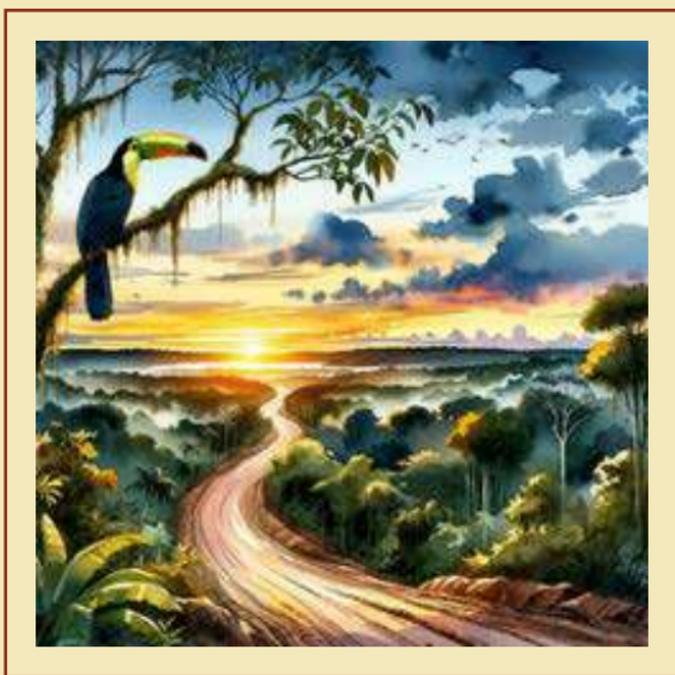


O Interflúvio Purus–Madeira:

lições sobre o
funcionamento da
floresta amazônica



William E. Magnusson
Albertina P. Lima
Tainara Sobroza
Marcelo Rodrigues dos Anjos
Lis Stegmann
Sergio Santorelli Junior

Organizadores:

Sergio Santorelli Junior e William E. Magnusson

Projeto gráfico e diagramação:

Yurie Yaginuma

Autores:

William E. Magnusson, Albertina P. Lima, Tainara Sobroza, Marcelo Rodrigues dos Anjos, Lis Stegmann, Sergio Santorelli Junior

Apoio e Financiamento:

Projeto: Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração no Sudoeste do Amazonas, cedido a William Magnusson; financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (Chamada pública N 021/2020 – PELD Sudoeste do Amazonas | Termo de outorga: 247/2022)

Projeto: Identificação dos impactos ambientais da rodovia BR-319 sobre a fauna na região sudoeste do Amazonas: uma abordagem integrativa para compreender padrões multi-taxa, cedido a Sergio Santorelli Junior e financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (Edital PROFIX-RH - 009/2021 - 01.02.016301.00407/2022-94)

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
(Câmara Brasileira do Livro, SP, Brasil)**

O interflúvio Purus-Madeira : lições sobre o funcionamento da floresta amazônica / William E. Magnusson...[et al.]. – Humaitá, AM : Ed. dos Autores, 2023.

Outros autores: Albertina P. Lima, Tainara Sobroza, Marcelo Rodrigues dos Anjos, Lis Stegmann, Sergio Santorelli Junior.
ISBN 978-65-00-82422-3

1. Meio ambiente; Conservação e Proteção 2. Amazônia - Aspectos ambientais 3. Biodiversidade - Conservação - Amazônia 4. Conservação da natureza - Amazônia I. Magnusson, William E. II. Lima, Albertina P. III. Sobroza, Tainara. IV. Anjos, Marcelo Rodrigues dos. V. Stegmann, Lis. VI. Santorelli Junior, Sergio. VII. Título.

23-175362

CDD-304.2709811

Índices para catálogo sistemático:

1. Amazônia : Biodiversidade : Aspectos socioambientais 304.2709811
Tábata Alves da Silva - Bibliotecária - CRB-8/9253

O Interflúvio Purus-Madeira: lições sobre o funcionamento da floresta amazônica

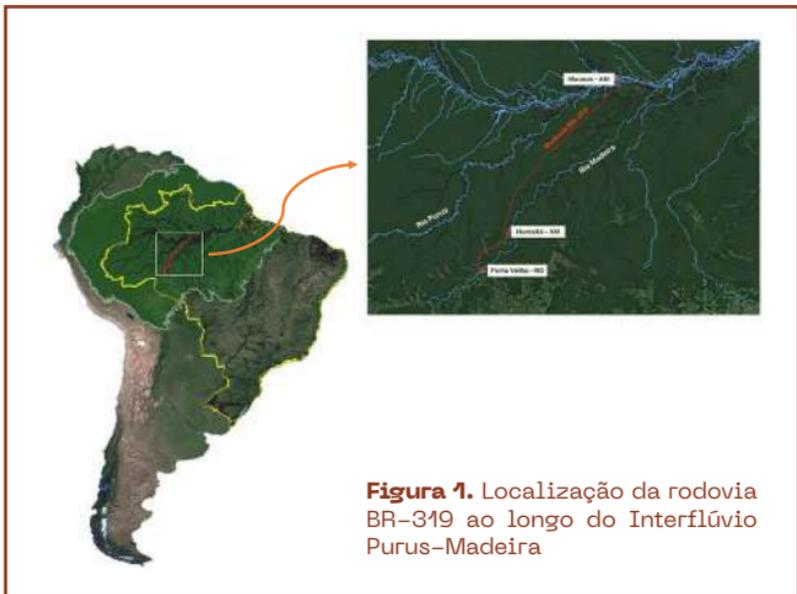


Figura 1. Localização da rodovia BR-319 ao longo do Interflúvio Purus-Madeira

Terra e água

Os grandes rios Madeira e Purus correm paralelamente sobre a maior parte do sudoeste da Amazônia, e a terra entre eles é conhecida como o interflúvio Purus-Madeira. A região era esparsamente habitada por comunidades humanas desde a eliminação da maioria dos povos indígenas, antes do ano de 1700. A partir da década de 1970 o local passou por um novo ciclo de ocupação, quando a rodovia BR-319 foi construída. Em poucos anos após sua construção, a falta de manutenção da estrada fez com que ela ficasse intransitável por veículos pequenos durante a maior parte do ano, e desde então muitos projetos para recuperá-la foram feitos. A rodovia nunca foi de fato recuperada, mas a previsão de uma reestruturação e pavimentação da estrada causa grande preocupação com a conservação da floresta do seu entorno. A região abriga uma enorme variedade de animais e plantas que precisam ser consideradas para a recuperação da BR-319, assim como o tipo de solo e o regime de chuvas. Neste livro, apresentaremos as adaptações que permitem a ocorrência de uma floresta exuberante neste pedaço da Amazônia. Algumas dessas adaptações providenciam dicas de como melhorar a própria estrada gerando menos impacto no ambiente a sua volta.



Figura 2. Chão da floresta inundado durante o período chuvoso amazônico.

A maior parte das terras do interflúvio ficam longe dos grandes rios que inundam as florestas. Nesses locais, as terras são baixas e a água da chuva fica acumulada, inundando grandes áreas de floresta com uma camada de água rasa durante um longo período do ano. O fluxo da água sobre a terra sem a presença de canais bem definidos é um processo demorado e conhecido como fluxo laminar. Essa lenta passagem da água faz com que o solo fique sem oxigênio, impedindo que as raízes cresçam até as camadas mais profundas da terra e exigindo que a floresta se adapte a esse tipo de situação.

As adaptações da floresta

A floresta amazônica possui diversas adaptações que facilitam o desenvolvimento de plantas em áreas com solos não muito próprios para o crescimento de raízes. A maioria dos



Figura 3. Raiz de uma árvore adaptada a inundações. Note que ela é uma raiz superficial e com a ajuda dos fungos consegue aproveitar os nutrientes deixados pelas folhas em decomposição para crescer.

solos nas regiões baixas da Amazônia são pobres nos nutrientes necessários para o crescimento das plantas, e muitas vezes a vegetação não consegue aproveitar os que são deixados na terra através das folhas em decomposição. Para explorar melhor o solo, a maioria das plantas buscam parcerias com outros organismos.

A parceria pode ser mais antiga do que nós imaginamos. As raízes das árvores têm minúsculos pelos, chamados de “pelos radiculares”, que são frágeis, relativamente curtos, e não muito bons em buscar os nutrientes. É provável que as primeiras plantas que colonizaram a superfície da terra nem tinham raízes, muito menos os pelos radiculares. Provavelmente, elas adquiriam os nutrientes do solo com a ajuda dos fungos, mas isso tinha um preço: a planta fornecia para os fungos os açúcares que eles precisavam para sobreviver que eram produzidos através do processo de fotossíntese. A



Figura 4. Micélios de um fungo envolvendo a vegetação morta no solo da floresta.

maioria das pessoas somente conhece as partes dos fungos que nós chamamos cogumelos e comemos em pratos deliciosos. No entanto, a importância desses organismos invisíveis é enorme! Grande parte da floresta é feita e depende dos fungos para se manter viva.

A floresta e os fungos

Algumas espécies de fungos, como as leveduras usadas para produzir pão e cerveja, tem os corpos bem pequenos e simples, consistindo em apenas uma única célula. No entanto, a maioria dos fungos é composto por fios microscópicos, chamados micélios, que crescem muito rápido, formando uma rede invisível no solo ou nos restos de outros organismos. Apesar de não ser visível para nós, os corpos dos fungos podem ser grandes, e algumas espécies podem ser consideradas os maiores indivíduos do planeta terra. Já os cogumelos, orelhas de paus e outros fungos que nós fa-



Figura 5. Fungo xilófago digerindo o tronco de uma árvore caída na floresta.

cilmente reconhecemos, são somente os corpos frutificantes desses organismos, ou seja, servem unicamente para garantir a produção dos esporos que eles usam para se reproduzirem e dispersarem.

A rede de micélios dos fungos possivelmente é a mais relevante rede de comunicação do planeta; é globalmente muito mais importante que as redes de televisão ou internet dos seres humanos. Aqui vamos considerar somente algumas das funções dos fungos em relação à sobrevivência das plantas, mas os fungos estão presentes em quase todos os processos de que nós dependemos para sobreviver.

A primeira função que nós vamos considerar é como limpadores da floresta. Alguns fungos são capazes de decompor os componentes dos corpos das plantas que não são digeríveis pela maioria dos outros organismos, como as moléculas de celulose e lignina que são responsáveis pela rigidez das plantas. Mesmo as espécies capazes de digerir a celulose,



Figura 6. Raíz se desenvolve horizontalmente em busca de nutrientes ao invés de penetrar no solo.

como as bactérias nos sistemas digestivos dos cupins e das vacas, atuam muito lentamente e não conseguem penetrar as madeiras mais duras. Se não fosse por causa dos fungos xilófagos, aqueles que digerem a madeira morta, o chão da floresta estaria coberto por árvores caídas, impedindo nossa passagem e criando condições propícias para incêndios devastadores. Quando os fungos decompõem os troncos, eles retornam os nutrientes para o solo, liberando-os para que possam ser utilizados pelas plantas. Na próxima vez que você ver uma orelha de pau saindo de um tronco de uma árvore caída, agradeça! É por causa do serviço dela que você consegue andar dentro da floresta!

A segunda função é especialmente importante para as plantas, incluindo as que vivem no interflúvio Purus-Madeira. A floresta está cheia de fungos micorrízicos que crescem nas raízes das árvores e providenciam nutrientes para elas em troca de açúcares. Quando as águas superficiais drenam



Figura 7. Planta aproveitadora encontrada no chão da floresta.

e o oxigênio volta para as camadas mais fundas do solo, são esses invisíveis organismos que ajudam as plantas a se alimentarem. Sem a parceria com os fungos, seria um processo demorado e custoso energeticamente para as árvores ter que mandar novas raízes para as partes mais profundas da terra em busca de nutrientes. Se você observar as raízes de uma árvore tombada na floresta amazônica, verá que, na maioria dos casos, as raízes não penetram muito no solo, e se desenvolvem horizontalmente, um pouco abaixo da superfície. No entanto, graças a essa parceria de muito tempo, os micélios se espalham rapidamente através do solo e em busca de nutrientes que podem ser passados para as plantas. Na economia da floresta, essa foi uma excelente estratégia encontrada pelas plantas e fungos; ambas ajudando e todas saem ganhando, porque produzir micélios requer muito menos energia que o desenvolvimento de longas e profundas raízes.



Figura 8. Palmeiras sem caule cheia de folhas caídas das árvores da floresta.

Nas florestas, também existem plantas aproveitadoras que fazem associações com fungos micorrízicos. Essas plantas não têm folhas e não fazem fotossíntese, e aparentemente não beneficiam os fungos, vivendo apenas dos açúcares produzidos por outras plantas que são repassadas pelo fungo. Parece que onde há produção sempre tem o aproveitador, alguém querendo ganhar sem ajudar na produção.

Outra curiosa estratégia de sobrevivência das plantas é facilmente observada nas palmeiras sem caule. Elas captam as folhas caídas antes mesmo que elas cheguem no chão. Essas espécies cujos troncos ficam escondidos embaixo da terra produzem folhas enormes que formam algo parecido com uma bacia, acumulando as folhas que caem das árvores. Essas folhas acumuladas são uma importante fonte de nutrientes, e para aproveitá-los, as palmeiras mandam as suas raízes acima do solo. Porém, essa estratégia não funcionaria se ela apenas mandasse as suas raízes para cima ao encontro das



Figura 9. Sulcos formados no chão da floresta.

folhas que ficaram acumuladas; os delicados pelos radiculares das raízes podem ressecar quando estão próximos da superfície e não são capazes de penetrar muito nas folhas mortas. Mais uma vez, a parceria de sucesso entre a floresta e os fungos entra em ação. Antes que as folhas caiam e esses nutrientes sejam perdidos no chão, os micélios invadem elas, captam os nutrientes, e os entregam para as palmeiras. Acima do solo, a relação com os fungos micorrízicos é mais importante ainda!

Essa estratégia não é exclusiva das palmeiras sem caules. A maioria das plantas da floresta amazônica também possuem raízes superficiais que crescem para cima do terreno e captam nutrientes das folhas, galhos e troncos caídos que ficam na superfície. Isso pode ser visto em algumas áreas onde quase todas as raízes estão acima do chão, entre as folhas e galhos caídos. Em locais assim, trilhas utilizadas por pessoas formam sulcos no chão, e parece que estamos andando

em pequenos vales de um palmo ou mais de profundidade. Existem poucas raízes abaixo deste nível; nesses locais, quase toda a floresta, incluindo as raízes, cresce acima do solo mineral, se aproveitando principalmente de folhas, galhos e troncos caídos. É um solo criado pela própria floresta!

A capacidade da floresta criar e consolidar o próprio solo é importante, especialmente na extremidade oeste do interflúvio Purus-Madeira, onde a combinação de solos pouco estruturados e tempestades frequentes resultam em muitas quedas de árvores, produzindo uma floresta em constante regeneração. Sem a proteção da floresta, os solos seriam erodidos e seus nutrientes rapidamente levados pela água.

A rede de dependências da floresta

As árvores das florestas em áreas mais alagadas ao longo da BR-319 crescem mais rápido e são mais produtivas em anos com poucas chuvas, enquanto as árvores nas áreas mais secas se dão melhor quando está chuvoso. Os solos mais encharcados tendem a ter uma diversidade de plantas diferente das áreas onde o solo é mais seco, mas eles têm muitas espécies em comuns, o que levanta perguntas sobre o papel dos fungos micorrízicos. Estudos em zonas temperadas no hemisfério norte indicam que os fungos ajudam a manter a diversidade da floresta, passando energia das árvores que crescem melhor numa época específica do ano para as árvores menos adaptadas àquelas condições do mesmo período. Isso levanta a seguinte questão: será que os fungos micorrízicos tem papel semelhante no interflúvio Purus-Madeira, passando energia das árvores adaptadas aos solos mais encharcados para árvores adaptadas a condições mais secas em anos chuvosos, e vice-versa em anos mais secos? Se a resposta for sim, isso indica que as interações entre as espécies de árvores na floresta amazônica mediadas por fungos são ainda mais complexas que aquelas já estudadas até agora.

A interação entre as plantas e os animais também fazem parte desta complexa rede de dependências que sustenta a mais rica biodiversidade do planeta. Na floresta amazônica a disputa entre as plantas por nutrientes poderia fazer com que o ambiente fosse dominado por poucas espécies. Porém, na floresta existem muitas espécies de animais, al-



Figura 10. Raízes adaptadas a solos encharcados. Essas raízes crescem acima da área alagada para conseguirem obter oxigênio.

gumas especializadas em comer plantas (os herbívoros); que contribuem para a manutenção da biodiversidade e impedem que qualquer espécie vegetal domine a paisagem. Outros são especializados em comer outros animais (os carnívoros) que controlam as populações de herbívoros. A vida na floresta é esta incrível rede de cooperações e interações.

A rede de comunicação da floresta

Ainda entendemos muito pouco sobre como as plantas, os animais e os fungos se comunicam. Tendemos a pensar que a capacidade de comunicação entre outras espécies é limitada, mas talvez isso seja mais uma limitação das nossas imaginações.

Algumas plantas podem perceber o som de seus polinizadores e produzem mais néctar quando eles estão próximos. Algumas árvores são capazes de detectar quando outras



Figura 11. Abelha polinizando uma flor.

estão tendo as suas folhas predadas. Estudos com ervilhas indicam que elas podem perceber o som de água corrente, mandando suas raízes na direção ao som da água quando o solo é seco, mas ignorando o som quando a umidade do solo é adequada. Se uma pequena erva de vida curta pode fazer isso, imagine o que uma árvore centenária poderia perceber.

Um exemplo ainda mais curioso acontece quando as folhas de uma espécie de planta são atacada por pulgões. As raízes dessa planta solta L-DOPA, o mesmo componente químico utilizado para comunicação entre os nervos nos nossos cérebros. Detectando essa química através das suas raízes, outras plantas da mesma espécie são estimuladas a produzir mais desse componente, que passa para as folhas e estimula a produção de substâncias capazes de atrair as vespas que parasitam os pulgões. Plantas e animais que nós imaginamos sempre atuarem sozinhos estão em constante comunicação, um beneficiando o outro.

Algumas espécies de fungos podem causar doenças e até matar uma árvore se houver falha na comunicação entre eles. As micorrizas tendem a estabelecer relação com poucas espécies de árvores, e um fungo que ajuda uma planta pode prejudicar uma outra. Por isso, as árvores e fungos precisam se comunicar para determinar quem é amigo e quem é inimigo. Existem evidências que elas podem se comunicar através de pulsos elétricos, semelhante os pulsos elétricos que os nossos nervos emitem para mandar mensagens para todas as partes do corpo. Também podem usar comunicação química como odores ou substâncias dissolvidas na água, similar a nossa capacidade de sentir os cheiros e sabores.



Figura 12. Folha doente por causa de um fungo.

Outras espécies podem usar a comunicação química para enganar as plantas. Isso é facilmente visto em alguns fungos que geralmente vivem acima do solo e muitas vezes no nível de nossos olhos. Alguns destes fungos só captam as

folhas caindo na sua rede, mas o fungo “enganador” utiliza os galhos das plantas menores e mais baixas para sustentar uma rede formada com os seus micélios. Em situações normais, as plantas absorvem a maior parte dos nutrientes das folhas antes de soltá-la e deixá-la cair no chão da floresta. No entanto, essas espécies de fungos envia os seus micélios ao longo dos galhos até encontrar uma folha viva, e então libera o mesmo hormônio que a planta usa para soltar uma folha, fazendo com que ela caia na sua rede de micélios ainda cheia de nutrientes. A ação do fungo é igual aos animais herbívoros, aqueles que se alimentam de plantas vivas.



Figura 13. Rede feita por fungo para captar folhas caindo antes que eles atingem o solo.

A floresta alagada e o fluxo laminar

Os animais também precisam se adaptar à água superficial que inunda a floresta, acontecimento frequente no interflúvio. Algumas espécies de formigas saúvas são famosas por terem seus ninhos subterrâneos enormes. No entanto, estas espécies não podem ocorrer nas áreas baixas da Amazônia onde o solo fica alagado durante uma grande parte do ano. As saúvas dependem do fungo que elas cultivam como alimento para sustentar suas colônias, e esse fungo precisa ser criado em câmaras espaçosas e bem ventiladas. Nas áreas da Amazônia que são frequentemente inundadas, algumas espécies de saúvas aproveitam as palmeiras sem caules, que são adaptadas para segurar e acumular as folhas mortas, para construir seu ninho com pedacinhos de folhas e galhos.

Na primeira vista, o ninho parece um monte de folhas acumuladas naturalmente pela palmeira, mas quando observado de perto, é possível ver que todos os pedacinhos de



Figura 14. Ninho de saúva construído em uma palmeira sem caule.

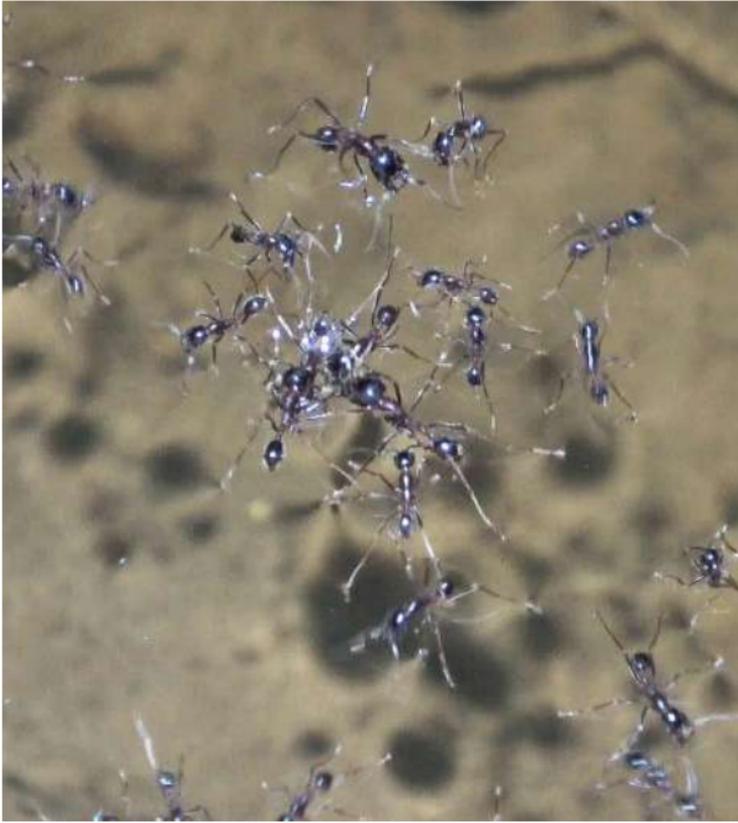


Figura 15. Formigas caçando em cima da água.

folhas e galhos estão cortados de tamanho semelhante. É muito difícil ver as câmeras de fungo cultivado pelas saúvas em ninhos subterrâneos, mas se removermos uma pequena parte da parede do ninho construído na palmeira, será fácil identificá-las. Se o fungo está bem, sua cor é dourada, e parece aqueles queijos chiques cheios de cavidades, mas se já foi invadido por outros fungos e descartados pelas formigas, tem uma cor azulada.

Muitas outras espécies de formigas também fazem seus ninhos em arbustos e árvores, e algumas plantam sementes de plantas epífitas (aquelas que vivem sobre os galhos e troncos de outras plantas) cujas raízes ajudam a consolidar as paredes do ninho. Uma adaptação comum entre formigas em regiões que inundam é a de uma formiga segurar na outra para formar bolsas com seus corpos que sustentam a rainha e os ovos até a água abaixar. Curiosamente, no interflúvio Purus-Madeira foi observado formigas caçando em cima da água numa situação em que elas podiam evitar



Figura 16. Aranha "pescando" em cima da água que alaga o chão da floresta.

entrar na poça! Esse comportamento ainda não foi registrado para outras áreas, e provavelmente existem muitas outras adaptações que os organismos executam para sobreviver em ambientes inundáveis que ainda não foram descobertas.

Algumas espécies de aranhas só ocorrem nas áreas sujeitas a alagação. Parecem aranhas comuns no chão da floresta, mas quando a água sobe, elas ficam na superfície ou na beira da água com duas patas estendidas. Fazendo isso, elas podem sentir o movimento de outros animais na água, e ao perceber a vibração os agarram com as patas, podendo inclusive capturar pequenos peixes. Quando ameaçadas, algumas espécies fogem para abaixo da água, e sobrevivem com o auxílio de uma camada de ar presa entre seus pelos. Algumas lagartas de borboletas que vivem abaixo da água também usam o mesmo truque de manter uma camada de ar presa entre seus densos pelos para respirar.

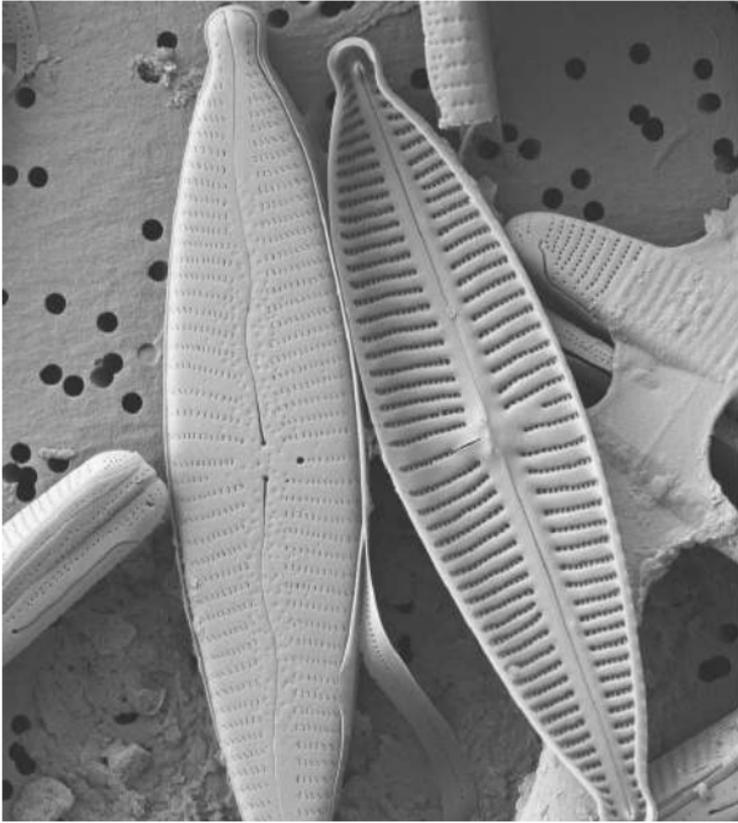


Figura 17. Algas diatomáceas vista através de um microscópio (Créditos: Fabiane Almeida).

Apesar de inibir o crescimento das árvores, a lâmina de água que cobre o chão da floresta em períodos chuvosos é muito produtiva para os organismos aquáticos, pois favorece a decomposição do material vegetal que cai da floresta, e o crescimento de algas em troncos e folhas submersos. Neste período, muitas espécies aproveitam para se alimentar e reproduzir na água rasa. A chave deste processo é um fenômeno conhecido como fluxo laminar que normalmente só ocorre em locais rasos. Durante esse processo, a água tende a fluir apenas em uma direção e de maneira suave. Esse fluxo tende a ser transparente e com pouco material em suspensão (argila, areia ou restos de vegetação). A transparência e a pouca profundidade permitem que a luz solar chegue até o fundo e seja aproveitada por organismos microscópicos, conhecidos como algas diatomáceas. Muitas vezes essas algas são formadas por apenas uma célula, e são cobertas por carapaças de sílica, que lhe confere lindas formas, visíveis apenas através de um microscópio.



Figura 18. Sapo em período reprodutivo próximo a uma poça durante o período chuvoso.

Muitas poças são formadas no chão da floresta durante o período chuvoso e servem de abrigo e local de reprodução para muitas espécies. Se a poça for isolada, ou seja, distante dos igarapés, muitos peixes não conseguem acessá-la, fazendo com que algumas espécies de sapos as aproveitem para criarem os girinos. Existe uma hierarquia na chegada dos sapos nessas poças. Primeiro chegam as rãs que fazem ninhos de espuma e esperam a água chegar. Depois, quando as poças estão cheias, chegam as espécies de sapos que depositam muitos ovos pequenos. Uma parte dos ovos destas espécies podem virar alimento para os girinos das rãs. Como nas poças existem muitas bactérias e algas que servem de alimento para os estágios larvais destas espécies, as fêmeas não precisam abastecer os ovos com muitos nutrientes, e como as poças são ricas em alimentos, as larvas se desenvolvem e atingem o estágio juvenil rapidamente. Mas essa não é única estratégia desenvolvida pelos sapos! Existem aquelas que depositam poucos ovos e utilizam pe-



Figura 19. Larva de libélula, um dos predadores que podem ser encontrados nas poças.

quenas poças formadas nos troncos das árvores ou nas bases das folhas de sororocas; já outras espécies põem os seus ovos no alto e enrolados em folhas ou em uma massa gelatinosa, que irão cair na água somente depois que os ovos já se transformaram em girinos e são capazes de nadar. Algumas espécies tem girinos muito coloridos que servem pra indicar aos peixes predadores que são pouco saborosos ou venenosos. Depois de adultos, os sapos geralmente comem insetos e outros invertebrados para obter energia e produzirem novos ovos.

O uso dessas poças não são exclusividades de rãs e sapos, elas também são utilizadas pelas fêmeas de muitas espécies de carapanãs que procuram sangue para sustentar a enorme quantidade de ovos que elas depositam nas poças. Como nós somos a banca de sangue predileta para elas, os carapanãs são um tormento no começo da enchente quando muitas poças isoladas se formam.

Outros organismos que se aproveitam das poças são as libélulas. Os adultos coloridos são os que geralmente chamam mais a nossa atenção, mas são suas larvas, geralmente



Figura 20. Espécie de peixe da família Rivulidae que pode se deslocar no chão da floresta.

de cor cinza e que parecem um pedaço de folha morta embaixo da água, que mais afetam a dinâmica nas poças. Geralmente, elas estão entre os primeiros predadores que chegam nas poças isoladas e se alimentam das larvas de carapanãs, podendo até eliminá-las por completo.

Quando quase toda a floresta está inundada, as larvas dos insetos e girinos dos sapos atraem um número enorme de predadores aquáticos maiores, e aparecem caranguejos, camarões, peixes e outras espécies aquáticas. Os caranguejos estavam lá o tempo inteiro, mas eles ficam escondidos em tocas subterrâneas quando o nível da água está baixo.

A floresta na seca

As condições de relevo e clima do interflúvio Purus-Madeira também fazem com que muitos igarapés sequem totalmente durante o período com pouca chuva, restando muitas vezes



Figura 21. Mussum.

algumas poças enlameçadas em trechos mais fundos do canal. Alguns peixes têm ovos resistentes ou outras adaptações que lhes permitem sobreviver na lama quando não há mais fluxo de água. Por exemplo, os muçuns têm uma cavidade que cobre as brânquias com uma única saída pequena, que pode funcionar como um pulmão quando não tem água disponível. Já os peixes da família Rivulidae são capazes de cruzar grandes distâncias sem água, e se deslocam no chão da floresta pulando como se fossem grilos. Outras espécies migram para igarapés maiores e permanentes a medida que os menores vão secando, retornando para os igarapés recém-inundados quando o nível da água voltar a subir. No entanto, sabemos muito pouco sobre a biologia da maioria das espécies e como elas sobrevivem e se relacionam num ambiente que hora é aquático e outra é terrestre.



Figura 22. Ovos do Jacaré-coroa próximo a um cupinzeiro.

A floresta e suas relações que pareciam improváveis: bactérias, cupins e jacarés

A única espécie de jacaré comum na floresta do interflúvio é o jacaré-coroa (*Paleosuchus trigonatus*). O Jacarepaguá (*Paleosuchus palpebrosus*) ocorre principalmente nos lagos feitos durante a construção da BR-319, e o jacaretinga (*Caiman crocodilus*) e o jacaré-açu (*Melanosuchus niger*) ocorrem perto dos rios grandes. Em geral, espécies de jacarés e outros crocodylianos não ocorrem em pequenos igarapés de uma floresta contínua, porque precisam do sol para esquentar seus ninhos. O sexo dos jacarés depende da temperatura da incubação dos ovos, e se os ninhos não atingirem temperaturas suficientemente altas, serão produzidas somente fêmeas. Estudos realizados com o jacaré-coroa em outras regiões indicam que esta espécie pode reproduzir na floresta porque constrói muitos dos seus ninhos ao lado de cupinzeiros, e o calor gerado pelos cupins aquece os ovos até temperaturas que produzem machos. Já os cupins de-

pendem das bactérias dos seus intestinos para poder digerir a madeira da qual se alimentam, e o calor resultante desse processo de digestão faz com os seus corpos esquentem e mantêm a temperatura de incubação dos ovos dos jacarés adequada para a produção de ambos os sexos.

Você já imaginou alguma vez que o sexo de uma espécie de jacaré poderia depender de cupins e bactérias? Se você respondeu “não”, provavelmente você faz parte da grande maioria das pessoas. Mas agora que você sabe a resposta, é também possível imaginar a quantidade de relações que existem dentro da floresta e ainda não conseguimos entender ou perceber. Ainda não sabemos quantos elos de interdependência na floresta podem ser removidos até o sistema entrar em colapso, mas sabemos que quase nada sobra depois que a floresta está derrubada e queimada. Quando tornamos um dos sistemas mais rico em espécies e soluções do planeta em um verdadeiro deserto biológico, muitas possíveis respostas para os nossos problemas do dia-a-dia podem ser perdidas.

A BR-319 e o interflúvio Purus-Madeira: lições da estrada

Os rios voadores e disponibilidade de sal na Amazônia

A BR-319 é localizada em uma ampla extensão da Amazônia central, o que providência uma oportunidade de entender melhor a relação entre o clima e a floresta. Por exemplo, sais são elementos químicos, e o mais comum na nossa dieta é o sódio, que é essencial para o crescimento e desenvolvimento da maioria dos animais. Os processos fisiológicos dos animais dependem muito desse elemento, mas para alguns animais que só comem plantas, encontrar sódio na dieta não é uma tarefa fácil. Para os animais que vivem próximo do mar, isto não é um grande problema porque os ventos sempre estão trazendo este sal para a terra, que chega através

da chuva. Mas para os animais que vivem longe do mar, a situação é diferente.

Para entender a falta de sódio na maior parte da Amazônia nós precisamos primeiro falar sobre um famoso fenômeno climático conhecido como “rios voadores”. Eles se formam quando as áreas de floresta que estão mais perto do mar recebem a grande umidade que vem do Oceano Atlântico e a devolve para a atmosfera em forma de nuvens. Essas nuvens são empurradas na direção dos Andes, formando um verdadeiro corredor de umidade e de vapor d’água, que a floresta absorve e devolve para atmosfera em forma de nuvens.

Sem este serviço, a Amazônia que vemos atualmente seria parecido com um deserto. Os rios voadores não somente providenciam água para o oeste da Amazônia; quando as nuvens encontram os Andes, elas são desviadas para as áreas agrícolas mais produtivas do Brasil. Se os rios voadores



Figura 23. Nuvens carregadas de chuva ao longo da BR-319.

fossem interrompidos pelo desmatamento, o efeito na economia do país seria devastador.

Os pesquisadores descobriram os rios voadores através de análises químicas complexas, mas nós podemos perceber facilmente os efeitos deles em uma viagem ao longo da BR-319. Na região leste, perto de Manaus, o sódio do mar trazido pelas chuvas ainda não é muito escasso. No entanto, seguindo viagem mais para o oeste, é possível perceber que há menos deste sal disponível. Um indicativo disso é a enorme quantidade de abelhas e outros insetos que são atraídos pelo suor das pessoas e, muitas vezes, atrapalham o trabalho dentro da mata. Como pessoas comem muito sal, seu suor é uma grande fonte alternativa do sódio para esses insetos. Essa fome insaciável pelo sal dos nossos corpos pode ser uma indicação de quanto a água da chuva foi reciclada pela floresta para cair onde nós estamos.



Figura 24. Mariposa se alimentando do suor de uma pessoa.

As chuvas e a estrada

Na época da chuva, bilhões de litros de água passam sobre a chão da floresta, mas como o fluxo de água é laminar, passa apenas em cima das raízes e não derruba as árvores, que são muito mais ameaçadas pelos ventos fortes neste período. Isso nos leva a uma pergunta, por que essa mesma água é tão prejudicial quando vai para a estrada? A resposta é simples: os engenheiros não se preocuparam em manter o fluxo laminar como acontece naturalmente dentro da floresta.

O Brasil tem leis muito boas voltadas a proteção do meio ambiente, o conhecido “Código Florestal”. Um dos pilares desse código, é o conceito de Áreas de Proteção Permanente, as APPs; que restringe construções em áreas ambientalmente sensíveis. Por exemplo, é proibido a construção de casas em áreas íngremes, mas todos os anos, no período chuvoso, acompanhamos centenas de mortes que aconte-



Figura 25. Áreas em volta de igarapé que são considerada uma APP, Áreas de Proteção Permanente.

cem por causa de deslizamento da terra no Brasil. É previsível que esse número aumentará ano após ano com as mudanças climáticas. Este é um problema social de difícil solução, mas que poderia ser atenuado se os governos não ignorassem as diretrizes sobre APPs e permitissem essas tragédias.

As margens em volta de rios e igarapés também são consideradas APPs, e a interferência nelas deve ser sempre minimizada. A largura de uma APP em volta de um rio ou igarapé depende do seu tamanho, mas sempre deve ser maior que a largura do canal principal. Os engenheiros que participaram do desenvolvimento do código florestal decidiram o tamanho destas larguras com o objetivo de maximizar o fluxo laminar. Assim, durante as enchentes, a maior parte da água não correria direta para o canal principal de um igarapé ou rio de forma turbulenta e destrutiva, mas iria fluir de maneira laminar nas áreas protegidas em volta do canal, similar ao que acontece naturalmente. Desse modo, a maneira mais efetiva de manter o fluxo da água quando uma estrada precisa atravessar um desses corpos d'água, é construir uma ponte que passe por cima do canal principal e da largura estabelecida para a APP.

Infelizmente, existe uma brecha na legislação que permite interferências não previstas pelo código florestal nas APPs, quando o assunto é considerado como "de interesse público". Esta brecha é necessária, caso contrário não seria possível sequer construir pontes dentro de APPs. No entanto, os engenheiros geralmente aproveitam desta brecha para desrespeitar totalmente a área que deveria ser preservada. Por exemplo, construtores de estradas frequentemente usam terraplenagem e enterram a APP, e quando o curso de água é pequeno, muitas vezes enterram este também, somente deixando a água correr através de bueiros. Quando o curso de água é maior, constroem pontes somente sobre o canal principal, bloqueando o fluxo laminar na APP.

Este não é um problema único do interflúvio Purus-Madeira! Frequentemente vemos reportagens nos noticiários sobre a caída de pontes em todo território nacional. Algumas vezes, a ponte é derrubada porque a rampa de acesso que bloqueia a APP direciona toda a água da enchente para os pilares que a sustenta, a turbulência da água vai cavando em volta deles e os tomba. Muitas vezes, nem é a ponte que cai,

mas as rampas de acesso que estavam bloqueando o fluxo de água. De qualquer forma, a falta de respeito ao código florestal gera prejuízos econômicos altos para a sociedade, e muitas vezes pessoas perdem suas vidas! Tudo por causa do “interesse público” que permitem essas brechas na lei. Afinal, quem é o “público” de interesse nesses casos? Geralmente, as empresas de terraplenagem que são pagas para recuperar a estrada até a próximo enchente.

A situação é muito mais complicada no interflúvio Purus-Madeira, onde está localizada a BR-319, pois o escoamento superficial é muito maior que em áreas menos planas e chuvosas. A estrada funciona como uma represa enorme, segurando a água nas margens sobre dezenas de quilômetros. Mesmo que a água não derrube a estrada diretamente, ela infiltra no solo argiloso. Quando um grão de argila absorve água, ele aumenta muito em tamanho. A pressão por causa do inchaço de um grão é irrisória, mas a força dos bilhões



Figura 26. Ponte caída e vidas perdidas devido a falta de respeito ao código florestal e manutenção das Áreas de Preservação Permanente (APP).

de grãos de argila que fazem parte da estrada é assustadora. O processo de encolher na época da seca e expandir quando a água represada infiltra pode até rachar a estrada em dois pedaços, como se um gigante tivesse passado uma faca no meio dela. Fotografias das rachaduras na BR-319 são muito semelhantes daquelas cenas vistas em filmes sobre terremotos.

Qual a solução? A floresta indica que a melhor solução é de ficar suspenso sobre o solo, não represar a água e não bloquear o fluxo laminar. Talvez a solução mais econômica neste sentido seria construir uma ferrovia com trilhas suspensas acima do chão, como sugerido pelo famoso ecólogo Phillip Fearnside no século passado. Para recuperar a rodovia que já existe sem prejuízos constantes, será necessário modernizar a engenharia usada atualmente, construindo pontes sobre todos os igarapés, rios e suas APPs; e usando estradas suspensas, que são nada mais que pontes de pouca altura, sobre todas as áreas sujeitas ao periódico alagamento e escoamento superficial.

A floresta convive com estas condições há milhares de anos. Aprendendo suas lições, nós poderíamos fazer construções melhores que a terraplenagem, que dura poucos anos e traz um prejuízo constante para os cofres públicos.

Quem somos?

Somos uma pequena parcela dos pesquisadores que tem realizado estudos ao longo da BR-319 no interflúvio Purus-Madeira. Em comum, temos o interesse de compreender os mecanismos que sustentam a maior biodiversidade do planeta.

As informações contidas nesse livro, são partes dos resultados das dezenas de pesquisas que foram realizadas no passado por vários cientistas e estudantes de pós-graduação, e apoiadas por diferentes projetos, incluindo os seguintes:

- Programa de Pesquisa em Biodiversidade na Amazônia ocidental (PPBio-AmOc);
- INCT Centro de Estudos Integrados da Biodiversidade Amazônica (INCT – CENBAM);
- Planejamento de levantamento da biodiversidade e monitoramento de processos ecossistêmicos para inclusão científica de comunidades rurais ao longo da BR-319 no Estado do Amazonas (PRONEX/FAPEAM/CNPq - 16/2006, cedido a William Magnusson);
- Fatores ecológicos e históricos na evolução da biota Amazônica: variação molecular e fenotípica de espécies e comunidades biológicas na Amazônia ocidental (FAPEAM/CNPq - 003/2009, cedido a Albertina P. Lima).

Atualmente, os estudos realizados ao longo da BR-319 e no interflúvio Purus-Madeira tem sido apoiado pelos seguintes projetos:

- Identificação dos impactos ambientais da rodovia BR-319 sobre a fauna na região sudoeste do Amazonas: uma abordagem integrativa para compreender padrões multi-taxa (FAPEAM/PROFIX-RH - 009/2021 - 01.02.016301.00407/2022-94, cedido a Sergio Santorelli Junior)

O principal objetivo desse projeto é identificar se diferentes grupos biológicos interagem entre si e com o ambiente, e como isso acontece. Integrar essas informações permitirá identificar variáveis críticas, gerar hipóteses que anterior-

mente não eram conhecidas, e estimar os possíveis impactos da estrada BR-319 na fauna da região. Preencher esse lacuna de conhecimento numa escala local poderá providenciar subsídios para políticas públicas nacionais, como já tem acontecido com outros estudos de ecologia de ecossistemas.

- Programa de Pesquisas Ecológicas de Longa Duração no Sudoeste do Amazonas, cedido a William Magnusson; financiado pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas (Chamada pública N 021/2020 – PELD Sudoeste do Amazonas | Termo de outorga: 247/2022)

Um dos principais objetivos do PELD-PSAM é entender os processos ecossistêmicos, interações biológicas, e impactos humanos sobre a biodiversidade na região do sudoeste do Amazonas. Porém, para realizar esse objetivo, o PELD-PSAM precisou consolidar e recuperar infraestrutura de campo (parcelas e trilhas de amostragem usados no sistema RAPELD) inicialmente instaladas em 2006. Com isso, os estudos na região foram reiniciados e diversos grupos biológicos que foram amostrados nos últimos 10 anos estão sendo re-amostrados, o que permitirá no futuro avaliar o efeito da rodovia BR-319 nas espécies que ali vivem.



ISBN: 978-65-00-82422-3

