pneumatóforos, algas marinhas como a *Bostrychia spp.*, uma alga vermelha com aspecto de pena de ave; a *Monostroma sp.*, um tipo de alface-do-mar, também chamada alga verde. Essas espécies marinhas suportam períodos fora da água e são indicativos do alcance máximo da amplitude das marés.



Figura 8 e 9- Exemplar de *Bostrychia* e de *Monostroma*, respectivamente.
Fonte: <https://www.algaebase.org/> acessado em 05/02/2025.

A amplitude das marés, que é a diferença de nível entre a maré alta e a maré baixa, pode variar no tempo e no espaço.

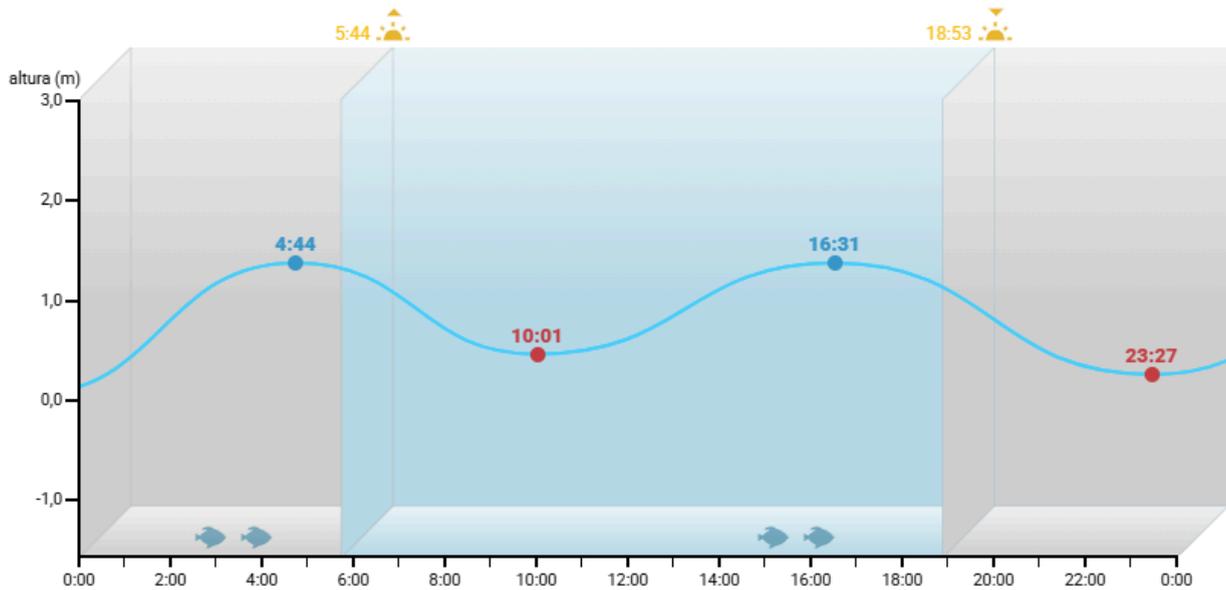


Figura 10. Projeção da tábua das marés com destaque de maré alta (em azul) e maré baixa (em vermelho).
Fonte: <https://tabuademares.com/br/so-paulo/santos>. Acesso em 02/02/2025.

Durante um dia inteiro, 24 horas, tem-se dois picos de maré alta (nível da água atinge seu máximo) e dois picos de maré baixa (nível da água atinge seu mínimo). No litoral de São Paulo os picos ocorrem com um intervalo de aproximadamente 6h entre si e de forma intercalada, como mostrado a seguir. Assim, em um dia tem-se uma maré alta, seguida por uma diminuição do nível da água até atingir seu mínimo (maré baixa), depois volta a subir até atingir seu máximo (maré alta) e assim por diante. Esse ciclo ocorre ao longo dos dias, respeitando a variação da força gravitacional da lua e do sol.

Em relação à variação no tempo, dia após dia, a posição do sol e da lua podem criar forças gravitacionais que se somam ou que se anulam. Quando ambos estão alinhados em relação ao planeta (lua cheia e lua nova) a maré fica mais alta do que o normal, chamada maré de sizígia ou maré viva. Quando o sol e a lua formam com a Terra um ângulo de 90° (lua quarto-crescente ou quarto-minguante) a maré fica mais baixa que o normal, chamada maré de quadratura ou maré morta.

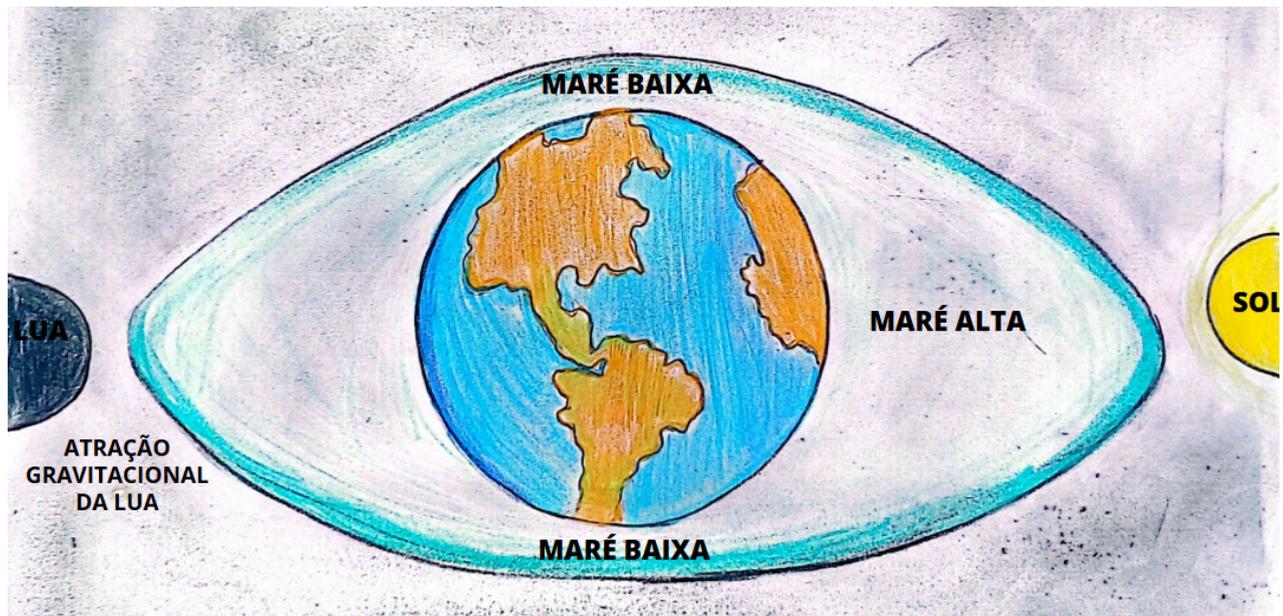


Figura 11- Forma como a Lua e o Sol influenciam nas marés. Fonte: Adaptado de <https://gaiaufvjm.blogspot.com/2013/05/como-as-fases-da-lua-influenciam-as.html>

Já em relação à variação no espaço, a amplitude da maré depende de outros fatores relacionados à localização e configuração do litoral, se é uma baía ou região aberta, e da inclinação da região costeira. Por exemplo, no litoral sul - estado do Rio Grande do Sul - apresenta amplitudes de marés inferiores a 2 metros, já na região do litoral norte do Brasil - estados de Maranhão, Pará e Amapá - a amplitude de maré pode chegar a 8 metros. (Figura 4)

*A lua faz ciranda
E as águas na Terra
É que se mexem
O sol ri da brincadeira
E dela participa
Nascem as marés
Até as mais extremas*

*De quadratura e sizígia
Mas bom mesmo nisso
tudo
É que nas praias
No espaço entre-marés
E nos estuários
Onde se formaram
manguezais*

*A Natureza se esmerou
E criou mais vida
Lindamente*

*adaptada
Roberto da Graça Lopes*

1.3 Estuário, onde a mágica acontece

Adaptado pela equipe do projeto capítulo original de autoria de Fabiane Gallucci

Os estuários atuais são sistemas geologicamente jovens, que se formaram há menos de 5.000 anos, durante o período Holoceno. São corpos de água semifechados, com uma ou mais conexões livres com o oceano. O estuário estende-se desde a desembocadura no mar, até o limite máximo onde existe alguma influência da maré.

Ao longo dos últimos 15.000 anos, o nível do mar foi lentamente aumentando até atingir o seu nível atual, o que ocorreu há cerca de 6.000 anos. Conforme o nível do mar aumentava, a água do mar inundou o leito de rios, propiciando esse encontro do rio com o mar. Desde então, o nível do mar permaneceu relativamente estável, dando origem a ecossistemas de transição entre o continente e o oceano.



Figura 12- Identificação do estuário na paisagem. Ilustração original: Yago Ferreira Nascimento. Ilustração atual Maria Celeste de C. T. Lanza.

Na verdade, os estuários são um pouco rio, um pouco mar e um pouco a mistura dos dois, uma vez que apresentam três zonas distintas de acordo com o gradiente de salinidade que se forma ao longo da sua extensão: (1) uma zona marinha com

salinidade próxima à água do mar na porção mais próxima à desembocadura; (2) uma zona intermediária onde ocorre uma grande mistura da água salgada e doce e (3) uma porção superior caracterizada por água doce, porém ainda sujeita à ação diária das marés. É principalmente na zona intermediária que se desenvolvem ecossistemas típicos, adaptados às condições de água salobra, bem como às condições de águas calmas que propicia o depósito de partículas bem finas como as de silte e argila, que dão origem aos bancos de lama onde se desenvolve a trama dos manguezais.

1.4 Salgada demais, salgada de menos

*Adaptado pela equipe do projeto
capítulo original de autoria de Fabiane Gallucci e Gislene Torrente Vilara*

A presença da água salobra é uma das principais características dos ecossistemas estuarinos. Grande parte dos organismos que vivem no estuário são típicos de água doce ou marinhos que desenvolveram adaptações para tolerar condições de água salobra. A maioria desses organismos apresenta uma faixa de tolerância relativamente limitada à variação de salinidade em que podem sobreviver. Assim, o balanço entre o aporte de água doce que chega dos rios e a entrada de água salgada trazida pela maré é muito importante para os organismos que vivem nos estuários.

A contribuição dessa mistura que dá origem à água salobra é determinada por dois fatores principais: de um lado o fluxo de água doce que vem dos rios, regulado principalmente pelo regime de chuvas, e do outro lado, a ação das marés. Do lado marinho, a ação de ventos e ondas também tem papel importante, uma vez que atuam em conjunto com as marés, determinando maior ou menor entrada de água salgada no estuário. Assim, variações no regime de chuvas (estação chuvosa, estação seca) e nas condições do mar (marés e condições de ressaca) irão influenciar a mistura das águas no estuário provocando variações nas características da água salobra que ora apresenta características mais salgadas, ora mais doce.



Figura 13- Fatores determinantes da mistura da água doce e salgada no estuário. Ilustração: Yago Ferreira Nascimento. Releitura Maria Lanza.

Embora os organismos estuarinos estejam adaptados a essa variação, eventos extremos de origem natural ou humana podem gerar condições ambientais fora de sua faixa de tolerância. Eventos de muita chuva, por exemplo, levam a água salobra a apresentar características de água doce, tornando-a inadequada principalmente para os organismos de origem marinha, como os caranguejos que vivem nos manguezais. Por outro lado, a diminuição da salinidade no estuário é o momento mais adequado para os juvenis de muitas espécies de peixes, por exemplo a tainha. Eventos de seca, por outro lado, causam uma diminuição na vazão dos rios e, conseqüentemente, no fluxo de água doce para o estuário, o que pode deixar a água salgada demais para outros organismos desse ecossistema. Essas situações podem ocorrer naturalmente, como por exemplo a troca da estação seca pela estação chuvosa todos os anos, quando o fluxo de água doce é maior. Porém, interferências humanas como construções ou projetos de captação de água que interfiram no fluxo de água doce ou ainda mudanças nos regimes de chuvas e condições do mar conseqüentes de processos associados às mudanças do clima, também podem interferir nesse balanço.

Os impactos das mudanças do clima são muito relevantes para os estuários por estes ocorrerem na interface entre o rio e o mar e, portanto, serem afetados por mudanças

provenientes tanto do ecossistema terrestre quanto do marinho, tornando-os particularmente vulneráveis. Mudanças no clima afetam processos oceânicos com consequências no nível médio do mar bem como no regime de tempestades, ondas e ressacas. Do lado terrestre, mudanças em processos atmosféricos especialmente causados pelo desmatamento das florestas acarretam mudanças no padrão de precipitação regional e local, afetando diretamente a vazão dos rios. Modelos de previsões sobre mudanças do clima para o Estado de São Paulo têm sugerido uma diminuição do regime de chuvas, o que ocasiona a diminuição da vazão dos rios e, portanto, do fluxo de água doce para os estuários. No extremo oceânico, a previsão é de aumento do nível do mar, bem como da frequência de eventos extremos como tempestades que podem causar ressacas. Sob o cenário de diminuição no fluxo de água doce, aumento do nível do mar e eventos de ressacas, espera-se um aumento na entrada de água marinha no estuário e prevê-se, portanto, um aumento da salinidade onde hoje a água é salobra, e a salinização de porções do rio que hoje são de água totalmente doce. Nesse caso, áreas hoje de água doce passarão a apresentar características salobras enquanto águas salobras apresentarão características mais marinhas.

1.5 Sequência didática

OBJETIVO: Sequência de atividades pedagógicas encadeadas que levam os educandos a compreender, de maneira concreta e lúdica, os conceitos básicos sobre a dinâmica da água salobra e sua influência no ambiente do estuário.

Etapa 1. A jornada do rio até o mar | Habilidade BNCC: EF06GE04

Materiais

- Folhas de couve seca;
- Papel sulfite;
- Giz de cera.

PASSO-A-PASSO

1. Divida a turma em grupos e realize a atividade de decalque com a folha de couve. Ver descrição completa no Caderno do Educador - Plano de Aula Atividade 4.2 "Bacia Hidrográfica na Folha de Couve", edição 2023;
[CLIQUE AQUI](#)
2. Apresente mapas ilustrativos da bacia hidrográfica da sua região. Utilize recursos disponíveis no site do Comitê de Bacia Hidrográfica (CBH) ou Datageo ou publicações do município. Mostre os principais rios e a trajetória deles até desembocarem no mar. Peça aos alunos que escrevam os nomes

dos rios principais e secundários, marcando onde o rio encontra o mar, utilizando a folha de decalque da couve.

Etapa 2. A mágica da água salobra | Habilidade BNCC: EF05MA25

Materiais

- Tábua das marés impressa;
- Papel e material para criar um gráfico de linha;
- Imagens ou vídeos de manguezais;
- Copos, água, sal e ovos para a experiência do ovo;
- Recursos para reproduzir a experiência do projeto online;

PASSO-A-PASSO

1. Visite a [página online da Marinha](#), ou outros, para acessar a tábua das marés de sua região. Solicite aos alunos que organizem esses dados, da tabela que tem os horários e a altura da maré, em um gráfico de linha. Auxilie-os na criação do gráfico colocando no eixo x os horários e no eixo y a altura em metro;
2. Peça que interpretem o gráfico, discutindo quantas marés altas e baixas ocorrem em 24 horas;
3. Faça questões de reflexões como:

- O que influencia a maré, explicando a gravidade da Lua e do Sol.

- Como a maré atua no manguezal?

Explique que quando a maré está alta, o bosque de mangue é inundado, e quando está baixa, fica seco. Utilize imagens ou vídeos de um manguezal durante maré alta e baixa para ilustrar essa dinâmica.

4. Pergunte como é a água do mar (salgada) e a água do rio (doce). Faça a experiência do ovo x densidade de salinidade da água. Ver descrição completa no Caderno do Educador Plano de Aula Atividade 4.4 “Água salobra”, edição 2023 - [CLIQUE AQUI](#);
5. Agora que os alunos sabem que a água salgada é diferente da água doce, explique como elas se misturam. Mostre ou reproduza a experiência da Água Salobra que está no site do projeto. - [CLIQUE AQUI](#);

Etapa 3. Estuário, onde a mágica acontece | Habilidade BNCC: EF04GE11

MATERIAIS

- Tinta guache;
- Pincéis;
- Recipiente para misturar as cores primárias;
- Recipiente com água;
- Pano para secar os pincéis;
- Atividade "Pintando a Mágica da Água Salobra" do Caderno do Educando;

PASSO A PASSO

1. Explique que a salinidade da água do rio é alterada até onde a maré consegue alcançar, formando uma área de água salobra chamada estuário;
2. Peça aos alunos que escolham duas cores primárias separadas, uma representando a água doce e outra a água salgada;
3. Em seguida, eles devem misturar as cores para criar uma nova tonalidade, simbolizando a água salobra;
4. Após a experiência com as cores, discuta com os alunos o que aconteceu: assim como as tintas se misturaram para criar uma nova cor, a água doce e a salgada se misturam no estuário, formando a água salobra;
5. Conclua relacionando a atividade com a importância dos estuários, que são áreas ricas em biodiversidade e fundamentais para várias espécies de animais e plantas. Ver descrição completa no Caderno do Educando "Água salobra" Atividade "Pintando a Mágica da Água Salobra", edição 2023. - [CLIQUE AQUI](#);

Etapa 4. A paisagem urbana e suas mudanças | Habilidade BNCC: EF05GE08

MATERIAIS

- Fotografias de diferentes décadas ou imagens do Google Earth;
- Planos municipais de ações climáticas;
- Recursos para criar um mural lúdico (papéis, canetas, materiais de colagem, etc.).

PASSO A PASSO

1. Pergunte aos alunos o que eles entendem por "paisagem urbana". Discuta como as cidades mudam ao longo do tempo;

2. Divida a turma em grupos e distribua fotografias de diferentes décadas ou imagens do Google Earth. Alternativamente, use planos municipais de ações climáticas de algumas cidades, incluindo projeções de cenários futuros (referência: cidade de Santos e site: [Sea level rise and coastal flood risk maps -- a global screening tool by Climate Central](#));
3. Peça aos alunos que observem e anotem as mudanças que percebem nas fotos. Discuta os fatores que podem causar mudanças nas cidades, como urbanização, construção, desmatamento e elevação do nível do mar;
4. Após a discussão em grupo, peça que cada grupo apresente suas observações à turma;
5. Se houver tempo e interesse, crie um mural lúdico com as observações, disponível para leitura de toda a comunidade escolar.

2. Que lama é essa?

Adaptado pela equipe do projeto capítulo original de autoria de Equipe Área de Proteção Ambiental Marinha Litoral Centro

Segundo o livro *Os Manguezais e Nós* (VANNUCCI, 2003), em tupi guarani, existem duas denominações para solos dos manguezais: itaorna, que significa solo podre ou rocha putrefata, e membec, que designa o solo do manguezal. Os “descobridores” e “colonizadores” europeus não tinham interesse na lama dos manguezais, considerando esses ecossistemas como sendo inúteis ou muitas vezes até um obstáculo para o avanço da colonização do litoral (VANNUCCI, 2003). Essa concepção, embora antiga, ainda é aceita por muitas pessoas, e se resume no grande desafio deste capítulo: ressignificar “Que lama é essa?”, e desmistificar o preconceito com um componente tão essencial para a manutenção dos serviços ecossistêmicos desse ambiente.

Para começar, é importante entender que existem cinco fatores que fazem com que os solos que se formam sejam diferentes entre si: o material de origem (pode ser um sedimento ou uma rocha, autóctone ou aloctone), o clima (temperatura, precipitação etc), o relevo (posição na paisagem), o tempo (tempo de desenvolvimento de um solo) e presença de organismos (espécies vegetais e animais que habitam o solo e constituintes da matéria orgânica do solo).

Então, quando se olha mais de perto um solo, é possível observar que ele é formado por uma combinação de componentes minerais e orgânicos, e os solos dos manguezais são muito particulares, com características que dependem de processos físicos e biológicos específicos principalmente em razão de sua condição de alagamento pela água salobra e por seus altos conteúdos de matéria orgânica (VIDAL-TORRADO, P. et al., 2010)

“LAMA DO MANGUEZAL” = SILTE + AREIA + ARGILA + MATÉRIA ORGÂNICA + ÁGUA SALOBRA

Essa é a receitinha da “lama”, ops, do solo do manguezal.

No capítulo “a mágica da água salobra”, você pôde aprofundar seus conhecimentos sobre a água salobra, nos itens subsequentes, você aprenderá mais sobre os demais ingredientes que formam o solo do manguezal.

MATERIAL DE APOIO  [A água e a lama do manguezal - CEA Bertiooga](#)

2.1 A dança das partículas que formam a "lama" dos manguezais

Adaptado pela equipe do projeto capítulo original de autoria de Equipe Área de Proteção Ambiental Marinha Litoral Centro

As partículas dos solos, areia silte e argila combinados com matéria orgânica abundante em manguezais, e com a abundância de água em razão da condição de alagamento desse ecossistema dão-lhes a aparência de "lama".

Conforme a Figura 14, as partículas de silte medem entre 0,05 e 0,002 mm, enquanto as de argila são menores que 0,002 mm.

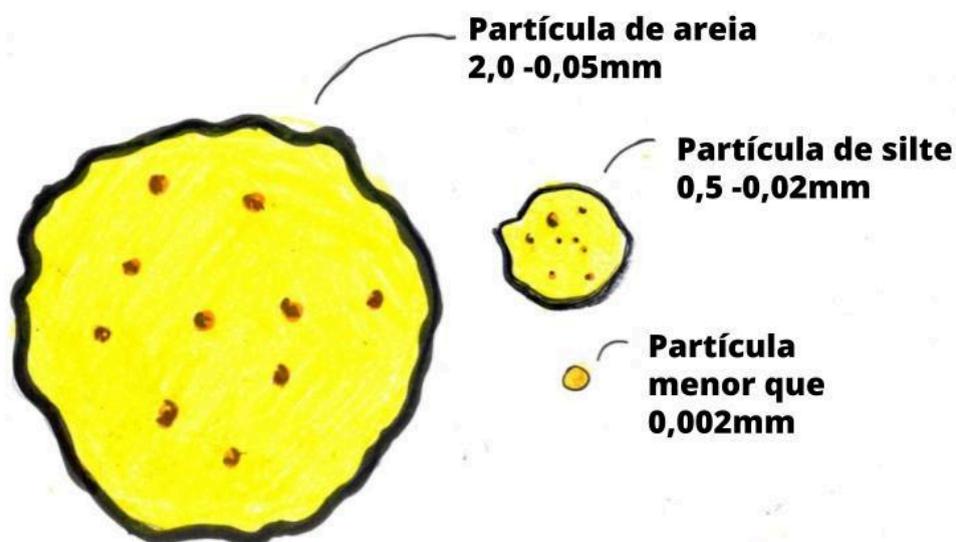


Figura 14. Diferentes tamanhos de partículas do solo. Fonte: www.centralflorestal.com.br

A "lama" do manguezal é diferente da areia da praia não só pela composição, mas também pelo alagamento com água salobra e pela presença da vegetação de mangue.

As plantas do mangue ajudam a reduzir o movimento das marés e a sedimentar partículas. Durante as marés altas (Figura 15), quando o manguezal está inundado, a

água parada permite que as partículas finas se depositem lentamente no solo, formando uma camada fina de material acrescido no solo (composto de fração mineral e orgânica). A acreção de matéria orgânica nos solos de manguezal ocorre também por meio da decomposição de suas estruturas vegetais tais como troncos caídos, liteira, e raízes (JIMENEZ et al., 2021).

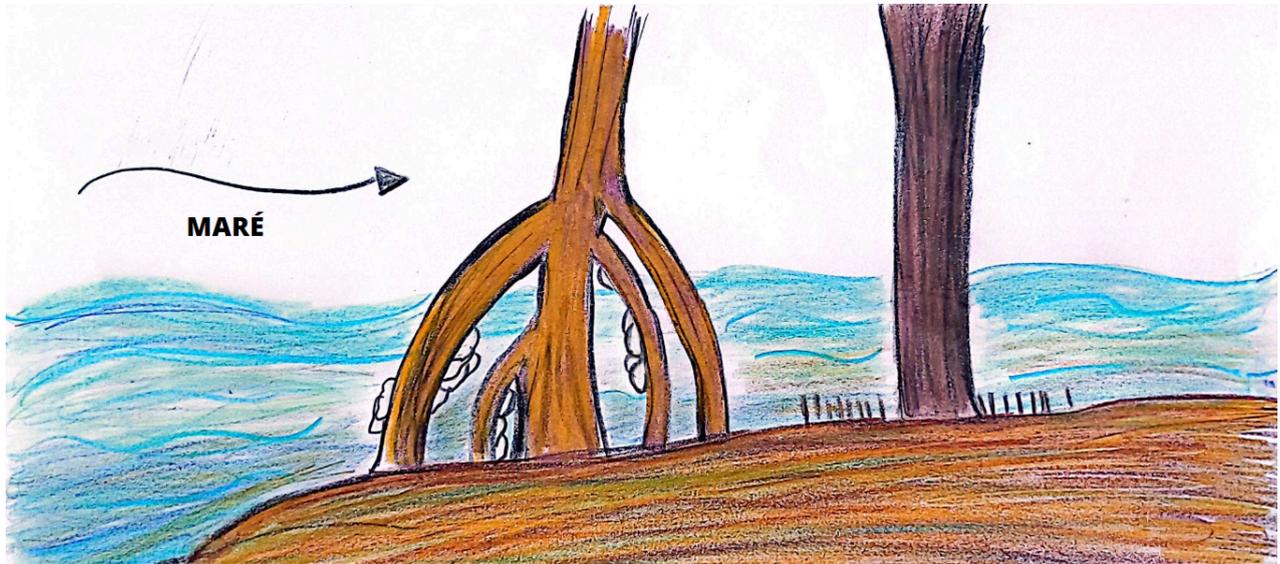


Figura 15- A imagem representa a chegada da maré na superfície do solo, inundando-o e trazendo substratos oriundos do rio e do mar. Fonte: Luis Felipe Natalio.

Todas essas ações resultam em um substrato único e diferenciado, que exige adaptações das espécies que vivem nesse ambiente. Essas adaptações permitem que as plantas cresçam em solos com diferentes texturas e composições químicas, lidando com a baixa oxigenação e as condições salinas do ambiente.

2.2 A matéria orgânica - ciclo da matéria e fluxo de energia

*Adaptado pela equipe do projeto
capítulo original de autoria de Luiz Felipe Natálio*

Na lama do manguezal há muita matéria orgânica: troncos em decomposição, restos de galhos, folhas, organismos mortos (especialmente os bem pequeninos, como os plâncton), algas, e raízes decompostas. Sempre haverá abundância de matéria orgânica nos manguezais, pois ali também se acumulam tanto a matéria orgânica vinda do oceano pelas marés, quanto aquela proveniente dos rios, que vem de dentro das matas densas e ali desaguam.

Então, o solo do manguezal funciona como uma grande composteira: recebe constantemente aporte de matéria orgânica e, devido a condições de excesso de

água e falta de oxigênio (graças ao alagamento), favorece a ação de organismos (fungos e bactérias) adaptados a estas condições (anóxicas e subóxicas) em relação à decomposição por vias aeróbicas. Existem duas vias possíveis para os microrganismos realizarem a decomposição da matéria orgânica, e ambas ocorrem nos solos dos manguezais. Durante as marés baixas, há oxigênio no solo e bactérias aeróbias têm condição de realizar a decomposição. No entanto, quando a maré está alta (condição de alagamento), o oxigênio se esgota rapidamente do solo alagado, que está submerso e não recebe reposição desse oxigênio, propiciando a ação de bactérias anaeróbias. Estes ciclos se repetem com os movimentos de marés, com efeito principalmente nas camadas superiores do solo.

Os processos de decomposição que utilizam outros acentos de elétron alternativos ao oxigênio (decomposição por meio da respiração anóxica ou subóxica) são menos eficientes energeticamente do que aqueles que ocorrem em ambiente com abundância de oxigênio. Com isso, dentro da lama do manguezal, a decomposição da matéria orgânica é mais lenta, feita principalmente por bactérias que não precisam de oxigênio – as anaeróbias. A consequência é o acúmulo de matéria orgânica nos solos de manguezal. Solos de manguezais apresentam em média valores de carbono orgânicos muito superiores aos solos de ecossistemas terrestres.

Um subproduto da decomposição anaeróbica é um gás chamado sulfeto de hidrogênio (H_2S), que ocorre em razão da redução de sulfato (utilização dos sulfatos oriundos da água salobra como aceptores de elétrons) (FERREIRA et al., 2021). Por possuírem enxofre em sua composição, apresentam cheiro específico, forte por isso o manguezal costuma ter um cheirinho peculiar.

O material decomposto se transforma em nutrientes, que estarão disponíveis para serem novamente incorporados no ciclo da vida, como por exemplo, ao serem utilizados por outros organismos (NOBREGA et al., 2022). Esse processo é chamado de “ciclagem de nutrientes”.

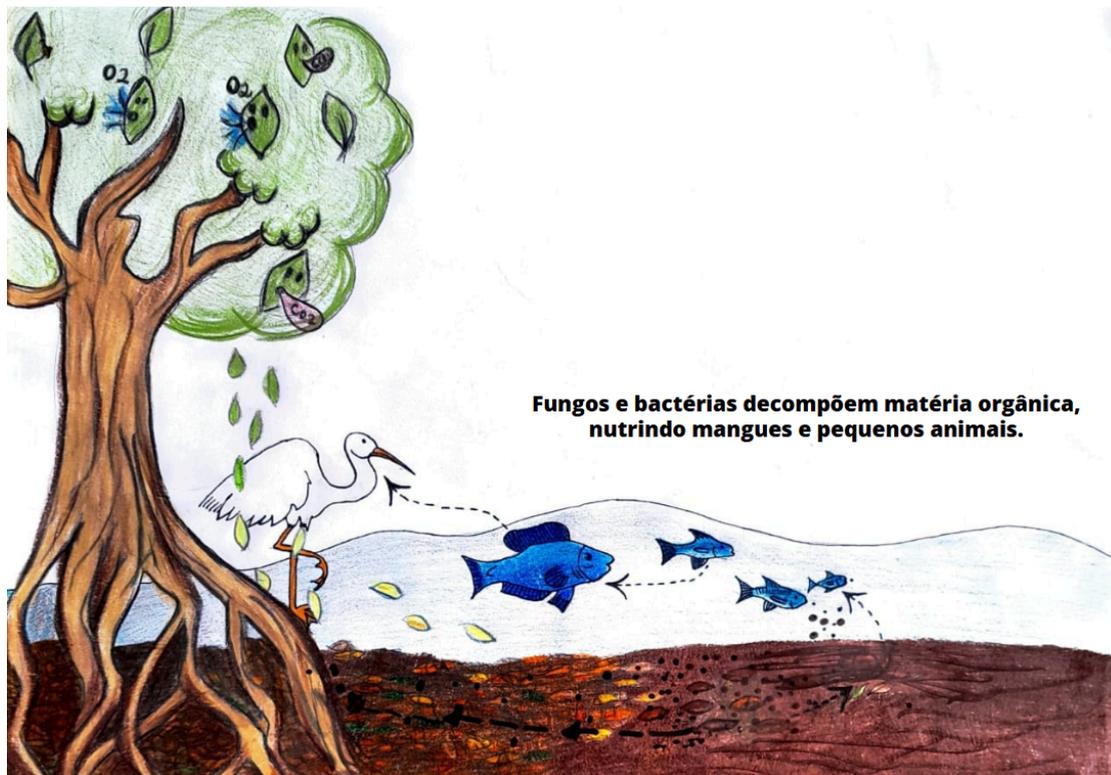


Figura 16- Esquema ilustrativo da ciclagem de nutrientes nos manguezais. Desenho: equipe APAMLC

Os produtos da decomposição da matéria orgânica funcionam como adubo, ou seja, são nutrientes para os produtores primários (os seres vivos que produzem seu próprio alimento), como microalgas (no fitoplâncton e no solo), algas e plantas (NÓBREGA et al., 2016). Por sua vez, os produtores primários servem de alimento para outros seres, como caranguejos, caramujos e peixes que vivem no manguezal. E, assim, por meio da ciclagem dos nutrientes sustentam-se as teias alimentares, fazendo com que o ecossistema de manguezal, e em especial seu solo, colabore muito com o permanente fluxo de energia.

O manguezal recebe tanta matéria orgânica e, a partir dela, viabiliza a disponibilização de tantos nutrientes, que consegue sustentar muita vida! Muito alimento disponível, associado a calmaria das águas, devido a proteção exercida pela vegetação, faz com que o manguezal seja considerado o berçário dos mares. Muitos animais vêm até ele em busca de alimento e para se reproduzir.

Além disso, os manguezais também são considerados fertilizadores dos oceanos, pois uma parte dos nutrientes liberados na água são carreados para as áreas oceânicas costeiras, alimentando muitas espécies de algas e muitos animais que delas se alimentam.

2.3 Sequência didática

OBJETIVO: Sequência de atividades pedagógicas encadeadas que levam os educandos a compreender de maneira concreta e lúdica os conceitos básicos de como ocorre a dinâmica da lama que integra o ecossistema de manguezal.

Etapa 1. Partícula, solo e suas propriedades | Habilidade BNCC: EF03CI09

MATERIAIS

- Caixas;
- Bandejas ou formas;
- Pedras, areia, terra e argila;
- Papel milimetrado, ao menos 1 por grupo de alunos;
- Lupas, ao menos 1 por grupo de alunos;
- 3 garrafas pet transparentes;
- 2 pedaços de pano velho para filtrar;
- 2 amarrações (elástico ou barbante);
- 1 xícara de chá de areia da praia e argila (ambos sedimentos devem estar secos);
- 2 beterrabas e água;
- Liquidificador;
- Etiqueta ou fita crepe, caneta e durex.

PASSO-A-PASSO

1. Introduza aos educandos o conceito de solo de maneira simples, explicando sua origem e os processos que resultam na formação. Explique que o solo tem composição variada de acordo com o tamanho das partículas dos sedimentos (granulometria), o que determina características como plasticidade, pegajosidade, permeabilidade e capacidade de retenção de nutrientes;

Por exemplo, solos com maior teor de argila têm maior capacidade de retenção de água e nutrientes, enquanto solos arenosos têm boa drenagem, mas menor capacidade de retenção de nutrientes;

3. Divida a turma em grupos e explique que eles irão explorar de forma concreta os diferentes tipos de solos através do sentido do tato. Ver descrição completa no Caderno do Educador - Plano de Aula Atividade 4.3 “Aguçando os sentidos”, edição 2023. [CLIQUE AQUI](#);
4. Caso haja tempo, aproveite os materiais usados na atividade anterior para realizar parte desta atividade. Ela visa entender como o tamanho das partículas interfere na drenagem e na capacidade de retenção de nutrientes no solo. Ver descrição completa no Caderno do Educador - Plano de Aula Atividade 4.1 “Vamos entender melhor esta história de argila”, edição 2023. [CLIQUE AQUI](#);

Etapa 2. Manguezal, uma composteira natural | Habilidade BNCC: EF04CI06

MATERIAIS

- 1 garrafa PET de 5 litros (limpa e seca);
- Tesoura ou estilete;
- Terra;
- Resíduos orgânicos (casca de frutas, restos de legumes, etc.);
- Folhas secas (opcional);
- Água.

PASSO-A-PASSO

1. Explique para o educando que nos manguezais, onde água doce e salgada se misturam, a abundância de matéria orgânica proveniente das folhas caídas, detritos vegetais e animais cria um ambiente fértil para o processo natural de decomposição. Aqui, microrganismos trabalham incessantemente para transformar esses resíduos em nutrientes essenciais para toda a vida marinha que dependem desses ecossistemas únicos;
2. Compare o processo com a compostagem escolar, onde os alunos observam a decomposição de resíduos orgânicos em uma garrafa PET. Destaque a diferença entre a decomposição aeróbica e anaeróbica.
3. Em uma compostagem escolar, os alunos testemunham o ciclo vital do material orgânico. Desde cascas de frutas até restos de vegetais, esses resíduos são cuidadosamente depositados em uma garrafa PET transformada em composteira. Ao longo do tempo, esses resíduos se convertem em um composto rico em nutrientes, essencial para o crescimento das plantas e para a saúde do solo;

Fazendo a composteira escolar

4. Lave bem a garrafa PET e corte a parte superior (cerca de 1/4 abaixo do gargalo) para criar uma abertura ampla;
5. Faça vários furos pequenos na parte inferior da garrafa para drenar o excesso de líquidos;
6. Coloque uma camada de pedrinhas ou argila expandida no fundo da garrafa para ajudar na drenagem. Adicione camadas alternadas de resíduos orgânicos (como cascas de frutas) e terra. Termine com uma camada de terra. Adicione folhas secas entre as camadas para melhorar a aeração. Regue levemente para umedecer as camadas. Feche a garrafa com a parte superior, invertida como um funil para ventilação;
7. A manutenção da composteira requer mantê-la úmida e em local com luz indireta. Agite periodicamente para promover aeração;
8. Evite adicionar alimentos de origem animal para evitar problemas de odor e atrair animais;

9. A compostagem pode levar algumas semanas a meses para produzir composto utilizável, dependendo das condições ambientais;
10. Finalize concluindo que esses nutrientes orgânicos depositados no manguezal, não apenas fertilizam esse ecossistema, mas também o oceano. Por exemplo, esses nutrientes contribuem significativamente nas primeiras milhas do oceano, sustentando outros berçários marinhos que ocorrem nesses locais. Esse ciclo de nutrientes é fundamental para a saúde e a biodiversidade tanto dos manguezais quanto dos ecossistemas marinhos adjacentes;

3. Mudanças do clima

3.1 O que são as mudanças do clima?

*Adaptado pela equipe do projeto
capítulo original de autoria de Vinícius Ribau Mendes*

O que chamamos de clima são as tendências de variação atmosférica (ex. temperatura máxima e mínima, umidade do ar, pressão atmosférica, pluviosidade, ventos etc) que prevalecem em determinada região por algumas décadas. Ou seja, as variações que chamamos de “tempo” são de curta escala, enquanto as de longo prazo chamamos de “clima”. Por exemplo, você pode dizer que o tempo hoje está chuvoso, mas o clima poderia ser classificado em tropical, semiárido, árido.

Os padrões de clima são determinados por vários fatores, alguns mais locais e imediatos e outros globais e de longa duração. De modo geral, a principal força que movimenta o clima na Terra é a energia do Sol. A forma como essa energia chega no nosso planeta e como ela é distribuída é o que gera os padrões climáticos que temos hoje. Por exemplo, basta notar que as temperaturas da atmosfera na linha do equador são muito maiores que nos pólos, o que faz todo sentido se pensarmos que nessa região da Terra a luz solar incide em ângulo mais reto do que o restante do planeta. É justamente a diferença de temperatura entre as regiões do planeta que gera os principais movimentos da atmosfera e do oceano, respectivamente ventos e correntes. Esses movimentos buscam equilibrar a quantidade de calor distribuída pela superfície do globo terrestre, transportando energia de onde ela sobra para onde ela falta.

Por exemplo, no Oceano Atlântico temos o conjunto de correntes mais energético que existe na Terra, ele transporta enorme quantidade de calor do Atlântico Sul para o Norte, o que torna o inverno europeu menos severo e nosso verão mais chuvoso. O Oceano Atlântico tem um papel fundamental na regulação do clima mundial, é o local da Terra onde ocorre a conexão entre os dois hemisférios.

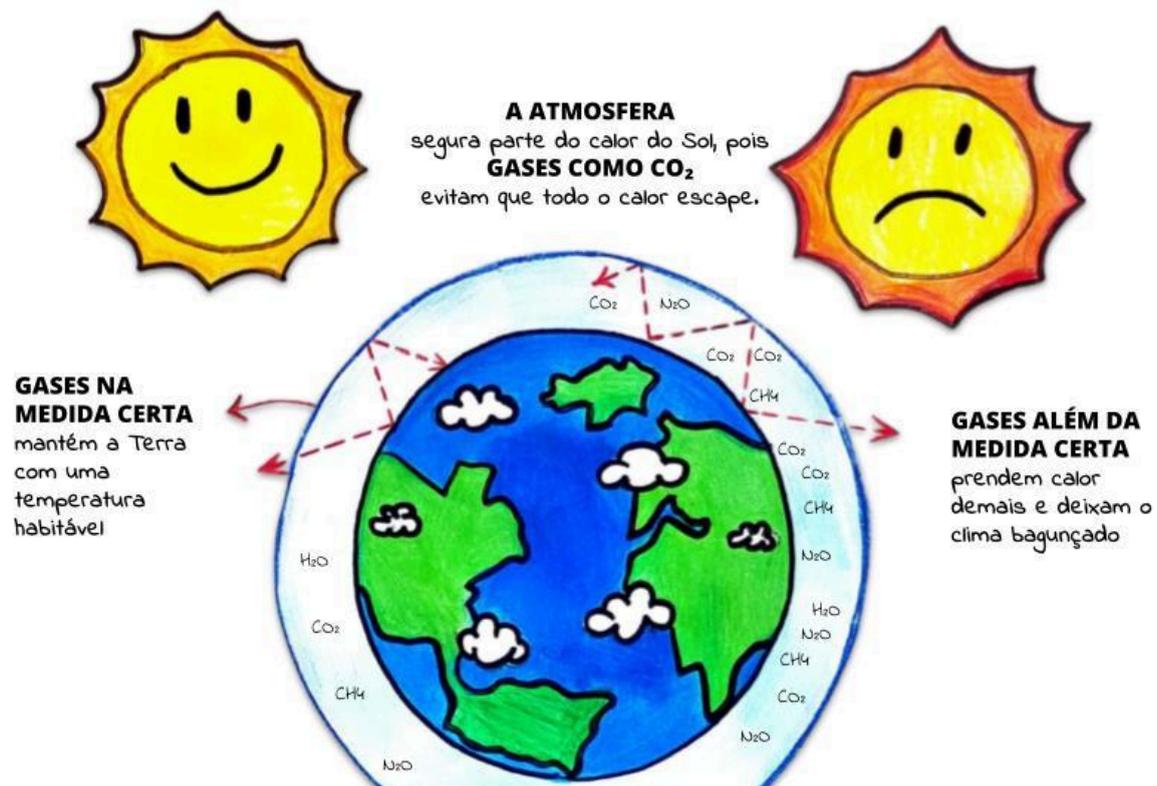


Figura 17. Esquema ilustrativo do efeito estufa na terra, o natural e o antropizado. Inspirado na Figura disponível no site:

A atmosfera também é fundamental para o controle do clima, sua composição vai determinar a forma que a energia do Sol é retida, fenômeno que chamamos de efeito estufa. Gases como o dióxido de carbono, monóxido de carbono, metano e vapor de água são os principais responsáveis por esse efeito que mantém nosso planeta aquecido. Importante frisar que sem essa proteção que a atmosfera nos proporciona, a temperatura da Terra seria em média negativa, impossibilitando a vida como conhecemos. Quando esse fenômeno é intensificado, a temperatura média da Terra aumenta, podendo desencadear modificações nos padrões da circulação atmosférica e oceânica (WARD et al., 2017; HAMILTON; FRIESS, 2018).

Mudanças no clima podem ser identificadas em toda história da Terra, diversos trabalhos mostram que cerca de 18 mil anos atrás nosso planeta se encontrava em um período de máximo glacial, que é o momento em que as geleiras dos pólos se expandem e atingem sua máxima extensão. A partir desse momento, a Terra começou a esquentar. Estima-se que em média a Terra aqueceu seis graus Celsius (6° C) ao longo de 10 mil anos até chegar a uma temperatura próxima a que tínhamos no ano de 1800. A partir da revolução industrial começamos a queimar enorme quantidade de combustíveis fósseis, lançando na atmosfera toneladas de gases de efeito estufa. Com o aumento desses gases veio a intensificação do efeito estufa, e conseqüentemente, o aumento da temperatura média da Terra, efeito conhecido como Aquecimento Global (WARD et al., 2017; HAMILTON; FRIESS, 2018).

A velocidade do aumento da temperatura média global nos últimos séculos é muito superior a qualquer evento natural registrado na história recente da Terra, e a comunidade científica não tem dúvidas de que o aquecimento global é causado pelas atividades humanas.

O excesso de calor na atmosfera e nos oceanos altera os padrões climáticos, tornando eventos extremos, como secas e enchentes, cada vez mais comuns (SOUZA et al., 2019). Essas mudanças já estão ocorrendo em várias partes do mundo, e é cada vez mais frequente ouvir sobre eventos nunca antes registrados.

Com o aumento da temperatura média da Terra, grandes massas de gelo, como na Groenlândia e Antártica, começaram a se desestabilizar. O derretimento dessas geleiras tem causado o aumento do nível do mar, afetando a maior parte da população mundial. O aquecimento global é, sem dúvida, um dos maiores desafios deste século.

O desenvolvimento da civilização, como conhecemos, ocorreu em um período de estabilidade climática de cerca de 10.000 anos, o que favoreceu a agricultura e o surgimento de vilas e cidades. Ironicamente, esse progresso, baseado na estabilidade climática, nos levou a um modelo industrial que ameaça essa estabilidade e, por consequência, nossa própria existência.

MATERIAL DE APOIO  Pequenos Cientistas: Aquecimento global

3.2. Pegada de Carbono

A Pegada de Carbono representa o volume total de Gases de Efeito Estufa - GEE, que são produzidos pelas atividades humanas. É possível fazer o cálculo individual da quantidade de gases que são emitidos pelas atividades cotidianas.

Então, que tal propor esse cálculo para os alunos? E depois discutirem juntos quais hábitos são passíveis de serem modificados na tentativa de diminuir a Pegada de Carbono e com isso auxiliar na diminuição dos gases causadores das mudanças do clima.

QUAL A PEGADA DE CARBONO (Kg) DA SUA COMIDA?



Figura 18 - Banner informativo sobre a emissão de carbono relacionada com o consumo alimentar. Adaptado de arvoreagua.org.

Existem diversos sites que podem ser utilizados para trabalhar o cálculo de carbono, e os fatores de mensuração variam de método para método. Todavia, mais do que fornecer um número exato, a grande estratégia é tornar concreto o que é abstrato, evidenciando que suas ações cotidianas contribuem para o impacto que está desencadeando as mudanças climáticas. Os dados ajudam a repensar a realidade, mostrando que cada atitude no seu dia a dia importa para a saúde do planeta, do qual todos somos parte..

Sugestão de CALCULADORA: <https://calculator.moss.earth/>

3.2 Lama, uma aliada no enfrentamento das mudanças do clima

Adaptado pela equipe do projeto capítulo original de autoria de Luis Felipe Natálio

Como explorado no item 2.2, a combinação das condições de alagamento com o constante aporte de material orgânico nos manguezais torna esse ecossistema um dos mais eficientes na acumulação e manutenção de carbono em seus solos.

A decomposição da matéria orgânica nos solos de manguezal ocorre de forma lenta, enquanto o aporte de carbono no ecossistema é contínuo. Esse desbalanço entre a quantidade de carbono que entra no ecossistema e a que é liberada—seja na forma de gases resultantes da decomposição ou exportada para o oceano—é denominado sequestro de carbono. Assim, o solo dos manguezais é considerado um sumidouro

de carbono. Já a quantidade de carbono armazenada em um ecossistema ou em um de seus compartimentos, em determinado momento, é chamada de estoque de carbono.

Além da matéria orgânica estocada na lama, há também um volume significativo de carbono nas raízes das plantas. A vegetação de manguezal desenvolve um extenso sistema radicular para se sustentar em solos instáveis e, para isso, retira grandes quantidades de CO_2 da atmosfera.

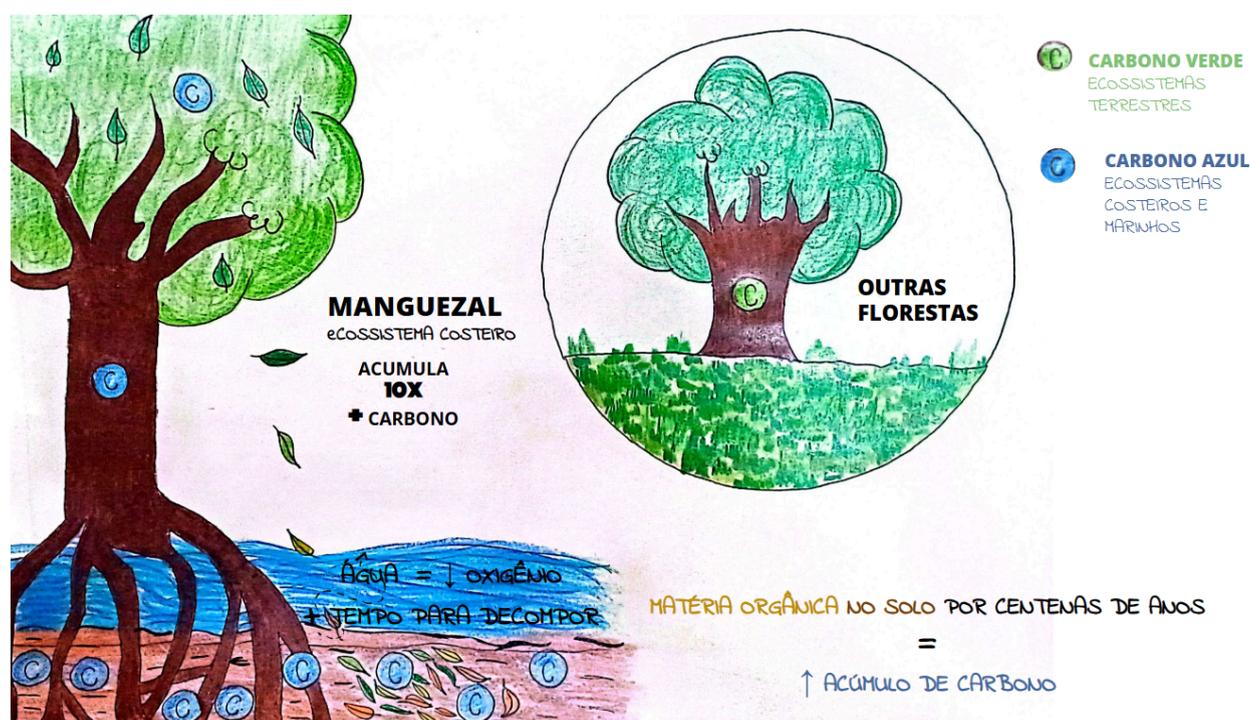


Figura 19 - Ilustração das condições dos manguezais, destacados como sumidouros de carbono, diferenciando-se de outras formações florestais. Inspirada na imagem original do

Ou seja, o manguezal é um ecossistema com alta capacidade de absorver e armazenar carbono, impedindo que esse elemento fique livre na atmosfera na forma de gases de efeito estufa, como dióxido de carbono (CO_2) e metano (CH_4), que contribuem para o aquecimento global.

O carbono armazenado em ambientes costeiros vegetados, como manguezais, marismas e pradarias marinhas, é denominado **carbono azul** (*blue carbon*), enquanto o carbono capturado por ecossistemas terrestres, como florestas, é chamado de carbono verde (*green carbon*).

Os ecossistemas que estocam carbono azul vêm sendo cada vez mais estudados devido à sua importância na regulação do clima. Dessa forma, a conservação e o bom funcionamento dos solos de manguezal são fundamentais para a mitigação das mudanças climáticas e para a manutenção da qualidade de vida.

No entanto, o avanço dos impactos ambientais sobre os manguezais e a perda de áreas desse ecossistema representam não apenas a eliminação de um reservatório estratégico de carbono, mas também a liberação do carbono acumulado, contribuindo para a intensificação do efeito estufa e das mudanças climáticas.

3.3 Consequências negativas das mudanças do clima nos manguezais e seus habitantes

*Adaptado pela equipe do projeto
capítulo original de autoria de Fernando Rafael De Grande*

Quando se pensa em mudanças do clima, tem-se a impressão que este fenômeno apenas nos afetará no futuro - algo que nossos netos ou bisnetos deverão se preocupar. Infelizmente, as mudanças do clima já estão ocorrendo e seus efeitos são perceptíveis e severos. Os manguezais e seus habitantes têm enfrentado diversas consequências negativas das mudanças do clima.

Um dos impactos mais notáveis associado às mudanças do clima que afetam os manguezais é o aumento de temperatura. Nos últimos 50 anos a temperatura do ar na costa brasileira já aumentou em média 0,5°C. Na Baixada Santista (litoral de São Paulo) as águas costeiras tiveram um aumento de 1°C nos últimos 40 anos. Esse aumento parece pequeno, mas estamos falando da temperatura média que inclui a temperatura de diferentes locais, diferentes períodos do dia e das diferentes estações do ano. Na prática, isso significa que localmente o aumento de temperatura é muito mais expressivo (acima dos 6°C, dependendo da região).

O problema é que muitos microambientes que compõem os manguezais naturalmente apresentam uma variação de temperatura. Por exemplo, durante o verão a lama dos manguezais, quando exposta diretamente ao sol, pode ultrapassar os 40°C próximo ao meio dia. Muitos animais que vivem nessa lama, como os caranguejos, conseguem suportar uma temperatura de 42°C. Portanto, um pequeno aumento de temperatura pode ultrapassar o limite que esses animais toleram e algumas espécies podem não suportar e serem extintas de algumas regiões.

Globalmente, muitas espécies estão se extinguindo das regiões mais quentes próximas à linha do equador. Por outro lado, muitas delas estão expandindo seus limites de distribuição para regiões mais frias. Nos Estados Unidos as árvores de mangue estão expandindo seu limite de distribuição mais ao norte. No Brasil, o caranguejo-chama-maré (*Leptuca cumulanta*), típico de regiões tropicais, está expandindo sua distribuição para o sul. Esta espécie de caranguejo não era observada nos manguezais do estado de São Paulo 10 anos atrás e agora ela é abundante. Recentemente, novas populações já foram observadas ocorrendo no estado do Paraná. Potencialmente, quando uma espécie "invade" um novo ambiente ela pode causar prejuízos para as espécies que originalmente viviam ali.

Além disso, o aumento da temperatura faz com que os animais gastem mais energia simplesmente para se manterem vivos. A energia desviada para esta função faz com que os animais cresçam menos (muitas espécies estão ficando menores) ou produzam menos descendentes. O aumento de temperatura também tem alterado os períodos do ano de reprodução ou migração dos animais e as plantas (alterações fenológicas). Em algumas espécies a temperatura pode até mesmo afetar a proporção sexual dos indivíduos. O sexo de alguns peixes e répteis que habitam os manguezais é determinado pela temperatura. Um pequeno aumento de temperatura faz com que a maior parte dos indivíduos nasçam de um sexo (por exemplo, a maioria nasce fêmea), colocando em risco a capacidade de se reproduzirem, podendo levá-las à extinção.

Uma outra consequência que pode afetar a distribuição de espécies é a elevação do nível do mar em função do derretimento das geleiras e da própria expansão térmica das moléculas de água. Em muitas situações, como na Baixada Santista, os manguezais estão cercados por construções urbanas (cidades, portos e estradas) e as florestas de mangue não terão a possibilidade de expandir a sua distribuição em outras áreas, ou serem completamente perdidas. Muitas espécies que viviam em zonas distintas sobreporão seus territórios, aumentando a competição entre si por recursos como alimento ou território.

As mudanças do clima também têm provocado o aumento da frequência e intensidade de eventos extremos como tempestades, ressacas e ondas de calor. Só na Baixada Santista, as ondas de calor se tornaram 6 vezes mais frequentes, 1,2 vezes mais quentes e 3 vezes mais duradouras. Eventos extremos são altamente destrutivos e podem causar a mortalidade em massa dos organismos. Dependendo da intensidade e extensão do evento, alguns ambientes são incapazes de se recuperarem e algumas espécies são permanentemente perdidas.

Por ser geralmente composto por partículas finas, o solo do manguezal possui uma fragilidade quanto ao aumento de turbulência das águas. A passagem de embarcações em alta velocidade, como lanchas e jetskis, podem causar ondulações que se chocam com as margens da floresta de mangue e causam a erosão de suas bordas. Essa erosão leva à perda de porções de floresta de mangue e à liberação de carbono por duas vias: aquele estocado no solo que foi erodido e pela morte das plantas que possuem muito carbono armazenado em si. Em razão disso, em alguns lugares se impõe uma limitação na velocidade das embarcações que navegam em canais com floresta de mangue nas margens. O aumento da erosão também pode ser causado por ações aparentemente naturais, mas que estão, na verdade, associadas às aceleradas mudanças no clima: aumento do nível médio do mar e maior frequência de eventos extremos que resultam no aumento da turbulência da água, como tempestades, ressacas do mar e marés altas anômalas, fenômenos estes que já estão se tornando mais frequentes, mais intensos e de maior

magnitude (Souza et al., 2019). A erosão das margens dos manguezais também contribui para o assoreamento de canais dos estuários.

Por todas essas ameaças citadas os manguezais podem se tornar menos produtivos. Quando uma espécie é extinta diversas outras podem ser afetadas. Por exemplo, muitos caranguejos que vivem nos manguezais são a base da alimentação dos peixes que consumimos. Se uma espécie de caranguejo é afetada pelas mudanças do clima, os peixes podem se tornar menos abundantes, prejudicando os pescadores e reduzindo as possibilidades de alimentos para os seres humanos. No mundo, mais de 4 milhões de famílias de pescadores artesanais dependem diretamente dos manguezais. Além disso, diversas espécies marinhas de grande valor econômico e importância ecológica dependem dos manguezais para completarem seu ciclo de vida. Desta forma, os impactos causados aos manguezais pelas mudanças afetam diretamente o ser humano.

MATERIAIS DE APOIO

 [Ciência SP | Ondas de calor marinhas devem impactar organismos da base da c...](#)

Os manguezais são campeões

Na assimilação do gás carbônico

Que sobrando na atmosfera se torna transtorno

Contribui para o aquecimento da Terra

Deixando o clima global

Imprevisível e muito louco

3.4 Manguezal como aliado na manutenção da linha de costa

Apesar da grande variedade e relevância dos serviços ecossistêmicos (entenda melhor no próximo capítulo) providos pelos manguezais, esses ambientes são amplamente ameaçados por interferências antrópicas. Para as cidades litorâneas, uma das principais consequências das mudanças do clima, acelerada pelo aquecimento global, é a elevação do nível do mar. Esse aumento é provavelmente um dos componentes que causará maiores impactos nas zonas úmidas costeiras, visto que esse ecossistema tem o seu funcionamento regulado pela frequência de inundação da maré e a vegetação responde fisiologicamente ao nível de salinidade presente no ambiente (WARD et al., 2017).



Figura 20- As raízes aéreas do mangue seguram o sedimento e ajudam a proteger a comunidade ao redor, trazendo mais estabilidade contra as ondas do mar. Ilustrado por: Maria Celeste Carvalho Tereza Lanza.

De acordo com a ilustração acima, a capacidade dos manguezais em reduzir os danos causados por tempestades, inundações, furacões e tsunamis é, sem dúvida, um dos serviços ecossistêmicos mais importantes prestados por esse ecossistema. Assim, a conservação dos ambientes costeiros é fundamental para a proteção da linha de costa, principalmente diante de um cenário de intensificação dos eventos climáticos extremos, como as tempestades e vendavais, além de eventos meteorológicos-oceanográficos, como ressacas, marés altas anômalas e maremotos, que podem erodir, submergir e danificar severamente os ambientes presentes nessa região.

Os manguezais podem proteger a zona costeira atenuando o impacto das ondas, visto que diminui a energia dissipada por esse movimento. Além disso, a retenção de sedimentos nas raízes e troncos que ocorre nos manguezais, possibilita a manutenção e também o acréscimo da linha de costa.

Cabe ressaltar que a intensidade dos efeitos da elevação do nível do mar aos manguezais pode variar de acordo com o seu estado de conservação e que a ciência ainda está em fase exploratória acerca dos efeitos das elevações do nível do mar em relação aos manguezais. Quando encontram-se conservados, a elevação do nível do mar pode ocasionar uma nova modelagem, com uma nova organização dos ecossistemas existentes. Entretanto, quando essas áreas estão cercadas por construções, os manguezais não são impedidos de migrar para áreas mais interiores no continente e a elevação do nível do mar pode ocasionar não apenas uma mudança na dinâmica de funcionamento do ecossistema, mas também sua destruição.

MATERIAL COMPLEMENTAR

 MUDANÇAS CLIMÁTICAS E COMUNIDADES COSTEIRAS

3.5 Sequência didática

OBJETIVO: Sequência de atividades pedagógicas que levam os educandos a compreender a importância dos manguezais no enfrentamento às mudanças do clima.

Etapa 1. Manguezal, herói do carbono azul | Habilidade BNCC: EF05GE10

MATERIAIS

- Lousa;
- Projetor
- Jogo impresso *Trilha do Carbono Azul* (para baixar acesse o site oficial Manguê; no meu Quintal na aba Jogos. [CLIQUE AQUI](#);

PASSO-A-PASSO

1. Comece com uma revisão sobre o que é um ecossistema. Use exemplos simples e próximos da realidade dos educandos para facilitar a compreensão;
2. Após revisar o conceito geral de ecossistema, concentre-se nos ecossistemas costeiros. Explique como esses ambientes específicos funcionam, destacando sua importância na natureza;

3. Inicie uma conversa para identificar quais elementos são responsáveis pela captura de carbono nos ecossistemas. Encoraje os educandos a pensar sobre diferentes tipos de plantas e ambientes que podem desempenhar esse papel;
4. Com base na discussão anterior, convide os educandos a criar, juntamente com você, um mapa mental na lousa. Esse mapa deve organizar visualmente as ideias principais sobre como os ecossistemas capturam carbono. Use símbolos simples e cores para tornar o mapa mais compreensível;
5. Discuta com os educandos a eficiência do manguezal na captura de carbono. Explique como isso ocorre, retomando características únicas do manguezal que o tornam um ecossistema chave nesse processo;
6. Encerre a aula com uma dinâmica interativa utilizando o jogo *Trilha do Carbono*. Ver descrição completa no Caderno do Educador - Plano de Aula Atividade 4.2 "Manguezal, herói do Carbono Azul", edição 2024. [CLIQUE AQUI](#);

Etapa 2. Manguezal, herói do Carbono Azul - Caçadores de Carbono | Habilidade BNCC: EF05GE11

MATERIAIS

- Discos com a identificação do gás carbono confeccionado em material reutilizado;
- Fita dupla face;
- Lenço de tecido grande;
- Espaço amplo.

PASSO-A-PASSO

1. Explique a dinâmica: Diga para as crianças que elas irão participar de uma atividade para entender como os ecossistemas de manguezal e floresta tropical capturam e armazenam carbono;
2. Preparação dos materiais:
 - Corte discos de 8 cm de diâmetro, de acordo com o número de crianças participantes.
 - Aplique fita dupla face na parte de trás de cada disco para facilitar a fixação nas roupas dos participantes. (Para mais detalhes, consulte o Caderno do Educador - Plano de Aula Atividade 4.2.1 "Manguezal, herói do Carbono Azul - Caçadores de Carbono", edição 2024. [CLIQUE AQUI](#)).
3. Escolha os representantes dos ecossistemas:
 - Selecione dois educandos com perfis semelhantes para representar os ecossistemas.
 - Manguezal: Este educando usará ambos os braços para capturar os círculos de carbono.

- Floresta Tropical: Este educando terá um braço amarrado ao corpo com um lenço, representando a limitação na captura de carbono.
4. Organização das crianças: As demais crianças representarão os "círculos de carbono" e deverão correr pelo espaço designado;
 5. Início da dinâmica:
 - Ao sinal de início, os educandos que representam os ecossistemas tentarão capturar o máximo de "círculos de carbono" possível, colando os círculos de papel em si mesmos.
 - As crianças representando o carbono deverão tentar evitar ser capturadas, correndo e se movendo pelo espaço.
 6. Regras de captura:
 - O educando representando a Floresta Tropical pode capturar um círculo de carbono de cada vez.
 - O educando representando o Manguezal pode capturar dois círculos de carbono de cada vez, um em cada mão.
 7. Discussão
 - Mostre os resultados e discuta com as crianças como o Manguezal (com dois braços) foi mais eficiente em capturar carbono do que a Floresta Tropical (com um braço).
 - Explique a importância dos manguezais na absorção de carbono e como isso ajuda a combater as mudanças climáticas.
 - Encoraje as crianças a refletirem sobre a importância de proteger diferentes tipos de ecossistemas.

4. Serviços ecossistêmicos

*Adaptado pela equipe do projeto
capítulo original de autoria de Viviane Coelho Buchianeri*

4.1. O que são serviços ecossistêmicos?

Serviços ecossistêmicos são aqueles que a natureza presta ao homem, indispensáveis à sua sobrevivência e qualidade de vida. São estruturas ou processos que fornecem bem-estar à população humana atual e futura. Um exemplo de estrutura é uma árvore que fornece sombra, madeira ou alimento. Os processos dizem respeito às próprias funções de um ecossistema. Por exemplo, uma das funções de um manguezal é servir como “berçário” marinho para muitas espécies de peixes consumidas pelo ser humano.

Existe diferença entre serviço ecossistêmico e serviço ambiental. O termo “serviço ambiental” normalmente é usado para atividades realizadas pelo ser humano visando recuperar ou melhorar a qualidade ambiental de um ecossistema ou parte dele, que podem, por sua vez, se desdobrar em uma melhoria ou aumento dos serviços ecossistêmicos providos por aquele ambiente. Por exemplo, a implantação de um projeto de revegetação com espécies nativas é um serviço ambiental.

O ser humano é parte integrante dos ecossistemas. Existe uma interação dinâmica entre nós e os ecossistemas. Assim, toda interação com o meio ambiente resulta, direta ou indiretamente, em mudanças nos ecossistemas, com possíveis reflexos no bem-estar humano. Bem estar que depende, basicamente, de quatro fatores: (1) condições materiais mínimas, (2) saúde, (3) bom relacionamento social e (4) segurança pessoal e alimentar. Os serviços ecossistêmicos podem ser divididos em quatro categorias: (1) serviços de provisão, (2) serviços de regulação, (3) serviços culturais e (4) serviços de suporte. Veja alguns exemplos de serviços ecossistêmicos:

Serviços de provisão: são os produtos obtidos diretamente dos ecossistemas. Como madeira, alimentos (peixes), medicamentos naturais (tanino), recursos ornamentais e recursos genéticos.

Serviços de regulação: são os benefícios obtidos da regulação de processos ecossistêmicos. Como a regulação do microclima e do clima da Terra (pela remoção de gases de efeito estufa), resultando em menores danos naturais (enchentes e avanços da maré) e melhora do clima para cultivos, saúde e habitação humanas; manutenção da qualidade do ar, oferta e qualidade da água, a polinização.

Serviços culturais: são os benefícios obtidos dos ecossistemas por meio de enriquecimento espiritual, desenvolvimento cognitivo (educação em espaços não

formais), reflexão, recreação (esportes ao ar livre e passeios) e experiências estéticas.

Serviços de suporte: são a base necessária para a produção de todos os outros Serviços Ecosistêmicos: formação do solo, produção primária, fotossíntese, ciclagem de nutrientes.

4.2 Qual conexão com o bem-estar humano?

Na mudança do milênio, a Organização das Nações Unidas (ONU) fez um estudo com a participação de mais de dois mil pesquisadores de diversas partes do mundo para determinar em que medida as mudanças nos ecossistemas afetam as pessoas, como poderão afetá-las nas próximas décadas e o que fazer para buscar o bem-estar e caminhar para a diminuição da pobreza. Um dos resultados do estudo foi a constatação de que, globalmente, 15 dos 24 serviços ecosistêmicos investigados encontravam-se em estado de declínio, o que poderá causar um grande impacto no bem-estar, transformando negativamente a vida humana.

A Figura 21 evidencia os Serviços Ecosistêmicos e os Componentes de Bem-estar, relacionando os serviços ecosistêmicos com as necessidades humanas (segurança, saúde, relacionamento social, condições materiais). Note-se que a conexão acontece de acordo com o potencial de mediação dos fatores socioeconômicos (indicado pelas cores das setas) e intensidade das ligações entre os serviços ecosistêmicos e o bem-estar humano (indicado pela largura das setas). Quanto mais larga e mais escura, maior o grau das ligações.

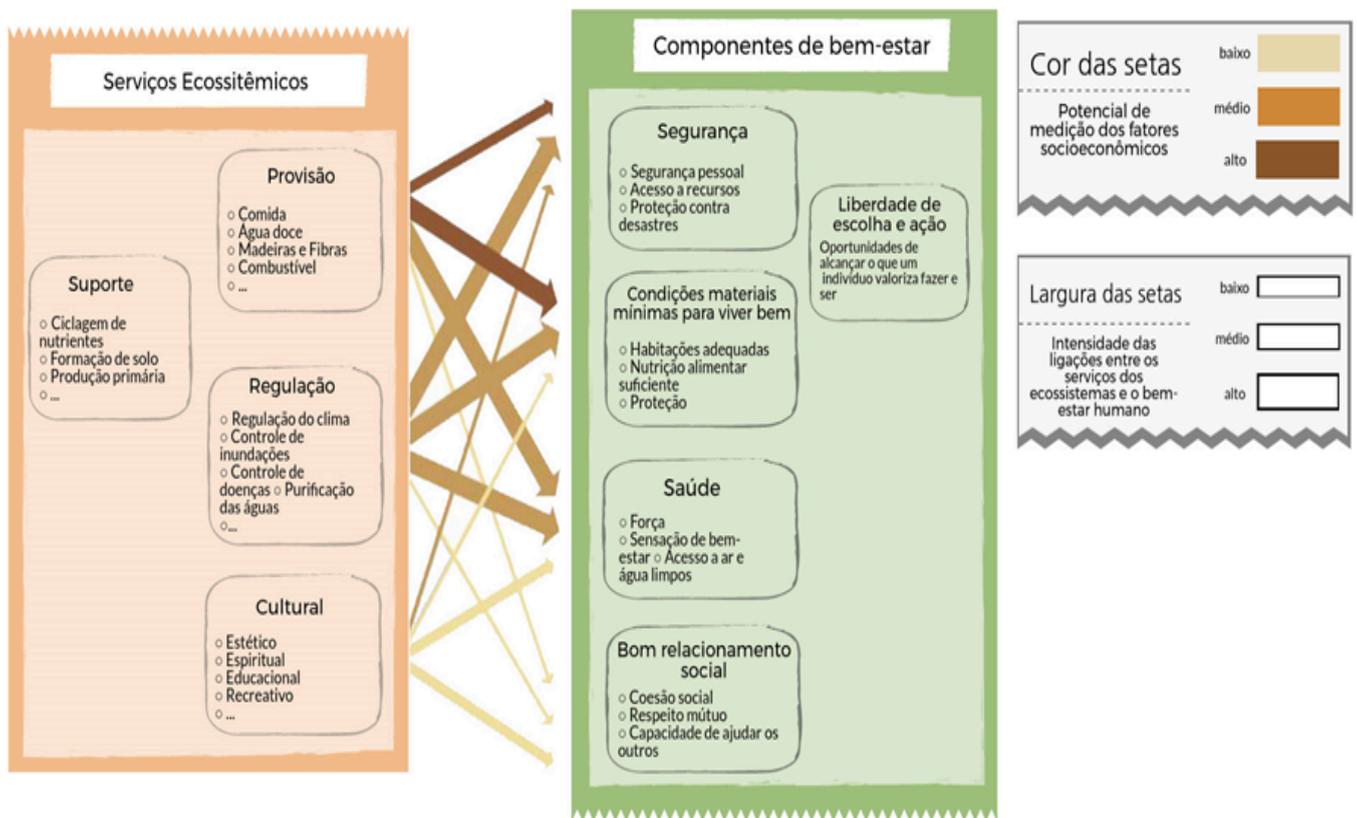


Figura 21- Avaliação Ecossistêmica do Milênio (Millennium Ecosystem Assessment, 2005).

Pelo exposto, salienta-se que o acesso a materiais para uma vida boa está intimamente ligado aos serviços de provisão, como acesso a alimentos e água. A “saúde” também se relaciona, de modo direto e intenso, com os serviços de provisão e regulação. As “relações sociais” são afetadas por mudanças depreciativas nos serviços culturais, o que prejudica a qualidade de toda a experiência humana. A “segurança” é fortemente afetada pelos serviços de regulação (como quando ocorrem inundações ou secas). A “liberdade de escolha” se assenta, em grande parte, na existência de outros componentes do bem-estar e, assim, é influenciada por mudanças nos serviços de produção, regulação ou culturais.

4.3 Serviços ecossistêmicos prestados pelo manguezal

A Tabela 2 lista alguns dos serviços mais relevantes prestados pelos manguezais. Mas isso não é tudo, procure você aumentar esta lista!

Tabela 2. Serviços ecossistêmicos prestados pelo manguezal (Fonte: Buchianeri).

| Serviço ecossistêmico | Bem-estar humano |
|--|--|
| Regulação do clima global da Terra: por meio do armazenamento de CO ₂ , resultando na remoção de quantidades significativas de um importante GEE da atmosfera | Segurança à moradia: pela proteção da linha de costa oceânica contra o avanço das marés; Controle do stress térmico |

Provisão de alimento: muitas espécies de peixe que vivem na costa têm parte do ciclo de vida dependente exclusivamente dos manguezais

Segurança alimentar: oferta de recursos pesqueiros

Recreação: provisão de oportunidades para atividades recreativas

Bom relacionamento social: prática de atividades de ecoturismo

4.4 Valoração econômica dos serviços ecossistêmicos do manguezal

Muitas vezes as sociedades humanas empregam, desnecessariamente, tempo, dinheiro e alta tecnologia para serviços que poderiam ser prestados pela própria natureza. Por exemplo, em vez de construir muros de contenção para solucionar um problema de avanço da maré em regiões costeiras, poderia optar por uma alternativa mais natural e mais viável economicamente. A simples manutenção ou recuperação da vegetação de praia e ou de um manguezal seria uma maneira de possibilitar tal ganho ambiental.

Atribuir preço a um determinado serviço ecossistêmico é uma forma de dimensionar sua importância na linguagem do ambiente econômico, visando tomadas de decisão embasadas nesse argumento preferencial de políticos e administradores públicos/privados. É um dos meios para atribuir valor a um recurso natural ou a um serviço prestado pela natureza é por meio da valoração econômica ambiental. Esta remete à reflexão sobre o quanto as pessoas estão dispostas a pagar para manter o seu bem-estar. Valorar economicamente um recurso ambiental significa determinar quanto melhor, ou pior, ficará o bem-estar das pessoas em função da mudança na quantidade ou qualidade de bens ou serviços ecossistêmicos. Trata-se de mensurar as preferências de indivíduos frente a alterações sofridas pelo meio ambiente. A valoração econômica ambiental não transforma recursos naturais em produtos de mercado.

Buchianeri (2017) relaciona cada serviço ecossistêmico com diferentes métodos de valoração econômica para o caso dos manguezais. Métodos que levam em consideração variados parâmetros, dentre eles, os preços de mercado, os custos evitados, o custo de recuperação dentre outros. Apesar do trabalho ter considerado ecossistemas localizados nas bacias hidrográficas dos rios Itaguapé e Guaratuba, em Bertioga-SP, ele pode ser utilizado em ecossistemas de manguezal localizados em regiões tropicais. A Tabela 3 apresenta o valor estimado (em dólares e por hectare) para o serviço ecossistêmico de solo coberto por manguezal.

Tabela 3. Valor estimado de serviços ecossistêmicos por hectare de manguezal (Fonte: Buchianeri, 2017).

| Cobertura do solo | Serviço Ecosistêmico | Valor US\$/ Ha/1ano | Valor US\$/Ha/20anos |
|-------------------|---|---------------------|----------------------|
| Manguezal | Regulação do clima global: remoção anual de CO ₂ | 1.893,00 | |
| | Regulação do clima global: armazenamento de CO ₂ | | 26.702,00 |
| | Proteção da linha de costa oceânica | 0,53 | |
| | Prevenção de enchentes e inundações | | 45.470,00 |
| | Alimento: pescado | 717,00 | |
| | Pesca desportiva | 3.583,00 | |
| | Ciência e educação | 4,00 | |
| | Valor de existência | 470,00 | |

4.5 Sequência didática

OBJETIVO: Sequência de atividades pedagógicas encadeadas que levam os educandos a compreender o termo serviços ecossistêmicos e relacioná-los aos serviços oferecidos pelo ecossistema de manguezal.

Etapa 1. O que tem no meu mangue? | Habilidade BNCC: EF05CI02, EF05CI03, EF05CI05, EF07CI07, EF07CI08

MATERIAIS

- Jogo *Meu Mangue* impresso (para baixar acesse o site oficial Mangue no meu Quintal na aba Jogos. [CLIQUE AQUI](#))

PASSO-A-PASSO

1. Introduza o tema sobre Serviços Ecosistêmicos, explicando os tipos de serviços e direcionando para o ecossistema de manguezal;
2. Inicie o jogo *Meu Mangue*;

Para conferir mais atividades relacionadas ao jogo, acesse o Caderno do Educador - Plano de Aula Manguezais e Mudanças do Clima, edição 2024. [CLIQUE AQUI](#)

Etapa 2. Valoração Econômica: Consciência para preservar | Habilidade BNCC: EF05CI02, EF05CI03, EF05CI04

MATERIAIS

Filtragem de água contaminada

- 3 garrafas pets transparentes;
- Tesoura sem ponta;
- Areia, cascalho e solo de manguezal;
- Recipiente com água limpa e corantes alimentares;
- 3 filtros de café.

Que solo é esse?

- 3 caixas de papelão decoradas e com as faces abertas cobertas por EVAs cortado em formato de asterisco * voltadas para cima, identificadas lateralmente como: "a", "b" e "c";
- Três tigelas de plástico e um recipiente com água ;
- Porções de areia, cascalho e solo de manguezal (um para cada tigela).

Jogo

- Jogo *Quantos mangos vale?* impresso (para baixar acesse o site oficial Mangue no meu Quintal na aba Jogos. [CLIQUE AQUI](#))

PASSO-A-PASSO

1. O processo de filtração natural ocorre em diferentes ecossistemas devido principalmente aos tipos de solo que atuam como barreiras físicas para o tratamento. No manguezal, o solo lamoso possibilita a filtragem de poluentes, tanto através das raízes aéreas das árvores conhecidas como mangue, que filtram partículas maiores, quanto pelo próprio substrato lamoso do ambiente.

Prática - Filtragem de água contaminada

2. Corte as garrafas PET ao meio. Utilize as partes inferiores das garrafas como recipientes de filtragem;
3. Monte os filtros, um em cada garrafa, colocando posteriormente adicionando apenas um substrato (areia, cascalhos ou solo de manguezal) por filtro.
3. Prepare água contaminada adicionando o corante alimentar ao recipiente contendo a água;

4. Despeje a água contaminada lentamente dentro das garrafas-filtro já montadas;
5. Coletar a água filtrada que escoará pela base da garrafa em recipientes limpos;
6. Compare a clareza da água filtrada com a água contaminada original utilizando filtros de café para verificar a possível presença de coloração;
7. Anote quaisquer mudanças na cor e odor da água filtrada;
8. Avalie a eficiência de cada substrato em relação a água contaminada, comparando a qualidade da água filtrada com a qualidade inicial da água contaminada;
9. Discuta como a capacidade de filtração dos manguezais pode ser valorizada economicamente, considerando os custos evitados com tratamento artificial de água.

Dinâmica - Que solo é esse?

1. Em cada caixa decorada e identificada será colocado uma tigela plástica contendo um tipo de solo. Ex: "caixa a" terá os cascalhos, na "caixa b" o solo de manguezal e na "caixa c" a areia.
2. Ao lado das caixas haverá também um recipiente preenchido com água para limpar a mão, que facilitará o tato dos solos para a tentativa de identificação do conteúdo das outras caixas mais precisamente.
3. O educando usará as mãos para tatear as três caixas objetivando descobrir qual delas guarda o solo do manguezal, utilizando o recipiente com água para limpar a mão de uma caixa para outra, se achar necessário.

Jogo

1. Após todas as práticas e discussões aplique o jogo *Quantos mangos vale?* com a turma.

5. Fonte de informações utilizadas

REFERÊNCIAS A MÁGICA DA ÁGUA SALOBRA

1. STEYAERT, Marc. Prefácio. In: VANNUCCI, Marta. **Os Manguezais e Nós: Uma Síntese de Percepções**. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 1999.
2. CETESB. **Conheça os diferentes tipos de água**. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/blog/2017/03/20/conheca-os-diferentes-tipos-de-agua/#:~:text=%C3%81gua%20salina%20ou%20salgada%3A%20%C3%A9,conhecido%20como%20sal%20dcozinha>.

REFERÊNCIAS QUE LAMA É ESSA?

3. VANNUCCI, Marta. **Os manguezais e nós: uma síntese de percepções**. Edusp, 2003.
4. VIDAL-TORRADO, P.; FERREIRA, T. O.; OTERO, X. L.; SOUZA-JÚNIOR, V. S.; FERREIRA, F. P.; ANDRADE, G. R.P.; MACÍAS, F. **Pedogenetic processes in mangrove soils**. Biogeochemistry and Pedogenetic Process in Saltmarsh and Mangrove Systems. [S. l.: s. n.], 2010. p. 27-56.
5. JIMENEZ, Z. et al. **Soil Organic Matter Responses to Mangrove Restoration: A Replanting Experience in Northeast Brazil**. [s. l.], p. 1-11, 2021.
6. FERREIRA, Tiago Osório et al. **Litho-climatic characteristics and its control over mangrove soil geochemistry: A macro-scale approach**. Science of The Total Environment, [s. l.], p. 152152, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152152> 2021.
7. NÓBREGA, Maria S. et al. **Mangrove microbiome reveals importance of sulfur metabolism in tropical coastal waters**. Science of The Total Environment, v. 813, p. 151889, 2022.
8. NÓBREGA, Gabriel N. et al. **Edaphic factors controlling summer (rainy season) greenhouse gas emissions (CO₂ and CH₄) from semiarid mangrove soils (NE-Brazil)**. Science of the Total Environment, v. 542, p. 685-693, 2016.

REFERÊNCIAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS

9. WARD, R. D. et al. **Impacts of climate change on mangrove ecosystems: a region by region overview.** *Ecosystem Health and Sustainability*, v. 2, n. 4, p. 1-25. 2017 (DOI: 10.1002/ehs2.1211).
10. HAMILTON, Stuart & FRIESS, Daniel. (2018). **Global carbon stocks and potential emissions due to mangrove deforestation from 2000 to 2012.** *Nature Climate Change*. 8. 10.1038/s41558-018-0090-4.
11. SOUZA, C.R.G.; Souza, A.P.; Harari, J. 2019. **Long Term Analysis of Meteorological-Oceanographic Extreme Events for the Baixada Santista Region.** In: Nunes, L.H.; Greco, R.; Marengo, J.A. (eds). **Climate Change in Santos Brazil: Projections, Impacts and Adaptation Options**, p. 97-134, Springer, Cham. ISBN 9783319965352 (https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-96535-2_6).

REFERÊNCIAS SERVIÇOS ECOSISTÊMICOS

12. BUCHIANERI, Viviane Coelho. ***O valor dos serviços ecossistêmicos nas bacias hidrográficas dos rios Itaguapé e Guaratuba em Bertioga, SP.*** 2017. 219 f. Tese (Doutorado em Geografia) – Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2017. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/8/8135/tde-30052018-105644/pt-br.php>.

6. Colaboradores



Ana Lucia Gomes dos Santos. Bacharel e Licenciada em Geografia pela USP (2005). Mestre (2009) e Doutora (2014) em Ciências pelo PPG em Geografia Física (USP). Atualmente é Analista em Meio Ambiente na Secretaria do Verde e Meio Ambiente da Prefeitura de São Paulo e professora doutora na Universidade Municipal de São Caetano do Sul.



Camila Nakaharada. Graduada em Biologia, com habilitação em Gerenciamento Costeiro e Biologia Marinha e bacharel em Direito. Assessora do Programa de Direito e Desenvolvimento Socioambiental da Conectas Direitos Humanos.



Fabiane Gallucci. Graduada em biologia pela UFSC, mestre em Ciências do Mar na Universidade de Ghent (Bélgica) e doutora em Biologia Marinha no Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research (Alemanha). Pós-doutora no Australian Museum e no Centro de Biologia Marinha da USP. Docente do Instituto do Mar da Universidade Federal de São Paulo (IMar-UNIFESP).



Fernando Rafael De Grande. É pós-doutorando pela FAPESP e desenvolve pesquisas relacionadas à compreensão dos efeitos das mudanças do clima sobre a produtividade dos manguezais. Desenvolve a pesquisa em parceria com a UNIFESP - Baixada Santista, Unesp - Litoral Paulista e Universidade Napier da Edinburgo - Edinburgh Napier University - Campus de Sighthill.



Gislene Torrente Vilara. Graduada em Ciências Biológicas pela Universidade Estadual de Maringá, mestrado e doutorado em Biologia de Água Doce e Pesca Interior pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Professora adjunta IV no IMar-UNIFESP docente credenciada no PPG-EvoDiv/UFABC e no PPGBEMC/UNIFESP. Colaboradora do PPGDRA/UNIR e Rede Bionorte (UFAM).



Luis Felipe Natálio. Graduado em Biologia com ênfase em Biologia Marinha (Unesp). Mestre em Zoologia (Unesp). Doutorando em Ecologia (USP). Integrante do Laboratório de Ecologia e Comportamento Animal - (LABECOM) e Laboratório de Pesquisa em Ensino de Biologia por Investigação (BioIn).



Nádia Gilma Beserra de Lima. Bacharel e Licenciada em Geografia pela USP (2005). Mestre (2009) e doutora (2014) em Ciências pela USP. Atualmente compõe o Instituto de Pesquisas Ambientais – IPA, é pós-doutoranda na Escola de Artes Ciências e Humanidades (EACH/USP) e integra o grupo de pesquisa do CNPq Monitoramento Integrado Manguezais – MIM.



Roberto da Graça Lopes. Graduado em Medicina Veterinária pela UFRRJ e doutorado em Zoologia pela UNESP. É Pesquisador Científico VI do Instituto de Pesca, com experiência em museologia e em pesquisa de recursos pesqueiros marinhos.



Vinícius Ribau Mendes. Graduado em Geologia pelo Instituto de Geociências - USP (2009), mestre (2012) e doutor (2015) em Geociências (Geoquímica e Geotectônica - USP). Atualmente é professor adjunto na UNIFESP Baixada Santista.



Viviane Coelho Buchianeri. Graduada em Engenharia Agrônoma, mestre em Recursos Florestais pela ESALQ - USP e doutora em Ciências pela FFLCH - USP, especialista em Manejo de Áreas Protegidas pela Colorado State University. Atua na área de Fiscalização Ambiental, Manejo de Bacias Hidrográficas e Áreas Protegidas.

7. Coordenação



Maria de Carvalho Tereza Lanza. Gestora da APA Marinha Litoral Centro.



Laís Coutinho Zayas Jimenez. Coordenadora do Programa de Gestão Integrada de Manguezais e assessora diretoria executiva Fundação Florestal



Carolina Rodrigues Alves da Silva. Monitora ambiental da APA Marinha Litoral Centro.



Andréia Dom Pedro. Monitora ambiental da APA Marinha Litoral Centro.



Julia Lima. Monitora ambiental do Programa de Gestão Integrada de manguezais