



ANUÁRIO 2021

Principais resultados de 33 estudos do grupo de pesquisa TREES

Laboratório de Ecossistemas Tropicais e Ciências Ambientais

TREES
TRopical Ecosystems and
Environmental Sciences lab



Sumário

04

Carta dos líderes
aos leitores

05

Guia de leitura
dos artigos

07

Balanco do nosso
trabalho

08

Artigos: Dinâmica
de ecossistemas

19

Artigos:
Desmatamento e
degradação

30

Artigos:
Dinâmica do fogo

59

Artigos: Emissões
de carbono

66

Artigos: Extremos
climáticos

71

Artigos:
Inteligência
artificial

80

Equipe de
pesquisadores

85

Expediente/
Contato





TREES

Laboratório de Ecossistemas Tropicais e Ciências Ambientais

Desde 2009, o laboratório TREES (do inglês *Tropical Ecosystems and Environmental Sciences*) se dedica ao estudo dos impactos das mudanças ambientais nos ecossistemas tropicais. O TREES é um laboratório da Divisão de Observação da Terra e Geoinformática, da Coordenação-Geral de Ciências da Terra, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). O laboratório TREES combina pesquisas de campo com análise de imagens de satélites e uma infinidade de instrumentos, tecnologias, técnicas e abordagens multidisciplinares com o objetivo de fornecer à comunidade científica e à sociedade uma visão cada vez mais exata do que está acontecendo em nossos ecossistemas naturais. O grupo de pesquisa, liderado pelo Dr. Luiz Aragão (INPE) e pela Dra. Liana Anderson (Cemaden), é formado por cientistas, mestrandos, doutorandos, pós-doutorandos e assistentes de pesquisa, cuja formação abrange as áreas de biologia, física, geografia, geociências, computação, ciências ambientais, engenharia florestal, engenharia ambiental, processamento de dados e geoprocessamento.

<http://www.treeslab.org/>

CARTA AOS LEITORES

Por séculos, a humanidade vem explorando e eliminando os ambientes naturais, causando alterações drásticas na superfície da Terra. As emissões de gases de efeito estufa, aceleradas desde a revolução industrial no século 18, continuam se intensificando. Essa pressão da atividade humana sobre a Terra vem contribuindo com as mudanças dos padrões climáticos do planeta, que já registra um aumento vertiginoso da temperatura global e uma maior variabilidade nos padrões de chuva, por exemplo.

É urgente restabelecer a estabilidade dos sistemas naturais e climáticos. Não basta, para isto, conservar os recursos naturais. É fundamental encontrar caminhos para garantir a estabilidade econômica, ambiental e social da qual dependem a segurança alimentar, hídrica e energética para as futuras gerações. O desenvolvimento sustentável é provavelmente um dos maiores desafios do século 21. As tecnologias avançadas que criamos não serão suficientes sem que toda a sociedade entenda o problema e atue, no seu dia a dia e dentro de suas possibilidades, para resolvê-lo.

É aí que entra o papel da ciência e da divulgação científica. A solução para esse problema urgente requer ampla disseminação da informação científica e democratização do conhecimento sobre o que estamos fazendo com o planeta e como podemos reverter esses danos. Para isso, idealizamos o anuário do laboratório TREES, que traduz para uma linguagem de fácil compreensão, para o público em geral, o conteúdo dos artigos científicos e informações científicas que produzimos.

Nesta primeira edição do anuário, apresentamos o trabalho dos últimos três anos na forma de fichas e inovamos com a aplicação de selos que sinalizam quais as principais contribuições de cada estudo para a ciência e a sociedade. Além de inspirar outros grupos de pesquisa, esperamos que este material desperte o interesse dos setores público e privado e possa orientar discussões de alto nível sobre o valor da ciência avançada, aliada a uma visão integrativa e estratégica, para auxiliar o desenvolvimento planetário de forma ambiental e socialmente justa, embasada no estado da arte do conhecimento científico.



Luiz Aragão
Pesquisador do
Instituto Nacional
de Pesquisas
Espaciais (INPE)

**"A solução dos
problemas ambientais
requer ampla
disseminação da
informação científica e
a democratização do
conhecimento sobre o
que estamos fazendo
com o planeta e como
reverter esses danos."**



Liana Anderson
Pesquisadora do Centro de
Monitoramento e Alerta
de Desastres Naturais
(Cemaden)

Como fichamos os artigos

Para cada pesquisa que realizamos nos últimos anos, preparamos um resumo na forma de ficha. Cada ficha ocupa duas páginas. Elas são compostas por seis blocos de texto e sete selos, que representam as principais contribuições do estudo para a ciência e a sociedade. Veja a seguir como ler cada componente da ficha.

Status do estudo Área do conhecimento



ARTIGO PUBLICADO

Dinâmica de Ecossistemas

MORTALIDADE DE ÁRVORES
SENSORIAIMENTO
REMOTO, LIDAR,
CLAREIRAS

Palavras-chave

Título:

Criamos um título diferente do usado no artigo original para traduzir o achado central do estudo para uma linguagem acessível.

Nova tecnologia de mapeamento tridimensional auxilia no estudo dos efeitos do clima e da degradação na estrutura da floresta amazônica

Ricardo Dalagnol

Nome do autor do estudo

Uma clareira é um "buraco" ou falha no dossel da floresta, definida por uma altura mínima



Um exemplo de clareira

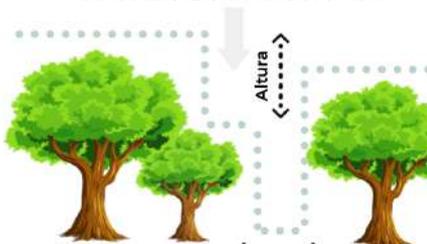


Foto ilustrativa:

Uma imagem que representa o problema, a solução ou a descoberta do estudo.

Legenda da imagem

Ilustração — Foto: Banco de Imagens

Problema:



Observações de campo em algumas centenas de sítios de floresta na Amazônia permitem inferir que a mortalidade de árvores aumentou na última década, sob influência da maior variabilidade climática.

Os ciclos de vida das árvores estão mais curtos: elas crescem e morrem mais rápido. Há evidências crescentes de que a mortalidade de árvores é um indicador-chave de como as florestas amazônicas armazenam e sequestram carbono no tronco das árvores.

Já se sabia que distúrbios muito frequentes em áreas menores que 5 hectares matam mais árvores do que eventos episódicos em áreas maiores que 5 hectares. Faltava, contudo, monitorar a mortalidade de árvores em grande escala, medir com precisão o chamado "balanço de carbono" da floresta tropical e avaliar os efeitos das mudanças climáticas quando árvores morrem em áreas menores que 1 hectare (10 mil metros quadrados).

09

Númeração da Página



Recorte do problema



Inovação metodológica



Vanguarda tecnológica



Campo em expansão



Resultado inédito



Conclusão surpreendente



Incidência política

Os sete selos:

No conjunto da obra, o valor de toda a pesquisa do TREES pode ser traduzido em sete tipos de contribuição para a ciência e para a sociedade. Mas essa contribuição não é uniforme de um estudo para outro. Para o leitor identificar facilmente quais estudos contribuem mais em quais aspectos, aplicamos os selos correspondentes em cada ficha, na forma de "ícones destacados", mantendo "apagados" aqueles que não se aplicam.



RECORTE DO PROBLEMA

Indica que o olhar do pesquisador ou grupo de pesquisa foi especialmente novo e perspicaz na identificação do foco do problema que precisava ser resolvido com a ajuda do estudo.



VANGUARDA TECNOLÓGICA

Indica que o TREES utilizou o ferramental mais avançado no campo de pesquisa em questão para obter as respostas ou resultados alçados.



RESULTADO INÉDITO

Indica que as respostas alcançadas nunca haviam sido alcançadas antes, por qualquer outra pesquisa dentro do mesmo campo.



INCIDÊNCIA POLÍTICA

Indica que a descoberta tem potencial de aplicação prática imediata e futura na realidade, em especial no aprimoramento de políticas públicas de preservação e proteção socioambiental.



INOVAÇÃO METODOLÓGICA

Indica que o caminho de pesquisa escolhido foi especialmente inovador, em relação aos estudos realizados anteriormente sobre o mesmo problema.



CAMPO EM EXPANSÃO

Indica que o estudo se insere em uma área de pesquisa que está atraindo interesse crescente e tende a receber mais recursos para alcançar mais resultados, mais rapidamente.



CONCLUSÃO SURPREENDENTE

Indica que a descoberta possibilita um novo olhar sobre o problema e abre novas perspectivas para o campo de pesquisa e/ou para sua aplicação.

Nova metodologia revela que clareiras na floresta Amazônica estão ligadas a maior degradação e morte de árvores



Objetivo

Objetivo:
Descreve a(s) pergunta(s) que os pesquisadores esperam responder ou o resultado a que pretendem chegar a partir da metodologia escolhida.

Estresse hídrico, seca, tipo de solo, fertilidade, distúrbios do vento, alagamento, raios, abundância de cipós, sombreamento e efeitos da ação humana, tais como degradação florestal, fragmentação e efeitos de borda, costumam ser os fatores que afetam as taxas de mortalidade de árvores. Eles levam a mecanismos fisiológicos de privação de carbono e falha hidráulica, interações com agentes bióticos e modificações na estrutura da planta, que provocam a quebra do caule.

Partindo dessas premissas, queríamos entender **qual o impacto da existência de clareiras** sobre o estresse hídrico, a fertilidade do solo e a degradação da vegetação.



Metodologia

Metodologia:
Descreve resumidamente o que e como os pesquisadores fizeram a fim de obter as respostas ou o resultado que perseguiram.

Apostamos no LIDAR (do inglês *Light Detection And Ranging*), uma tecnologia óptica de detecção remota que mede propriedades da luz refletida para calcular distâncias e outros dados sobre um objeto distante. Tínhamos acesso a um LIDAR por meio de um projeto do INPE chamado de EBA (Estimativa de Biomassa da Amazônia).

Assim, durante o ano de 2016 um avião sobrevoou mais de 600 florestas diferentes em toda a Amazônia brasileira, cobrindo mais de 2.300 km². No laboratório, relacionamos as clareiras mapeadas com indicadores ambientais e climáticos.



Descoberta

Descoberta:
Descreve as principais respostas ou o resultado que os pesquisadores alcançaram depois de colocar a metodologia escolhida em prática.

As regiões Sul e Sudeste da Amazônia já eram conhecidas por apresentarem maiores taxas de mortalidade de árvores, medidas em campo. Neste estudo, descobrimos uma quantidade de 20% a 35% maior de clareiras nessa região na comparação com as demais áreas, principalmente no Pará, Mato Grosso, Acre e Rondônia. E vimos que, **quando há mais clareiras, há maior impacto** no estresse hídrico, na fertilidade do solo e na degradação da vegetação.

Esse tipo de levantamento permite uma visão muito precisa da estrutura tridimensional da floresta. Podemos enxergar cada árvore ou clareira, avaliar áreas com maiores ou menores concentrações de clareiras em uma determinada data e também como isso varia ao longo do tempo.



Presente

Constatamos que o LIDAR é uma ferramenta que fornece oportunidades importantes para monitorar a dinâmica de lacunas florestais, ou clareiras, em grande escala e a mortalidade de árvores na Amazônia.

Presente:
Descreve como a descoberta alcançada pode ser aplicada imediatamente.



Futuro

Para a continuidade deste estudo, o próximo passo é mapear também as árvores mortas em pé, que não foram examinadas neste levantamento. Dessa forma, teremos uma visão mais completa da mortalidade de árvores na Amazônia.

Futuro:
Sugere novos estudos e/ou novas formas de aplicar a descoberta alcançada para resolver o problema descrito no início.



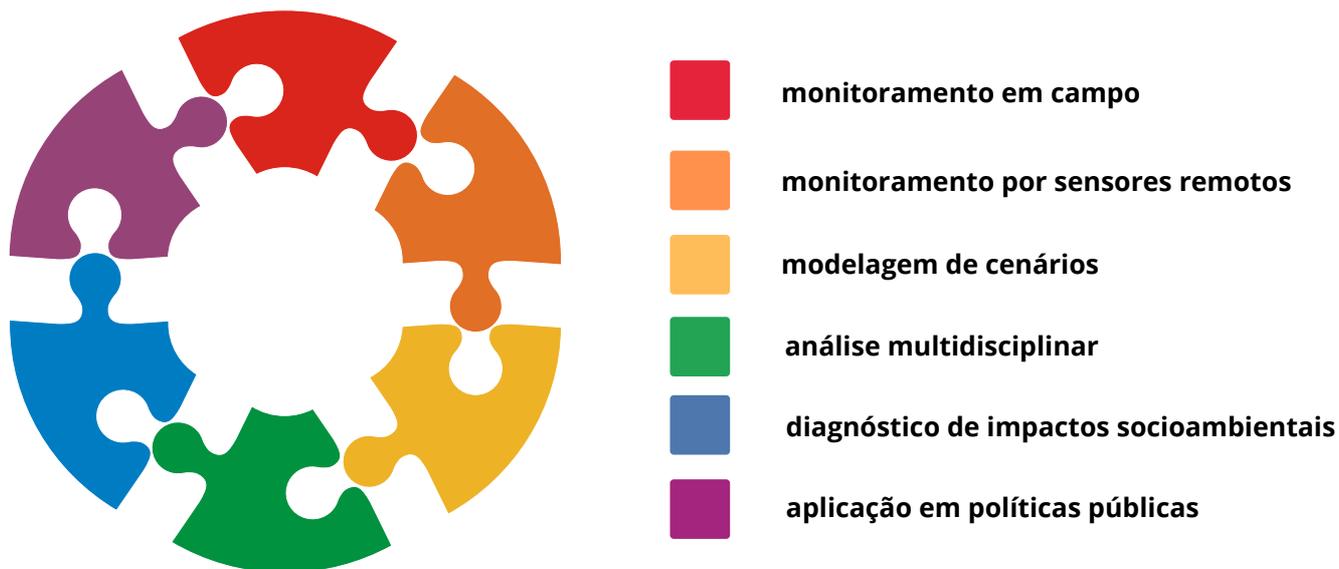
10 Leia o artigo na íntegra: <https://www.nature.com/articles/s41598-020-80809-w>

Link do artigo publicado

Balanço do nosso trabalho

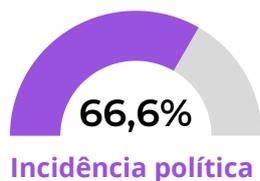
COMPLEMENTARIDADE DOS ESTUDOS

A multidisciplinaridade das abordagens de nossos estudos nos permite construir, peça por peça, uma visão abrangente do problema que estamos investigando e dos múltiplos caminhos pelos quais precisamos avançar para solucioná-los. Assim, pretendemos contribuir para que a produção científica, os processos decisórios e as ações de todos os setores da sociedade confluem na mesma direção de transformação para um futuro mais sustentável.



PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES

A maioria dos 33 trabalhos incluídos neste anuário recebeu ao menos 3 de 7 selos. A inovação científica é uma marca forte do grupo, sendo que 82% (27) dos trabalhos estão inseridos em um campo de pesquisa em expansão; 67% (22) trazem resultados com potencial de incidência política; 61% (20) apresentam resultados inéditos; 48% (16) inovaram na metodologia; 33% (11) utilizaram tecnologias de vanguarda; 7 apresentaram perspicácia no recorte do problema e 21% (7) trouxeram uma conclusão surpreendente. Abaixo, representamos graficamente os totais relativos de cada tipo de contribuição do TREES no último ano.





Dinâmica de ecossistemas

Os estudos deste capítulo tratam das interações entre os organismos vivos e o meio em que vivem. Utilizamos o termo “dinâmica” porque essas interações variam no espaço e no tempo. Múltiplas variáveis, entre elas a chuva, se distribuem e se modificam nessas dimensões, impactando as florestas, a agricultura, os cursos d’água e a própria população. Esta área da ciência é crucial para o desenvolvimento sustentável, uma vez que visa manter as interações vitais e produzir dados que permitam prever o futuro funcionamento dos ecossistemas em novos cenários climáticos e em função das ações humanas.



Vista do ecossistema da Amazônia— Foto: Teule Lemos

09 Nova tecnologia de mapeamento tridimensional auxilia no estudo dos efeitos do clima e da degradação na estrutura da floresta amazônica

11 O que acontece quando nossas florestas tropicais úmidas queimam após um evento de seca extrema?

13 Mudanças nos padrões de uso da terra e queimadas alteram as características da vegetação do Cerrado

15 Como estimar o estoque de carbono em florestas que renascem em áreas desmatadas a partir de imagens geradas por radar

17 Ritmo do crescimento de novas florestas em áreas desmatadas varia conforme o clima e as ações humanas



ARTIGO PUBLICADO

Dinâmica de Ecossistemas

MORTALIDADE DE
ÁRVORES,
SENSORIAMENTO
REMOTO, LIDAR,
CLAREIRAS

Nova tecnologia de mapeamento tridimensional auxilia no estudo dos efeitos do clima e da degradação na estrutura da floresta amazônica

Ricardo Dalagnol

Uma clareira é um "buraco" ou falha no dossel da floresta, definida por uma altura mínima



Um exemplo de clareira

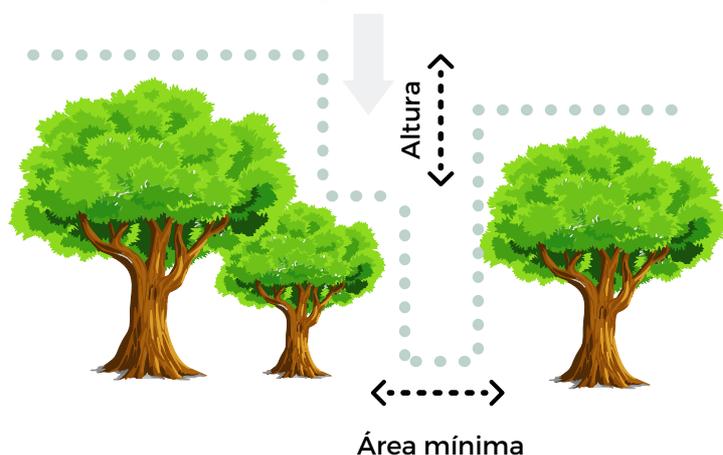


Ilustração de identificação de clareira. Foto: Ricardo Dalagnol e Easy Telling

! Problema

Observações de campo em algumas centenas de sítios de floresta na Amazônia permitem inferir que a mortalidade de árvores aumentou na última década, sob influência da maior variabilidade climática.

Os ciclos de vida das árvores estão mais curtos: elas crescem e morrem mais rápido. Há evidências crescentes de que a mortalidade de árvores é um indicador-chave de como as florestas amazônicas armazenam e sequestram carbono no tronco das árvores.

Já se sabia que distúrbios muito frequentes em áreas menores que 5 hectares matam mais árvores do que eventos episódicos em áreas maiores que 5 hectares. Faltava, contudo, monitorar a mortalidade de árvores em grande escala, medir com precisão o chamado "balanço de carbono" da floresta tropical (saldo líquido de carbono) e avaliar os efeitos das mudanças climáticas quando árvores morrem em áreas menores que 1 hectare (10 mil metros quadrados).



Recorte do problema



Inovação metodológica



Vanguarda tecnológica



Campo em expansão



Resultado inédito



Conclusão surpreendente



Incidência política

Objetivo

Estresse hídrico, seca, tipo e fertilidade do solo, vento, alagamento, raios, abundância de cipós, sombreamento e efeitos da ação humana, tais como degradação florestal, fragmentação e efeitos de borda, costumam ser os fatores que afetam as taxas de mortalidade de árvores. Estes fatores comprometem mecanismos fisiológicos que podem levar à morte da árvore pela redução de disponibilidade de luz, de nutrientes ou hídrica. As interações entre agentes biológicos, ambientais e humanos provocam modificações na estrutura da floresta ao criar clareiras na floresta em decorrência da mortalidade das árvores.

Partindo dessas premissas, pretendemos consolidar uma nova metodologia para entender como o estresse hídrico, a fertilidade do solo e a degradação da vegetação impactam a distribuição das clareiras na Amazônia.

Metodologia

Elegemos o LiDAR (do inglês *Light Detection And Ranging*), uma tecnologia óptica de detecção remota que mede propriedades da luz refletida para calcular distâncias, entre outros dados, de um objeto distante. Tivemos acesso aos dados de LiDAR por meio de um projeto do INPE chamado de EBA (Estimativa de Biomassa da Amazônia).

Assim, durante o ano de 2016 um avião sobrevoou mais de 600 áreas de florestas em diferentes locais da Amazônia brasileira, cobrindo mais de 2.300 km². No laboratório, usamos dados do LiDAR para mapear as clareiras e as relacionamos com indicadores ambientais e climáticos.

Descoberta

As regiões sul e sudeste da Amazônia já eram conhecidas por apresentarem maiores taxas de mortalidade de árvores, medidas em campo. Neste estudo, descobrimos uma quantidade de 20% a 35% maior de clareiras nessa região em comparação com as demais áreas, principalmente no Pará, Mato Grosso, Acre e Rondônia. Observamos que, quanto maior o estresse hídrico, maior a fertilidade do solo ou maior a degradação da vegetação, maior o número de clareiras detectadas.

Esse tipo de levantamento permite uma visão muito precisa da estrutura tridimensional da floresta. Podemos enxergar cada árvore ou clareira, avaliar áreas com maiores ou menores concentrações de clareiras em uma determinada data e também como isso varia ao longo do tempo.



Presente

Constatamos que o LiDAR é uma ferramenta que fornece oportunidades importantes para monitorar a dinâmica da estrutura da floresta, em especial o surgimento de clareiras causadas pela mortalidade de árvores na Amazônia, e entender sua relação com seu balanço de carbono e as mudanças climáticas.



Futuro

Esta pesquisa indica a necessidade de intensificação do uso de sensores LIDAR para uma compreensão contínua e de larga escala da dinâmica de processos florestais que influenciam diretamente sua capacidade de prover serviços ambientais e garantir a estabilidade climática do planeta.



ARTIGO PUBLICADO

Dinâmica de Ecossistemas

INCÊNDIO
FLORESTAL,
MORTALIDADE DE
ÁRVORES,
REGENERAÇÃO,
BALANÇO DE
CARBONO

O que acontece quando nossas florestas tropicais úmidas queimam após um evento de seca extrema?

Aline Pontes-Lopes



Incêndio de sub-bosque que ocorreu na área de estudo, em Autazes (AM). Foto: Aline Pontes-Lopes

! Problema

Sabemos que incêndios em florestas tropicais úmidas geram perda de biodiversidade e emissões de carbono. Sabemos também que as florestas úmidas, acostumadas com grandes volumes de chuva e estações secas curtas, são suscetíveis a grandes incêndios florestais apenas durante secas extremas e quando sob pressão da ação humana — por exemplo, por estarem próximas a desmatamentos e estradas.

Contudo, os impactos do fogo na dinâmica e estrutura de florestas em áreas mais úmidas da Amazônia ainda permanecem pouco estudados, mesmo diante do aumento da frequência de eventos de secas extremas e da degradação florestal induzida pela ação humana. Para entender e mostrar a magnitude desse problema para a sociedade e autoridades responsáveis, é necessário monitorar e acompanhar as mudanças na estrutura da floresta ao longo do tempo após um evento de incêndio florestal.



Recorte do problema



Inovação metodológica



Vanguarda tecnológica



Campo em expansão



Resultado inédito



Conclusão surpreendente



Incidência política

Objetivo

Entre 2015 e 2016 houve uma seca extrema na Amazônia Central, e incêndios florestais se espalharam na região. Buscamos entender como a estrutura dessas florestas tropicais úmidas foi impactada pelo fogo e quais tipos de árvores apresentaram maior chance de morrer ou sobreviver e crescer após o incêndio.

Metodologia

Após o El Niño de 2015/2016, realizamos inventários florestais contínuos para monitorar áreas queimadas e não queimadas no norte da região dos rios Purus e Madeira, ao sul de Manaus. Durante quatro anos, monitoramos o estoque de carbono florestal e as taxas de crescimento e mortalidade de cerca de 2.400 plantas (árvores, palmeiras e trepadeiras lenhosas). Também avaliamos como o crescimento e a mortalidade das árvores foram alterados pela intensidade do fogo, representada pela altura da marca do fogo na base do tronco das árvores, e por características morfológicas próprias de cada árvore (tamanho e densidade da madeira).

Descoberta

Verificamos que a floresta queimada perdeu 27% do número de plantas e 13% da biomassa (estoque de carbono florestal acima do solo), concentrada em árvores de pequeno e médio porte.

A mortalidade foi maior nas árvores que apresentaram marca do fogo mais alta em seus troncos, um indicativo de fogo de maior intensidade. Nos primeiros dois anos, a mortalidade de árvores impulsionou as perdas de biomassa e não encontramos sinais expressivos de crescimento e recrutamento de novas árvores para compensar o impacto causado pelo fogo. Ao contrário, a regeneração diminuiu no terceiro ano. Por outro lado, as árvores pioneiras de rápido crescimento, indivíduos mais altos e de menor densidade da madeira, cresceram mais que as outras.

Nossas descobertas sugerem que atualmente os impactos do fogo são mais fracos nas porções mais úmidas da Amazônia. Nessas áreas, árvores mais altas e de madeira mais densa, características de florestas mais preservadas, são mais resistentes ao fogo. No entanto, essa resistência ao fogo pode não ser suficiente diante de incêndios mais fortes oriundos das mudanças climáticas.



Presente

Estudos anteriores encontraram cerca de 50% de perda de carbono florestal pós-fogo nas atuais fronteiras de desmatamento na Amazônia. Apesar disto, ainda se crê que as florestas amazônicas úmidas não queimam. Nosso trabalho demonstra que elas são, sim, atingidas e sofrem danos severos.



Futuro

O monitoramento continuado das áreas queimadas nas próximas décadas será fundamental para sabermos até quando essas florestas continuarão perdendo carbono, quanto tempo levarão para recuperar seu estado original, como responderão ao clima e quais as implicações para os humanos. Esse trabalho requer investimento continuado.



ARTIGO PUBLICADO

Dinâmica de Ecossistemas

WOODY
ENCROACHMENT,
CERRADO,
BIODIVERSIDADE,
CICLO HÍDRICO

Mudanças nos padrões de uso da terra e queimadas alteram as características da vegetação do Cerrado

Thais Rosan



Exemplo de vegetação típica do Cerrado rupestre. Foto: Guilherme Mataveli

! Problema

Em algumas savanas tropicais como é o caso do Cerrado têm se observado o fenômeno do *woody encroachment*, ou adensamento lenhoso em áreas anteriormente dominadas por gramíneas. Trata-se de um rápido aumento da cobertura de plantas lenhosas, com consequente aumento de biomassa (acúmulo de carbono acima do solo), resultando na transição de um ecossistema aberto para um ecossistema com dossel mais fechado e similar ao de uma floresta. A princípio pode parecer benéfico pela remoção de carbono da atmosfera que ocorre no processo, mas entre as consequências negativas pode-se citar a perda expressiva da biodiversidade de espécies endêmicas (nativas e específicas da região), tais como gramíneas nativas e vegetação herbácea. Além disso, a vegetação mais densa aumenta a absorção da água e provoca mudanças no ciclo de distribuição das águas, que impactam a disponibilidade da água subterrânea que abastece os rios da região. Posto que o Cerrado brasileiro é a savana com maior biodiversidade do Planeta, é muito importante compreender as consequências e a extensão deste fenômeno a longo prazo.

13



Recorte do problema



Inovação metodológica



Vanguarda tecnológica



Campo em expansão



Resultado inédito



Conclusão surpreendente



Incidência política

Objetivo

Realizar o primeiro mapeamento das áreas no bioma Cerrado que apresentaram adensamento lenhoso entre 2001 e 2015, e avaliar a extensão e as consequências deste fenômeno.

Metodologia

Usamos imagens do sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), a bordo de satélites da NASA, para uma análise de tendência temporal de índices de vegetação. Os índices de vegetação são usados para ressaltar a cobertura vegetal que está realizando fotossíntese ativamente, bem como para estimar indiretamente a biomassa em cada imagem, sendo que plantas lenhosas possuem maior biomassa e conseqüentemente um índice de vegetação mais alto. Assim, quantificamos o adensamento lenhoso em todo o bioma Cerrado e em ambientes de transição entre ecossistemas vizinhos (ecótonos) pelo aumento dos valores do índice e associamos o fenômeno aos potenciais fatores locais, tais como o regime do uso do fogo e de uso da terra.

Descoberta

Verificamos que o fenômeno do adensamento lenhoso ocorreu em cerca de 19% da vegetação nativa no Cerrado nos 15 anos estudados. Em 7% desta área o adensamento foi observado posteriormente a eventos de degradação por fogo.

O fim ou a diminuição da frequência de queimadas naturais (34%) e o abandono do uso do solo (26%) foram potenciais fatores locais associados ao fenômeno. Quando o adensamento lenhoso foi decorrente de falta de manejo de queimadas, houve perda de biodiversidade e alteração do ciclo hidrológico.

Concluimos que a ação humana decorrente principalmente do uso do fogo tem um papel importante no adensamento lenhoso e na degradação da savana brasileira, que poderá levar a uma perda de biodiversidade de diversas espécies endêmicas.



Presente

O fenômeno expandiu-se no Cerrado principalmente pela falta de uma política pública efetiva de manejo de fogo, essencial para a manutenção do funcionamento e biodiversidade desse ecossistema. Os resultados deste estudo podem contribuir para orientar o desenvolvimento de políticas públicas efetivas.



Futuro

Ações de mitigação e prevenção de impactos ambientais diretos em áreas de produção agrícola e em áreas dependentes dos recursos hídricos oriundos do Cerrado, como o Nordeste do Brasil, devem considerar o fenômeno do adensamento lenhoso como fator de risco.



ARTIGO PUBLICADO

Dinâmica de Ecossistemas

BIOMASSA,
REMOÇÃO DE
CARBONO

Como estimar o estoque de carbono em florestas que renascem em áreas desmatadas a partir de imagens geradas por radar

Henrique Cassol



Floresta Regenerada. Foto: Henrique Cassol

Problema

Após distúrbios severos em florestas nativas, como o desmatamento seguido de queimada, por exemplo, e um posterior período de abandono, a vegetação naturalmente se regenera, formando as florestas secundárias.

Ao reestocar em sua biomassa até 10% do carbono que havia sido emitido pelo desmatamento, as florestas secundárias exercem um papel importante para a manutenção da biodiversidade e para a mitigação das mudanças climáticas. A exata magnitude desta contribuição, contudo, ainda é desconhecida e novos modelos para a estimativa de biomassa nas regiões tropicais são essenciais. Um campo em expansão para realizar esta tarefa é utilizar-se de dados de RADAR (acrônimo de *Radio Detection and Ranging*), porque estes registram informações até mesmo sob nuvens, um problema recorrente em regiões tropicais como a Amazônica.



Recorte do problema



Inovação metodológica



Vanguarda tecnológica



Campo em expansão



Resultado inédito



Conclusão surpreendente



Incidência política

Objetivo

Decidimos desenvolver um método para estimar o estoque de biomassa (carbono acima do solo) em florestas secundárias em áreas recém-desmatadas da Amazônia Central, utilizando técnicas de processamento de dados de RADAR.

Metodologia

O RADAR é um sistema de imageamento baseado em pulsos de micro-ondas que, ao atingir os alvos na superfície terrestre, são retroespalhados de volta ao sensor, gerando informação em formato de imagem. Estas imagens são especialmente úteis para estimar a biomassa em regiões tropicais por três motivos:

- 1) o sensor capta dados através de nuvens e durante a noite;
- 2) é sensível à estrutura da floresta e interage com a geometria dos alvos;
- 3) cobre amplas áreas e permite observar o comportamento dos alvos em diferentes polarizações, isto é, quando as ondas eletromagnéticas são transmitidas e recebidas em um único plano, vertical ou horizontal, ou cruzadas.

Assim, em 2014, medimos 23 parcelas de campo (unidades de amostragem) de um inventário florestal na região central da Amazônia, norte de Manaus para calibrar os modelos de estimativa de biomassa através das imagens de RADAR em quatro polarizações. Com um histórico suplementar de classificação de uso da terra, criamos 120 parcelas adicionais e ajustamos as curvas de crescimento das florestas secundárias em função de suas idades. A partir de análises estatísticas, selecionamos o melhor modelo de regressão para realizar as estimativas de estoque de carbono acima do solo em função das idades destas florestas secundárias e das informações obtidas pelas imagens de RADAR.

Descoberta

O melhor modelo explicou grande parte (65%) das variações de biomassa nas florestas secundárias da Amazônia Central quando validadas pelos dados de campo. Ao incluir os dados do histórico de uso da terra anterior ao abandono, tais como a frequência de cortes rasos e o número de anos de uso ativo da terra, o potencial explicativo do modelo aumentou em 10%, explicando 71% da variabilidade de biomassa presente na área. Em outras palavras, 71% das variações de biomassa (valores máximos e mínimos) da área de estudo puderam ser estimadas indiretamente pelas informações registradas pelo sensor por meio do modelo de regressão. Concluímos que informações sobre o histórico de uso da terra em áreas de florestas secundárias combinadas com dados de RADAR podem melhorar o desempenho da modelagem de estimativa de estoque de carbono acima do solo. Além disso, informações sobre o histórico de uso podem ser usadas para expandir as unidades de amostragem em florestas tropicais.



Presente

Sensores RADAR e as técnicas estatísticas apresentadas neste estudo nos permitem melhor quantificar os estoques e o acúmulo de biomassa e carbono nas florestas em regeneração na Amazônia brasileira.



Futuro

Pesquisas como esta permitem aos países monitorar de forma padronizada, integrada e constante as mudanças positivas e negativas em seus estoques de carbono florestais em áreas sob regeneração. Sendo o carbono um dos principais componentes dos gases de efeito estufa, a capacidade de manejar seus estoques é estratégia fundamental para mitigar as mudanças climáticas.



Ritmo do crescimento de novas florestas em áreas desmatadas varia conforme o clima e as ações humanas

Viola Heinrich



Espécie típica da Amazônia. Foto: Equipe TREES

Problema

Áreas da Amazônia brasileira que foram desmatadas e posteriormente abandonadas se regeneram naturalmente e dão origem às chamadas florestas secundárias. As florestas secundárias tropicais são uma grande esperança para o cumprimento do Acordo de Paris, pois absorvem o carbono até 20 vezes mais rápido que as florestas nativas originais e maduras. Acontece que essa regeneração natural não é uniforme em toda a bacia amazônica. Ela acontece em diferentes ritmos, conforme a região, e essa variação no ritmo de crescimento se deve à diferenças de clima (fatores regionais) e à ações antrópicas como ocorrência de fogo e frequência de desmatamento (fatores locais).

Identificamos que os fatores que afetam o crescimento das florestas secundárias nas diferentes regiões da Amazônia ainda não haviam sido investigados com dados de satélite de alta resolução espacial.



Recorte do problema



Inovação metodológica



Vanguarda tecnológica



Campo em expansão



Resultado inédito



Conclusão surpreendente



Incidência política

Objetivo

Decidimos quantificar como os fatores ambientais e a perturbação por fogo e desmatamento influenciam o ritmo e a distribuição espacial do crescimento de florestas secundárias na Amazônia brasileira, usando dados de satélite.

Metodologia

Mapeamos as áreas de florestas secundárias e a sua respectiva idade usando dados do MapBiomas versão 3.1, que classifica e produz mapas anuais de uso e cobertura do solo para todo o Brasil desde 1985, por meio de imagens Landsat de resolução espacial de 30 metros. Para isso, reclassificamos a conversão de áreas desmatadas ou convertidas em área agropecuária, por exemplo, para florestais. Consideramos também a biomassa acima do solo, a variabilidade do clima na região, como chuvas, secas e radiação solar, e recorrência de fogo e desmatamento.

Descoberta

Descobrimos que as taxas de crescimento de florestas secundárias nas regiões úmidas e com baixa incidência de secas do oeste da Amazônia (Acre e Amazonas) são 60% maiores do que nas regiões mais secas do leste. No oeste úmido, quando há fogo e desmatamento recorrente, as florestas secundárias crescem 8% mais devagar. No leste da bacia, mais seco, o crescimento de uma nova floresta pode ser 55% mais lento quando houve fogo e desmatamento recorrente.

Nossos resultados permitem concluir que a regeneração de florestas é fortemente afetada por fatores climáticos e pela ação humana e qualquer forma de generalização de crescimento das florestas secundárias na Amazônia como um todo não será acurada.

Os modelos que desenvolvemos fornecem uma quantificação nova e detalhada do armazenamento de carbono da floresta secundária naturalmente regenerada, considerando idade, persistência, fatores locais e regionais. Foi a primeira vez que este tipo de abordagem com sensoriamento remoto regional e global foi realizado com uma resolução espacial tão alta.



Presente

Esta é a primeira vez em que os fatores que afetam o crescimento das florestas secundárias para todas as regiões da Amazônia são estudados por meio da integração de dados de diferentes satélites. Toda a comunidade de modelagem de carbono poderá se beneficiar deste trabalho no objetivo de mitigar as mudanças climáticas.



Futuro

É crítica a importância das florestas secundárias para aliviar os efeitos das mudanças climáticas. A aplicação desse conhecimento científico no estabelecimento do mercado de pagamentos por serviços ambientais trará importantes benefícios para a conservação da floresta e o bem-estar das populações locais.



Desmatamento e Degradação

Este capítulo trata de dois processos que têm relevância global. Combater o desmatamento e a degradação florestal é fundamental para o desenvolvimento sustentável pois ajuda a manter a estabilidade de processos ecossistêmicos vitais, tais como garantir o provimento de chuva e umidade ao ambiente, como também de alimentos e energia para os seres humanos e animais ali presentes. Frear e reverter esses processos impacta na qualidade de vida de todos ao mesmo tempo em que produz riquezas socioeconômicas e culturais. Os estudos a seguir trazem fatos de grande relevância para a produção científica e a ação política.



Desmatamento na Amazônia. Foto: Juan Doblaz

- 20** Florestas degradadas são um problema tão grave quanto o desmatamento
- 22** Como projetos de pavimentação de rodovias podem aumentar o desmatamento na Amazônia
- 24** Por que vale a pena diagnosticar a degradação florestal atual por imagens de satélite e modelar a degradação futura
- 26** O recorde de desmatamento na Amazônia brasileira vai na contramão da capacidade do país em preservar florestas
- 28** DETER-R: um sistema de monitoramento de desmatamento mais preciso e ágil para áreas com forte cobertura de nuvens



ARTIGO DE OPINIÃO PUBLICADO

Desmatamento e Degradação

FLORESTA
DEGRADADA,
EMIÇÃO DE
CARBONO

Florestas degradadas são um problema tão grave quanto o desmatamento

Celso Silva-Junior



Registro de queimada em componente arbóreo. Foto: Guilherme Mataveli

Problema

Apesar da grande visibilidade atribuída aos impactos do desmatamento na Amazônia, as florestas degradadas são um problema igualmente importante, que tem sido amplamente negligenciado nas discussões políticas, apesar de seu impacto ambiental considerável e evidente.

Se qualquer fonte de emissão de carbono for ignorada ou subestimada, incluindo as advindas da degradação florestal, a quantidade calculada de mitigação necessária será insuficiente para atenuar o aquecimento do planeta até o final deste século.



Recorte do problema



Inovação metodológica



Vanguarda tecnológica



Campo em expansão



Resultado inédito



Conclusão surpreendente



Incidência política

Objetivo

Nossa intenção nesta carta foi chamar a devida atenção da comunidade científica internacional e das autoridades presentes na Conferência das Partes (COP26), ocorrida em Glasgow na Escócia, em Novembro de 2021, para o potencial de emissões por degradação florestal na Amazônia brasileira, um tema ainda negligenciado.

Metodologia

Compilamos dados de relatórios oficiais do PRODES — Projeto do INPE de monitoramento do desmatamento na Amazônia Legal por satélite, ativo desde 1988 e de incêndios florestais do Programa Queimadas do Inpe para mensurar as emissões de dióxido de carbono por degradação florestal oriundas dos efeitos de borda e aquelas comprometidas pela mortalidade de árvores pós-queimada.

Descoberta

Além de serem o principal fator de empobrecimento socioambiental na Amazônia, as florestas degradadas hoje já ocupam uma área superior àquela desmatada.

Entre 2003 e 2015, as emissões comprometidas de dióxido de carbono (CO₂) decorrentes de incêndios florestais (pós-queimada) e de efeitos de borda (alteração na estrutura, composição ou quantidade de espécies na fronteira de uma área florestal, que leva à exposição e desproteção da flora) na Amazônia brasileira, corresponderam a 88% das emissões brutas de CO₂ por desmatamento. Os efeitos de borda referem-se a alterações na estrutura e/ou composição florística de uma floresta em contato com um tipo de uso da terra.



Presente

A análise indica a urgência de incorporar às políticas nacionais e acordos internacionais novas estratégias para evitar e compensar as emissões relacionadas à degradação florestal. Isso inclui uso sustentável dos recursos florestais, restauração de florestas maduras degradadas e proteção de florestas secundárias.



Futuro

Para traçar metas e medidas factíveis de redução das emissões de carbono provenientes das mudanças no uso e cobertura da terra, será necessário intensificar a busca de soluções que abordem as causas sociais, econômicas, políticas e ambientais do desmatamento e da degradação florestal.



ARTIGO PUBLICADO

Desmatamento e Degradação

PAVIMENTAÇÃO DE
RODOVIAS,
LEGISLAÇÃO
AMBIENTAL

Como projetos de pavimentação de rodovias podem aumentar o desmatamento na Amazônia

Guilherme Mataveli



Vista de drone do desmatamento próximo a estrada e rodovia em Boca do Acre - AM. Foto: Teule Lemos

Problema

A expansão da malha rodoviária é reconhecidamente necessária para a integração das atividades econômicas da Amazônia com as demais regiões do território brasileiro. Planeja-se construir ou revitalizar mais de 12.000 km de rodovias na Amazônia até 2025. Muitos destes projetos de infraestrutura, contudo, não apresentam justificativas econômicas plausíveis nem um planejamento ambiental robusto, o que tende a elevar ainda mais as já crescentes taxas de desmatamento na maior floresta tropical do mundo.



Recorte do problema



Inovação metodológica



Vanguarda tecnológica



Campo em expansão



Resultado inédito



Conclusão surpreendente



Incidência política

Objetivo

Objetivamos demonstrar quais os impactos dos projetos de expansão da malha rodoviária na Amazônia com foco na prevenção do desmatamento. Nosso propósito foi contribuir para alertar as autoridades no sentido de imporem normas adequadas ao incluir estudo de impactos ambientais e planejamento para esses tipos de projetos.

Metodologia

Selecionamos a área do estudo após a publicação de editais de licitação para a pavimentação da BR-319, única rodovia que liga Manaus a Porto Velho. Para avaliar as condições da zona de influência direta da rodovia, consultamos os alertas de desmatamento emitidos pelo sistema DETER, as estimativas de focos de calor geradas pelo Programa Queimadas do INPE e dados sobre o uso e cobertura da terra do MapBiomas.

Descoberta

Identificamos um novo foco de desmatamento às margens da BR-319. Aproximadamente 90% da zona de influência direta da BR-319 é composta por florestas intocadas, ainda muito bem preservadas. A região do entorno da BR-319 abriga 63 terras indígenas e outras áreas protegidas.

De julho a setembro de 2020, após a publicação dos editais de licitação, os alertas de desmatamento e as queimadas aumentaram significativamente nessa zona de influência direta. O simples ato de comunicar a intenção de pavimentar a BR-319, com as inconsistências presentes nesse projeto, foi suficiente para potencializar a consolidação da região como um novo foco de desmatamento. Apesar da lei prever estudos de impacto ambiental para a implantação e operação, nenhum estudo sobre os efeitos dessa pavimentação foi realizado na parte mais preservada da rodovia.

As evidências sugerem que não existe uma estratégia clara para o desenvolvimento sustentável e a conservação da Amazônia brasileira. Elas apontam ainda para o risco de a pavimentação de rodovias acelerar o processo de fragmentação da floresta, perda de biodiversidade, maior especulação imobiliária e formação de novos epicentros de desmatamento. Sem o devido estudo de impacto ambiental, os projetos de construção e pavimentação de rodovias representam um risco de transformar a facilidade de acesso às florestas em maior facilidade para desmatar.



Presente

O caso mostra que a mera existência de leis ambientais não é suficiente para conter o desmatamento na Amazônia. É urgente retomar e melhorar as ações que já surtiram efeito em diminuir significativamente o desmatamento e responsabilizar os atores que se opõem às obrigações ambientais.



Futuro

Serão necessárias ações complementares às leis, como uma efetiva fiscalização de seu cumprimento, a promoção de ações voltadas à conscientização e educação ambiental, identificação e punição de quem desmata irregularmente e regularização fundiária com base na legislação.



PESQUISA EM ANDAMENTO

Desmatamento e Degradação

DEGRADAÇÃO FLORESTAL, IMAGENS DE SATÉLITE, EMISSÃO DE CARBONO

Por que vale a pena diagnosticar a degradação florestal atual por imagens de satélite e projetar a degradação futura?

Teule Lemos Branco e Débora Joana Dutra



Degradação florestal no Estado do Amazonas. Foto: Teule Lemos

! Problema

Queimadas descontroladas na floresta amazônica podem se tornar incêndios e levar à degradação. Esse cenário fica ainda mais crítico quando combinado à exploração madeireira e às mudanças climáticas, que já levaram ao prolongamento da estação seca e ao aumento de temperatura em algumas regiões. Essa sequência de eventos se intensifica e pode potencializar o chamado efeito 'bola de neve', cuja ocorrência de incêndios florestais se torna mais frequente, consequentemente, causando maior degradação e deixando a floresta mais suscetível ao fogo.

A crescente degradação ameaça a conservação, altera os ciclos de carbono e água, afeta a biodiversidade e impacta as comunidades humanas em seu bem-estar e suas atividades econômicas.

Para planejar ações que reduzam essa degradação, convém observar como esses padrões se desenvolvem ao longo do tempo e projetar as consequências futuras.



Recorte do problema



Inovação metodológica



Vanguarda tecnológica



Campo em expansão



Resultado inédito



Conclusão surpreendente



Incidência política

Objetivo

Produzir um diagnóstico de como a degradação florestal por exploração madeireira e incêndios ocorreu entre 2007 e 2019 e assim projetar como a situação tende a se desenvolver até 2050, com o objetivo de gerar cenários futuros de apoio a estratégias de gestão dos recursos naturais e proteção das áreas de conservação.

Metodologia

Delineamos como área de estudo um mosaico de áreas protegidas com presença de populações tradicionais no município de Boca do Acre (AM), que apresenta taxas crescentes de desmatamento. A área tem sido alvo de grandes pressões de desmatamento e sofrido degradação florestal por corte seletivo.

Para mapear a degradação florestal por extração madeireira, fizemos interpretação visual de imagens-fração de solo, vegetação, água e sombra geradas pelo Modelo Linear de Mistura Espectral (MLME) aplicado às imagens dos satélites Landsat 5 e 8. A partir da análise dessas imagens-fração, pretendemos identificar também os padrões das trilhas de arraste de árvores derrubadas e pátios de estocagem.

Descoberta

Identificamos como a degradação florestal por extração madeireira tem ocasionado mudanças na paisagem de Boca do Acre - AM e como o mapeamento deste processo pode servir como ferramenta para criação de ações diagnósticas e prognósticas para preservação da região. Além disso, os resultados podem apoiar a formulação de políticas públicas e na mitigação de ações antropicas que auxiliam no aumento da vulnerabilidade florestal, como expansão do desmatamento e de incêndios florestais em Boca do Acre.



Presente

O mapeamento da degradação florestal serve de apoio à formulação de políticas públicas, à proteção das áreas de conservação e à preservação da floresta amazônica. A pesquisa está em andamento e deve ser concluída no final de 2022.



Futuro

Esperamos que a pesquisa contribua para apoiar a redução de emissões de carbono oriundas de desmatamento e degradação (REDD+) prevista na Política Nacional de Mudanças Climáticas, para a qual a redução de ocorrências de incêndios florestais é na Amazônia é fundamental.



O recorde de desmatamento na Amazônia brasileira vai na contramão da capacidade do país em preservar florestas

Celso Silva Junior



Imagem de queimada em floresta amazônica. Foto: Marcelo Salazar

! Problema

Em 2009, o Brasil instituiu a Política Nacional sobre Mudança do Clima como medida para alcançar as metas de redução de emissões de gases de efeito estufa. Como parte desta política, o país comprometeu-se a reduzir a taxa de desmatamento na Amazônia em 80% até 2020. Para cumprir esta meta, o Brasil poderia registrar em 2020 no máximo 3.925 km² de desmatamento, na comparação com a linha base de 19.625 km² (média do período 1996-2005).

Acompanhar de perto os dados do PRODES (projeto do INPE de monitoramento do desmatamento na Amazônia Legal por satélite) é fundamental para verificar em que medida o compromisso está sendo cumprido. O PRODES realiza o monitoramento por satélites do desmatamento por corte raso na Amazônia Legal e produz, desde 1988, as taxas anuais de desmatamento na região, que são usadas pelo governo brasileiro para o estabelecimento de políticas públicas.



Recorte do problema



Inovação metodológica



Vanguarda tecnológica



Campo em expansão



Resultado inédito



Conclusão surpreendente



Incidência política

Objetivo

Decidimos verificar em que medida o aumento no desmatamento, detectado pelos sistemas de monitoramento, estaria ameaçando o cumprimento das metas ambientais estabelecidas pelo Brasil.

Metodologia

Compilamos dados de relatórios oficiais do PRODES, sistema de monitoramento do desmatamento anual do INPE, para uma análise específica sobre o desmatamento.

Descoberta

Os dados do PRODES mostraram que houve um aumento nas taxas de desmatamento nos anos de 2019 e 2020. Em 2019, 10.129 km² de floresta foram derrubados, o que corresponde a um aumento de 34% em relação a 2018 (7.536 km²). Neste ritmo crescente, em 2020, a taxa de desmatamento foi estimada com base em 45% da área monitorada e totalizou 11.088 km², o que corresponde a um aumento de 47% em relação a 2018. É a taxa mais alta da década.

Concluimos que a taxa de desmatamento de 2020 foi 182% maior que a meta estabelecida em 2009 e que a redução foi de apenas 44%, em vez dos 80% previstos na lei. Essa tendência atual de crescimento do desmatamento está diretamente ligada a uma série de retrocessos ambientais que aconteceram nos últimos anos.



Presente

Fica evidente que ações que funcionaram no passado devem ser retomadas com urgência para que o Brasil volte à sua antiga posição de protagonista global do desenvolvimento sustentável.



Futuro

O avanço da capacidade de monitoramento com tecnologia nacional e a formação de um quadro técnico de excelência na área de tecnologia ambiental devem ser prioridades em todo o processo de tomada de decisão no país. Utilizar a tecnologia de ponta já dominada na ciência praticada no Brasil é condição indiscutível para o desenvolvimento nacional.



DETER-R: um sistema de monitoramento de desmatamento mais preciso e ágil para áreas com forte cobertura de nuvens

Juan Doblaz



Área desmatada em Rondônia. A cobertura de nuvens impede a detecção do desmatamento pelos sistemas de monitoramento tradicionais. Foto: Juan Doblaz

! Problema

Os sistemas de monitoramento por satélite mais utilizados nos últimos 20 anos pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE) e outras instituições permitem a detecção de áreas desmatadas quase em tempo real, mas de forma mais concentrada na estação seca. Quando há alta incidência de nuvens como é o caso da estação chuvosa, os satélites ópticos não são capazes de registrar de forma acurada o desmatamento. A partir de 2016, os satélites Sentinel-1, lançados e operados pela Agência Espacial Europeia (ESA), passaram a gerar imagens regularmente da Amazônia brasileira usando uma tecnologia chamada Radar de Abertura Sintética (SAR), que permite enxergar a superfície terrestre mesmo em áreas cobertas por nuvens. A produção de imagens pelo SAR acontece com frequência entre 6 e 12 dias, e as imagens produzidas têm uma resolução de 20 metros.

As metas e medidas de redução do desmatamento na Amazônia devem se basear em um monitoramento mais amplo, detalhado e contínuo durante todo o ano.



Recorte do problema



Inovação metodológica



Vanguarda tecnológica



Campo em expansão



Resultado inédito



Conclusão surpreendente



Incidência política

Objetivo

Sabíamos que os dados do Radar de Abertura Sintética (SAR) poderiam ajudar a superar as lacunas de observação do desmatamento por imagens ópticas causadas pela excessiva cobertura de nuvens em alguns períodos na Amazônia. Consideramos que as medições de SAR podem ser alteradas por efeitos atmosféricos e variações na umidade da superfície. Também consideramos diferentes técnicas de redução de ruído de séries temporais para aumentar a acurácia na detecção de desmatamento.

Assim, objetivamos desenvolver um método para aumentar a acurácia na detecção de desmatamento e reduzir os falsos positivos (quando é detectado desmatamento, mas este não ocorreu), úteis num sistema operacional de alertas precoce para a Amazônia brasileira.

Metodologia

Avaliamos o desempenho de duas abordagens diferentes para estabilização de séries temporais do SAR:

- 1) dessazonalização harmônica e
- 2) estabilização espacial

Também analisamos duas técnicas de detecção de desmatamento:

- 1) Limiar Linear Adaptativo (ALT) e
- 2) Classificação de Máxima Verossimilhança (MLC).

Configuramos um experimento de validação rigoroso em toda a Amazônia usando a plataforma *Google Earth Engine* para amostrar e processar dados do satélite Sentinel-1A de quase 6.000 locais em toda a bacia amazônica brasileira. Mais de 8 milhões de amostras foram processadas. Metade dessas localidades correspondem a áreas florestais não degradadas, enquanto a outra metade corresponde a áreas desmatadas em 2019.

Descoberta

Desenvolvemos o sistema DETER-R, que compara cada pixel de cada nova imagem SAR com os pixels das imagens produzidas anteriormente, verificando se ocorreu alguma mudança entre as imagens. Para evitar falsos positivos derivados de ruídos nas imagens, diversos tratamentos são aplicados. Todo o processamento é realizado por computação remota, e a emissão do alerta ocorre em menos de 24 horas após a aquisição da imagem.



Presente

O DETER-R possibilita o monitoramento de áreas de floresta que têm uma cobertura de nuvens muito frequente e estão em risco de desmatamento.



Futuro

Esperamos que a detecção precoce dos primeiros sinais de degradação, mesmo durante a época de chuvas, nos permita desenvolver a capacidade de prevenir grandes desmatamentos.



Dinâmica do fogo

Este capítulo traz estudos sobre os processos de degradação socioeconômica e ambiental causados pelo fogo. Na Amazônia, o fogo impacta os ecossistemas, levando à perda de estoques de carbono, à mortalidade de árvores e à redução na biodiversidade local. A destruição das áreas naturais e produtivas em decorrência de incêndios leva a prejuízos econômicos significativos. A fumaça gerada pelo fogo, por sua vez, causa danos à saúde da população. Além de descrever como e onde esses problemas acontecem, os artigos a seguir apontam meios para minimizar riscos dessas ocorrências e seus impactos.



31

Fortalecer o combate ao desmatamento ilegal no bioma Amazônia é essencial para evitar crises do fogo como a de 2019

33

O recorde de incêndios no Pantanal em 2020 resultou da combinação de secas intensas com falta de gestão ambiental

35

O Brasil precisa de um plano integrado para prevenção de queimadas e incêndios florestais

37

Modelo conceitual indica como devemos nos organizar para evitar incêndios

39

Sistema de alerta antecipado de probabilidade de fogo auxilia na priorização de áreas protegidas ameaçadas por incêndios

41

Plataforma online com alertas dinâmicos do fogo em tempo real aumenta pressão contra expansão agropecuária na Amazônia

43

As vantagens do monitoramento regional para produção de mapas de área queimada

45

Os incêndios amazônicos na região da tríplice fronteira Brasil-Peru-Bolívia têm forte relação com as atividades humanas

47

Uso combinado de ferramentas de mapeamento melhora estimativa de áreas queimadas na Amazônia

49

Vulnerabilidade institucional fragiliza governança na prevenção e combate ao fogo na tríplice fronteira Brasil-Peru-Bolívia

51

Conhecer os diferentes períodos da estação seca nas diversas áreas da Amazônia é essencial para a prevenção e o combate a incêndios

53

Material escolar estimula o pensamento científico e incentiva a mitigação de incêndios florestais

55

Queimadas e incêndios têm mais chances de ocorrer em áreas fragmentadas da floresta

57

Como usar as mídias sociais para disseminar conhecimento e combater a desinformação sobre o fogo na Amazônia



ARTIGO PUBLICADO

Dinâmica do fogo

DESMATAMENTO,
INCÊNDIO
FLORESTAL,
MUDANÇA DE USO
DO SOLO,
FRAGMENTAÇÃO,
DÉFICIT HÍDRICO

Fortalecer o combate ao desmatamento ilegal no bioma Amazônia é essencial para evitar crises do fogo como a de 2019

Marcus Silveira



Brigadistas combatem chamas na floresta. Foto: Sonaira Silva

! Problema

A Amazônia tem sido o bioma do Brasil com o maior número de focos de fogo nas últimas duas décadas, com quase o dobro do observado no bioma Cerrado, em média. A maior parte do fogo acontece pela ação humana para limpeza da área pós-desmatamento, conversão de uso da terra para práticas agrícolas ou pastoris ou para a manutenção agrícola. Nas áreas agrícolas, as queimadas são usadas para remover a biomassa remanescente do cultivo, fertilizar o solo com as cinzas, renovar a pastagem, controlar ervas daninhas e eliminar os arbustos que crescem nos pastos. Por causa da baixa adoção de práticas de gerenciamento do risco do escape do fogo, como a adoção de aceiros, a queima em áreas agrícolas pode sair do controle e atingir os campos e florestas adjacentes, causando incêndios florestais. Em agosto de 2019, os incêndios florestais atingiram um pico em toda a Amazônia brasileira. Jornais de todo o planeta cobriram o episódio, que ficou conhecido como o *Dia do Fogo*, e protestos aconteceram em todo o mundo. O governo brasileiro enviou, pela primeira vez, as Forças Armadas para combater os incêndios durante dois meses. Mas a ação não foi suficiente. O Brasil ainda precisa de um plano de prevenção e combate ao problema que considere suas causas, ou seja, as ações humanas.

31



Recorte do problema



Inovação metodológica



Vanguarda tecnológica



Campo em expansão



Resultado inédito



Conclusão surpreendente



Incidência política

Objetivo

Consideramos que a ocorrência de um pico de registros de fogo em determinadas datas ou semanas pode ficar oculta em relatórios anuais baseados na comparação geral entre biomas. Por isso, uma análise mais apropriada precisa ser feita para sustentar a tomada de decisões. Portanto, decidimos realizar uma análise abrangente de anomalias de fogo ativo e suas principais causas no bioma amazônico brasileiro, com ênfase na crise do fogo de 2019, a fim de apoiar planos estratégicos para prevenção e supressão de incêndios.

Metodologia

Analisamos dados diários de focos de fogo entre 2003 e 2019 no único banco de dados disponível para todo o período (MODIS MCD14DL), via Sistema de Informação sobre Fogo para Gestão de Recursos da NASA (FIRMS), que recebe dados dos Satélites Aqua e Terra. Nesse produto, cada ponto representa o centro de um pixel de 1 km por 1 km de área com pelo menos um foco de fogo detectado. Comparamos a ocorrência mensal de focos de fogo em 2019 com a dos anos anteriores. Também avaliamos desmatamento, déficit hídrico e outros fatores potenciais para a ocorrência de fogo em 2019, na escala local, de estados e do bioma.

Descoberta

Identificamos níveis alarmantes de focos de fogo durante a crise de 2019 nos estados de Roraima, Amazonas e Acre, que também tiveram um aumento brusco de desmatamento naquele ano. A intensificação da conversão de florestas para uso agropecuário nesta região mais ocidental da Amazônia, ainda bastante preservada, gera riscos cada vez maiores de incêndios florestais devido ao aumento da fragmentação das florestas e ao uso frequente do fogo nas áreas de pastagem.

Dentre todos os fatores avaliados, aqueles que mais ajudaram a diferenciar as áreas com ocorrência muito elevada de fogo em 2019 foram: o número de focos de fogo nos três anos anteriores, a área desmatada em 2019 e a área desmatada nos cinco anos anteriores. Entre 2003 e 2019, um terço do total de focos de fogo em cada ano, em média, estava a uma distância de até 1 km de áreas desmatadas no mesmo ano. A proporção de focos de fogo muito próximos a áreas desmatadas em 2019 foi a maior desde 2005.

Este resultado enfatiza como as regiões com número bastante elevado de queimadas ou incêndios florestais no bioma correspondem àquelas onde também ocorre uma intensificação da conversão das florestas para outros usos do solo.



Presente

Fica claro que a prevenção de crises do fogo na Amazônia passa necessariamente pela prevenção e combate ao desmatamento. As informações que levantamos podem ser úteis na identificação das regiões mais críticas e para um planejamento da alocação de brigadistas meses antes da estação seca.



Futuro

A continuidade das pesquisas no tema é importante para entendermos melhor como diversos fatores induzem as situações extremas de fogo e aprimorarmos nossa capacidade de prever esses eventos. Ainda mais importante é efetivamente incorporar o conhecimento já construído na gestão deste processo na região.

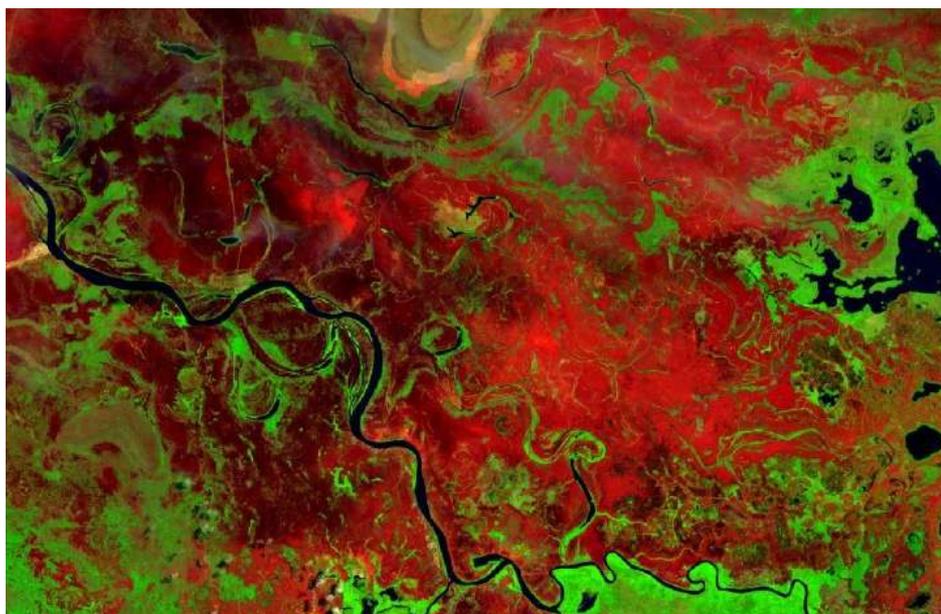
Leia o artigo na íntegra:

32 https://www.researchgate.net/publication/346988644_Drivers_of_Fire_Anomalies_in_the_Brazilian_Amazon_Lessons_Learned_from_the_2019_Fire_Crisis



O recorde de incêndios no Pantanal em 2020 resultou da combinação de secas intensas com falta de gestão ambiental

Mikhaela Pletsch



Cicatriz de queimada no Pantanal detectada pelo satélite Sentinel 2 - Cáceres (MT). Foto: Isadora Haddad

Problema

O Pantanal é a maior área úmida tropical do mundo, com 150.355 km², e foi reconhecido pela UNESCO como Reserva da Biosfera. No entanto, esta região também é suscetível ao fogo durante a estação seca. Considerando-se todos os registros de fogo, 2020 foi o ano com mais incêndios do Pantanal desde 2012, concentrando 43% do total de ocorrências nesse intervalo de oito anos. Como consequência, inúmeros impactos negativos sobre os sistemas ambientais, sociais e econômicos ameaçam o bioma e as vidas que dependem dele.



Recorte do problema



Inovação metodológica



Vanguarda tecnológica



Campo em expansão



Resultado inédito



Conclusão surpreendente



Incidência política

Objetivo

Decidimos alertar a comunidade científica internacional e as autoridades de todo o mundo sobre os impactos sistêmicos da queima do Pantanal.

Metodologia

Reunimos dados de focos de calor da NASA e de informações publicadas na imprensa para elaborar uma carta aberta endereçada à comunidade científica.

Descoberta

Em janeiro de 2020, mais de 3 mil focos de fogo foram detectados na região. Este número representa um aumento 3 vezes maior de ocorrências em relação à média entre 2012 e 2019 para o mês de janeiro. Ao final de 2020, foram registrados quase 200 mil focos de incêndio no Pantanal, número 5 vezes acima da média. A poluição resultante foi de 500 mil toneladas de material particulado fino, prejudicial à saúde, lançado no ar, que elevou a vulnerabilidade respiratória de mais de 11 mil pessoas de populações tradicionais e indígenas locais. Além disso, 115 milhões de toneladas de gases de efeito estufa foram emitidos para a atmosfera ao longo do ano.

Esse descontrole da ocorrência de queimadas e incêndios afeta a saúde pública, os compromissos climáticos assumidos e a nossa biodiversidade, protegida apenas no papel, mas com amplo amparo legal, tanto em nossa Constituição e em leis ambientais quanto internacionalmente, na Convenção sobre Biodiversidade Biológica. Para prevenir novos desastres como esse no Pantanal e em outros biomas brasileiros, o País precisa agir e investir em planos e estratégias, em escalas local, regional e nacional, integrando ações de diferentes organizações.



Presente

A prevenção começa com uma moratória imediata de queimadas em todo o Pantanal, principalmente nas estações mais secas e quentes. Ainda no curto prazo, um reforço na ação dos bombeiros é fundamental para evitar fontes de ignição e propagação do fogo.



Futuro

A diplomacia brasileira deve se restabelecer para atrair recursos internacionais de apoio ao monitoramento ambiental, fiscalização e combate a incêndios. A sociedade civil e a comunidade científica serão imprescindíveis no processo de informar e cobrar a tomada de decisão e desenvolvimento de ações estratégicas de combate a crimes ambientais.



O Brasil precisa de um plano integrado para prevenção de queimadas e incêndios florestais

Maria Lucia Ferreira Barbosa



Sistema de alerta de fogo em áreas protegidas. Foto: Plataforma MAPFIRE

Problema

O Brasil tem enfrentado climas extremos (secas prolongadas, altas temperaturas) e incêndios sem precedentes, o que impacta a vida de diversas formas e nos afasta do cumprimento de acordos internacionais. Para prevenir ou minimizar os impactos do fogo, além de identificar e entender quais são as falhas nas políticas e ações que deveriam resolver o problema, é essencial construir uma estrutura e uma estratégia nacional integrada de gestão e redução de riscos de desastres associados a incêndios florestais. Há obstáculos a serem transpostos nesse objetivo. Entre eles, a desigualdade, de um estado da federação a outro, nas atribuições de responsabilidades de mitigação e supressão de incêndios nos níveis estadual e municipal. Outro problema é o atual foco das políticas atuais, mais centradas na mitigação do impacto do que na prevenção e redução de vulnerabilidades ao fogo.



Recorte do problema



Inovação metodológica



Vanguarda tecnológica



Campo em expansão



Resultado inédito



Conclusão surpreendente



Incidência política

Objetivo

A partir desta pesquisa, que está em andamento, pretendemos fornecer um panorama geral da estrutura de manejo e mitigação de fogo no Brasil e apontar melhorias, no intuito de subsidiar a criação de um sistema de alerta precoce de fogo para o país.

Metodologia

Fizemos uma revisão bibliográfica que incluiu artigos científicos, leis, decretos, instruções normativas, portarias, relatórios e notas técnicas.

Descoberta

Identificamos diversas lacunas na atual gestão da problemática do fogo no Brasil. Por exemplo, a Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE) não dá a devida ênfase ao papel da ação humana na causa dos incêndios. Também identificamos fragilidades institucionais tais como a inexistência de um plano de manejo integrado de fogo e orçamento insuficiente para criar ou melhorar estruturas locais de defesa civil, corpo de bombeiros e brigadas permanentes.



Presente

Nosso trabalho evidencia que as ações de defesa civil deveriam estar mais focadas na prevenção e no conhecimento do problema do que em ações no momento em que ocorre o fogo. Ainda há muitas lacunas na estrutura de prevenção de fogo no Brasil, e apagar incêndio, embora importante, não é suficiente para evitar desastres no longo prazo.



Futuro

Um melhor entendimento das vulnerabilidades e capacidades para a gestão do risco e dos impactos do fogo nas diferentes regiões do país auxiliará a formulação de estratégias mais eficazes para a construção de um sistema de alerta precoce, tipo de solução fundamental para uma redução efetiva no risco e na ocorrência de desastres.



ARTIGO PUBLICADO

Dinâmica do fogo

GESTÃO DO RISCO
DE QUEIMADAS E
INCÊNDIOS,
PLANEJAMENTO
ESTRATÉGICO

Modelo conceitual indica como devemos nos organizar para evitar incêndios

Liana O. Anderson



Incêndio florestal em período de seca. Foto: Guilherme Mataveli

Problema

Em razão do aumento da frequência de secas extremas e consequente elevação da ocorrência de desastres associados a incêndios florestais em todo o planeta, o escritório da Organização das Nações Unidas para redução de desastres (UNISDR) recomenda que os países tenham sistemas de alerta de risco como parte de sistemas integrados de gestão do problema. No Brasil, esta discussão ainda é incipiente. Em razão disso, mesmo quando os incêndios não ganham proporções catastróficas, eles impõem danos relevantes a pequenos e grandes produtores, povos tradicionais, ecossistemas e seus serviços ambientais, ou seja, os benefícios que o meio ambiente oferece para a sociedade.

Para desenvolver um sistema integrado de gestão de riscos e desastres associados ao fogo, o Brasil precisará partir de um entendimento adequado de como se organizar e atribuir responsabilidades nos âmbitos nacional, estadual e local.



Recorte do problema



Inovação metodológica



Vanguarda tecnológica



Campo em expansão



Resultado inédito



Conclusão surpreendente



Incidência política

Objetivo

Decidimos estruturar um modelo lógico que ajude a orientar instituições na identificação de suas capacidade para a gestão de riscos e impactos associados às queimadas e incêndios e na formação de um sistema integrado de gestão.

Metodologia

Depois de uma revisão bibliográfica, entre 2016 e 2018, realizamos no Acre três pesquisas de campo, que incluíram coleta e análise de documentos de órgãos governamentais e de organizações não-governamentais, publicados entre 1994 e 2017, além de entrevistas e consultas com gestores públicos da região. Também selecionamos e analisamos dados de sensoriamento remoto do sensor *Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer* (MODIS), a bordo do satélite Aqua, para contextualizar e relacionar atividades de desmatamento, queimadas e incêndios florestais com extremos de clima na Amazônia e com a identificação de áreas críticas entre 2001 e 2016.

Descoberta

Entendemos que as dimensões de vulnerabilidade que compõem o risco de desastres associados a incêndios florestais são complexas e diversas, com feições que envolvem fatores econômicos, políticos, institucionais, sociais e culturais. A partir de um ponto de vista interdisciplinar, elaboramos um modelo conceitual para apoiar a estruturação de um sistema integrado de alertas e gestão de riscos, que também facilita identificar limitações, lacunas de conhecimento e desafios relacionados a dados e políticas públicas. O modelo tem cinco eixos principais:

- 1) conhecimento do risco;
- 2) monitoramento;
- 3) educação e comunicação;
- 4) capacidade de prevenção;
- 5) capacidade de resposta.

O conceito prevê que a integração destes cinco eixos entre os diferentes setores e instituições da sociedade favorecerá um fluxo mais eficiente dos dados, para geração e uso oportuno de informação qualificada. Essa comunicação integrada será crucial tanto para apoiar a tomada ágil de decisões quanto para um melhor entendimento e percepção da sociedade sobre o problema e as ações necessárias em cada momento.



Presente

O modelo é imediatamente útil na medida em que auxilia as instituições a identificar lacunas de conhecimento, dados ou comunicação e de que forma podem agir frente a um risco iminente.



Futuro

As alterações climáticas incitam a pensar no planejamentos de novas políticas e estratégias de gestão prospectiva de riscos décadas à frente. Há oportunidade para aprimorar muito tanto as ações de prevenção e combate a incêndios florestais quanto as de gestão de risco de desastres associados a eles.



ARTIGO PUBLICADO

Dinâmica do fogo

AMEAÇAS,
PREVISÃO,
PRIORIZAÇÃO DE
ÁREAS

Sistema de alerta antecipado de probabilidade de fogo auxilia na priorização de áreas protegidas ameaçadas por incêndios

Liana O. Anderson



Sistema de alerta antecipado pode evitar fogo em áreas protegidas. Foto: Liana Anderson

! Problema

Estima-se que incêndios associados ao desmatamento na Amazônia causem aproximadamente 3 mil mortes prematuras por ano, além de perda de biodiversidade, redução dos estoques de carbono, mortalidade de animais silvestres, degradação do solo e da floresta e desequilíbrio nos mecanismos biofísicos de controle da temperatura local e da reciclagem de água para a atmosfera. Em 2020, durante a pandemia de COVID-19, a fumaça dos incêndios agravou a saúde de milhares de pessoas na América do Sul, aumentando a pressão sobre os sistemas de saúde e a exposição da população ao coronavírus. Atividades humanas relacionadas ao uso do fogo para a conversão de florestas e manejo da terra, combinados com certas condições climáticas, aumentam a probabilidade de ocorrência de incêndios.

Planos estratégicos para monitorar e prevenir o fogo podem ser favorecidos com a identificação precoce de áreas com alta probabilidade de ocorrência de incêndios e suas causas.



Recorte do problema



Inovação metodológica



Vanguarda tecnológica



Campo em expansão



Resultado inédito



Conclusão surpreendente



Incidência política

Objetivo

Decidimos desenvolver e testar um sistema de alertas de previsão da probabilidade do fogo em áreas protegidas da América do Sul, com uma antecedência de três meses, de modo que haja tempo para as ações de comunicação e planejamento de prevenção de incêndios. Esse novo sistema deveria complementar os sistemas de alerta em tempo real e com antecedência de dias, que já existem.

Metodologia

Extraímos dados referentes a áreas protegidas na América do Sul de uma base compilada pela União Internacional para a Conservação da Natureza (IUCN). Chegamos a 4.568 unidades de conservação, sendo que quase metade da área total (2,5 milhões de km², ou 34% do território) está localizada no Brasil.

Consideramos a tendência de ocorrência de focos de fogo nos três anos anteriores e o número acumulado de queimadas ativas nesse período. Combinamos esses dados com as previsões de chuvas abaixo da média e de temperatura acima da média para os três meses subsequentes. Também identificamos se o período do ano das ocorrências correspondia a estação seca ou chuvosa. Como resultado, definimos cinco níveis de alerta:

- 1) Alerta alto;
- 2) Alerta;
- 3) Atenção;
- 4) Observação
- 5) Baixa probabilidade.

Para validar o método, dois relatórios técnicos foram enviados a tomadores de decisão em 2020. No intervalo entre eles, aprimoramos o modelo.

Descoberta

Emitimos alertas experimentais de previsões sazonais com três meses de antecedência, a partir de agosto de 2020. Analisando dados de anos anteriores, observamos que metade das ocorrências de 2017 a 2019 se concentrou em apenas 29 áreas protegidas e que 40% dos incêndios de 2020 seriam classificados nos dois níveis de alerta mais altos, segundo nosso modelo. Entre as unidades de conservação que entrariam nos casos de Alerta Alto, 34% tiveram aumento nos incêndios em 2020.

Atualmente, a Rede Amolar do Pantanal utiliza estes dados para suas ações de planejamento. Também geramos dados para assentamentos rurais e todos os municípios brasileiros.



Presente

Este sistema de alerta foi incorporado ao Plano Operativo de prevenção e combate aos incêndios florestais da Rede Amolar, no Pantanal, em 2021.

Esperamos que ele possa fornecer informações contínuas, mudar a percepção da sociedade e apoiar o planejamento estratégico de ações preventivas e mitigatórias.



Futuro

Novos estudos devem se concentrar na melhoria do modelo e na tradução do conhecimento para as partes interessadas.



Plataforma online com alertas dinâmicos do fogo em tempo real aumenta pressão contra expansão agropecuária na Amazônia

João dos Reis

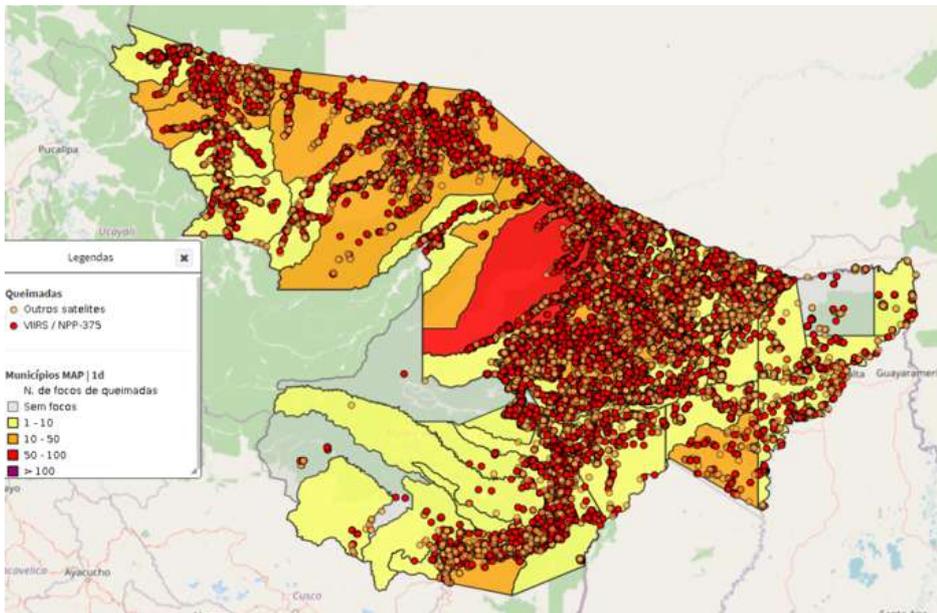


Imagem do módulo de monitoramento da Plataforma MAPFIRE. Foto: Plataforma MAPFIRE
<http://terrama.cemaden.gov.br/griif/mapfire/monitor/>
<https://youtu.be/n6ZoBoSEmNA>

! Problema

A Amazônia tem sido atingida por recordes de seca e grandes incêndios florestais, com consequências para o meio ambiente, a economia e a saúde humana. Desastres como esses resultam de vulnerabilidades socioambientais combinadas com a exposição a riscos e capacidade institucional de ação e reação insuficiente para prevenir ou mitigar os potenciais danos. A recorrência de incêndios e queimadas na Amazônia está diretamente relacionada a mudanças no uso e cobertura da terra em áreas agrícolas ou de florestas convertidas em pasto.

Faltavam ferramentas de livre acesso que fornecessem dados locais integrados e apoiassem o planejamento e a tomada de decisão interinstitucional e entre países que compartilham fronteiras para uma gestão conjunta regional.



Recorte do problema



Inovação metodológica



Vanguarda tecnológica



Campo em expansão



Resultado inédito



Conclusão surpreendente



Incidência política

Objetivo

Aproveitando uma parceria entre institutos e grupos de pesquisa, entre os quais o Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden), o Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), a Secretaria de Estado do Meio Ambiente e das Políticas Indígenas (SEMAPI) do Estado do Acre e a Universidade Federal do Acre, decidimos desenvolver um sistema de monitoramento e alerta de queimadas e incêndios florestais capaz de gerar informações em tempo real sobre o que está queimando, onde e quando, a fim de apoiar medidas de comando e controle por órgãos ambientais.

Metodologia

Decidimos monitorar a área conhecida pelo acrônimo MAP, que abrange os estados de Madre de Dios, no Peru, Acre, no Brasil e Pando, na Bolívia. Primeiro, via Cadastro Ambiental Rural (CAR), identificamos o padrão temporal e espacial das queimadas e a forma de uso e cobertura da terra anualmente, desde 2016 até o momento do estudo. Depois, configuramos a plataforma TerraMA2, do INPE, para montar nosso sistema de monitoramento. A ideia era coletar uma gama de dados ambientais, meteorológicos e de ocorrência de fogo, gerados pelo INPE e LabGama, e extrair as informações de onde, quando e o que estava queimando, monitorando propriedades rurais, áreas protegidas, municípios e até toda a região MAP.

Descoberta

A plataforma MAP-FIRE está online e operante desde 2019, com livre acesso a qualquer pessoa. Ela exhibe em tempo real focos de fogo detectados por satélites, áreas queimadas, desmatamento, condições meteorológicas, previsão de chuva, mapas de uso e cobertura da terra e outros dados geográficos. Buscas podem ser feitas por município, unidade de conservação, imóvel rural no Acre, território indígena ou toda a região MAP.

Somente em Rio Branco, a plataforma detectou 5.304 ocorrências focos de fogo entre janeiro de 2016 e dezembro de 2017, com maior frequência nos meses de junho a outubro, quando chove menos. A vulnerabilidade da vegetação ao fogo está associada à baixa umidade e à alta temperatura do ar. Nessas condições, atividades de limpeza e preparação da terra agrícola com fogo podem ser fatais. Não por acaso, 58% das queimadas aconteceram dentro de imóveis rurais com atividades agropecuárias próximas à vegetação nativa. Os dados comprovam a associação entre o uso do fogo, o desmatamento e a expansão da agropecuária na região como intensificadores dos incêndios florestais.



Presente

Uma plataforma online e aberta como essa é fundamental para a gestão do risco e dos impactos do fogo. Ela pode ser usada por gestores públicos e por toda a sociedade, incluindo organizações do terceiro setor, estudantes, jornalistas e outros.



Futuro

A plataforma continuará em constante evolução, com base na ciência e no diálogo com os atores e comunidades locais, visando benefícios reais para o desenvolvimento sustentável. Consideramos fundamental o apoio à expansão da plataforma para outros estados da federação e sua aplicação efetiva na gestão ambiental nacional.



As vantagens do monitoramento regional para produção de mapas de área queimada

Ana Carolina M. Pessôa

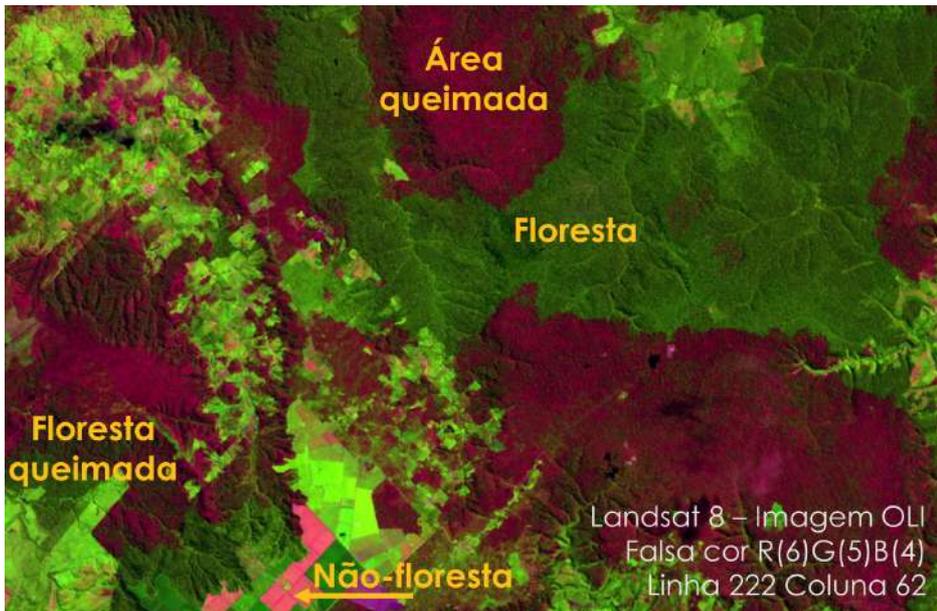


Imagem do sensor OLI a bordo do satélite Landsat 8, após um período crítico de queimadas na Reserva Biológica do Gurupi, no Maranhão. Foto: Satélite Landsat

! Problema

Apesar de as emissões de carbono por incêndios florestais durante secas extremas na Amazônia terem chance de corresponder a mais da metade das emissões globais resultantes do desmatamento, elas não são contabilizadas diretamente no Inventário Nacional de gases de efeito estufa. Relatório oficial do Brasil, o documento mostra se estamos no caminho certo para o cumprimento de metas nacionais e acordos internacionais, como o Acordo de Paris. A devida quantificação dessas emissões depende de uma estimativa confiável da extensão e da localização dos tipos de cobertura do solo afetados pelo fogo.

O sensoriamento remoto tem sido explorado em diversas abordagens metodológicas para o mapeamento de cicatrizes de queimadas, mas há poucos estudos comparando a eficiência e a acurácia dos diversos produtos de áreas queimadas disponíveis.



Recorte do
problema



Inovação
metodológica



Vanguarda
tecnológica



Campo em
expansão



Resultado
inédito



Conclusão
surpreendente



Incidência
política

Objetivo

Decidimos comparar o desempenho de quatro mapeamentos de áreas queimadas gerados por diferentes instituições (TREES, MCD64A1 c6, GABAM e Fire_cci v5.0). Comparamos as diferenças entre esses mapeamentos na produção de estimativas de área total queimada e quantificamos sua influência nas emissões de gases de efeito estufa na Amazônia.

Metodologia

Para garantir a compatibilidade temporal entre os quatro mapeamentos, consideramos os polígonos de área queimada detectados por eles apenas entre junho e novembro de 2015. Em seguida, analisamos os dados espacialmente para entender as diferenças entre eles, com um foco especial nas áreas de florestas afetadas pelo fogo, pois são mais difíceis de detectar nas imagens de satélite.

Descoberta

Cada mapeamento tem uma metodologia de desenvolvimento própria, que incorpora vantagens e limitações. Quando comparamos um mapeamento global (Fire_cci) e um regional (TREES) para o Acre, observamos que a área afetada por fogo detectado pelo mapeamento global pode ser 98% menor, resultando numa estimativa de emissão de carbono de quase 30 milhões de toneladas a menos.

Concluimos que mapeamentos em escala global usados em escala regional podem subestimar significativamente a área queimada detectada e, conseqüentemente, as emissões de carbono associadas a ela.



Presente

O usuário final dos mapeamentos deve escolher qual ou quais combinações vai usar com base no fenômeno e na escala a ser estudada, considerando os parâmetros dos dados do mapeamento e as limitações conferidas no resultado final, buscando otimizar vantagens e produzir dados mais consistentes, conforme suas necessidades.



Futuro

Nosso estudo fornece evidências para o aprimoramento dos algoritmos de detecção de áreas queimadas na Amazônia, em apoio ao desenvolvimento de novas ferramentas mais precisas para a região.



Os incêndios amazônicos na região da tríplice fronteira Acre-Peru-Bolívia têm forte relação com as atividades humanas

Igor Ferreira



Incêndio em floresta no Acre, que faz parte da região MAP (Madre de Dios, Acre e Pando). Foto: Plataforma MAPFIRE
<https://youtu.be/n6ZoBoSEmna>

Problema

Os incêndios florestais estão entre as principais causas de degradação na Amazônia nas últimas décadas e estão associados a grandes prejuízos socioeconômicos e ambientais. A ocorrência e a alteração na dinâmica do fogo nas florestas tropicais estão associadas à ação humana sobre o território e às mudanças das condições climáticas globais e regionais. A alteração nos padrões de incêndios florestais na Amazônia impacta diretamente a saúde da população, a economia regional e os serviços ecossistêmicos oferecidos pela floresta, como os estoques de carbono, contribuindo para o aumento dos casos de doenças respiratórias e das emissões de carbono para a atmosfera.



Recorte do problema



Inovação metodológica



Vanguarda tecnológica



Campo em expansão



Resultado inédito



Conclusão surpreendente



Incidência política

Objetivo

Buscamos identificar as áreas com maior probabilidade de incêndios e os fatores que mais influenciaram a ocorrência destes incêndios na chamada região MAP, que abrange os estados de Madre de Dios, no Peru, Acre, no Brasil e Pando, na Bolívia.

Metodologia

Analisamos a ocorrência de incêndios na região MAP por meio da presença de focos de calor detectados pelo sensor MODIS entre 2003 e 2019. Testamos o algoritmo de aprendizado de máquina (MAXENT) para o cálculo da probabilidade de incêndios, aplicando fatores climáticos, como precipitação e temperatura, e fatores humanos, como áreas de agricultura e desmatamento. Com isso, conseguimos calcular quais áreas são mais favoráveis à ocorrência de incêndios entre no período estudado.

Descoberta

A modelagem de probabilidade de fogo evidenciou que os incêndios tiveram forte relação com as atividades desenvolvidas na região, como agricultura e manejo da pastagem. Estas atividades humanas apresentaram maior poder explicativo para os modelos do que as variáveis climáticas utilizadas, como precipitação e temperatura. Cerca de 42% da região MAP apresentou condições favoráveis para ocorrência de fogo em 2019. Em todas as regiões, as células com maior probabilidade para ocorrência de incêndios concentram-se próximas as áreas mais urbanizadas, principalmente na fronteira entre Acre e Pando, na Bolívia.

Concluimos que é fundamental entender os riscos e os efeitos das mudanças climáticas e de uso e cobertura da terra sobre a dinâmica de incêndios para poder prevenir e modelar cenários de futuros incêndios florestais e assim planejar o desenvolvimento sustentável da Amazônia.



Presente

As informações que geramos podem apoiar as populações locais e os países que integram a região MAP na tomada de decisões e planejamento estratégico para mitigar os riscos e impactos dos incêndios florestais.



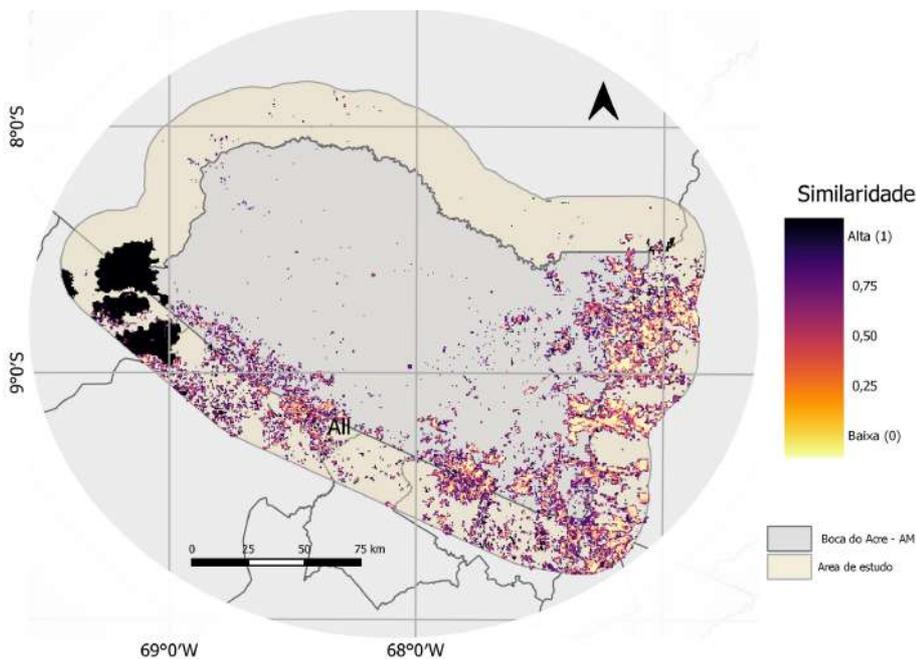
Futuro

A consolidação desta metodologia permitirá operacionalizar a geração de informações para o cálculo do risco futuro de fogo na Amazônia. Os sistemas de previsão são ferramentas fundamentais para o planejamento estratégico do uso do solo nos trópicos.



Uso combinado de ferramentas de mapeamento melhora estimativa de áreas queimadas na Amazônia

Débora Joana Dutra, Poliana Ferro e Thais Medeiros



Varição de área queimada detectada por ferramentas combinadas na região de Boca do Acre (AM) no período de 2003 a 2019. Foto: Débora Joana Dutra

! Problema

O sensoriamento remoto é uma importante ferramenta para o entendimento da dinâmica das queimadas e incêndios florestais. Entre as ferramentas de mapeamento disponíveis para a comunidade científica, destacam-se o GABAM, MCD64A1 (produto do sensor MODIS), GWIS e, mais recentemente, o MAPBIOMAS Fogo, as quais apresentam discrepâncias no mapeamento quando comparadas entre si.



Recorte do problema



Inovação metodológica



Vanguarda tecnológica



Campo em expansão



Resultado inédito



Conclusão surpreendente



Incidência política

Objetivo

Decidimos analisar essas discrepâncias por meio de técnicas de processamento digital de imagens (PDI) e métodos geoestatísticos.

Metodologia

Por geoestatística, verificamos as estimativas de cinco produtos de áreas queimadas (GABAM, GWIS, MAPBIOMAS, MCD64A1 e TREES) com o objetivo de selecionar as áreas mais propensas à ocorrência de incêndios florestais no município de Boca do Acre. Por PDI, analisamos a influência da resolução espacial no mapeamento de cicatrizes de queimadas, aplicando duas abordagens: o Modelo Linear de Mistura Espectral (MLME) e o Índice *Spectral Normalized Burn Ratio* (NBR), este baseado em dados advindos do satélite Sentinel-2. A área de estudo compreendeu a região oeste do estado de Rondônia, na região do Vale do Jamari.

Descoberta

Observamos que as limitações de cada produto variam conforme a escala de estudo e são decorrentes de características e especificações de cada sensor.

O uso de dados do satélite Sentinel-2 junto com o MLME mostrou-se promissor numa análise em escala regional para identificar corretamente as cicatrizes de queimadas. No entanto, quando usadas isoladamente, as ferramentas apresentam discrepâncias de mapeamento que podem resultar em subestimativa de fogo.

Concluímos que a combinação de ferramentas é o método mais confiável para identificar áreas de ocorrência de queimadas e incêndios, reconhecer os padrões sazonais e entender a dinâmica do fogo.



Presente

O uso combinado dessas ferramentas é importante para diminuir as incertezas quanto a área total afetada pelo fogo na Amazônia, e assim estimar impactos, como por exemplo as emissões de gases de efeito estufa geradas pelos eventos de fogo. Com isso, podemos melhorar o planejamento de políticas públicas de prevenção e mitigação de mudanças climáticas.



Futuro

Estamos trabalhando na continuidade do projeto de pesquisa na intenção de desenvolver uma modelagem de cenários futuros de probabilidade de incêndios florestais. Para isso, entender as dinâmicas do fogo no presente é crucial.



Vulnerabilidade institucional fragiliza governança na prevenção e combate ao fogo na tríplice fronteira Brasil-Peru-Bolívia

Gleiciane Pismel



Localização da região MAP (Madre de Dios, Acre e Pando) na Amazônia. Foto: Flávio Forner - RAS-SemFlama

Problema

Diversas modelagens de cenários climáticos preveem o aumento da ocorrência e intensidade das secas na Amazônia ao longo do século 21. Desastres socioambientais relacionados ao fogo têm sido particularmente críticos nos estados amazônicos de Madre de Dios (Peru), Acre (Brasil) e Pando (Bolívia), que juntos são conhecidos como região MAP. Nesse contexto foi criado um grande projeto de pesquisa chamado MAP-Fire, com os objetivos de: compreender de forma abrangente a probabilidade atual e futura de incêndios; quantificar os impactos dos incêndios; diagnosticar e identificar os desafios e gargalos do monitoramento e rotinas de prevenção; conscientizar e aumentar a resiliência das populações; padronizar a terminologia; identificar agentes de mudança e fluxos de informação; fornecer relatórios técnicos para governos; e influenciar políticas de conservação.



Recorte do problema



Inovação metodológica



Vanguarda tecnológica



Campo em expansão



Resultado inédito



Conclusão surpreendente



Incidência política

Objetivo

Neste estudo, que faz parte do projeto MAP-Fire, procuramos entender quais são, em linhas gerais, as capacidades e vulnerabilidades da governança atuante sobre os incêndios florestais na região MAP.

Metodologia

Devido à pandemia, coletamos os dados remotamente, o que traz limitações de abrangência. Elaboramos pela plataforma *Google Forms* um questionário com 43 questões, nas versões em português e em espanhol, estruturado com base no modelo conceitual de Sistema de Alerta e de Gestão de Riscos e Desastres elaborado pelo TREES (ver artigo da página 37). Pretendíamos coletar respostas de grupos de interesse, principalmente agentes da administração pública, instituições não governamentais e integrantes da sociedade civil organizada. Assim, delimitamos os participantes segundo uma abordagem de cima para baixo, começando por gestores e tomadores de decisão. Coletamos respostas entre julho de 2020 e fevereiro de 2021 durante oficinas online a respeito da problemática e por meio de listas de e-mail.

Descoberta

A partir do questionário, 64% dos entrevistados apontaram a vulnerabilidade institucional como sendo a principal fragilidade da governança contra queimadas e incêndios florestais na região MAP, com impactos no conhecimento do risco, no monitoramento, na educação, na comunicação e nas capacidades de prevenção e resposta. O número reduzido de funcionários, recursos financeiros limitados e a influência de disputas políticas são os principais fatores agravantes da vulnerabilidade institucional, os quais se somam à vulnerabilidades ambiental e sociocultural.

As maiores capacidades de governança na região concentram-se na grande contribuição do setor acadêmico-científico, colaborações entre os países que compõem a região MAP e cooperações multissetoriais e interinstitucionais — isto é, vários setores e esferas da administração pública trabalhando em conjunto. No entanto, esses aspectos positivos da governança são frequentemente subestimados. Por vezes, esse diálogo é visto como algo que não vai gerar resultados expressivos, então a categoria tende a receber menos investimento de tempo e recursos. Os entrevistados sentem falta de que a sociedade se envolva mais nos sistemas de alerta e efetiva vontade política para tirar as soluções do papel.



Presente

Esperamos que nosso diagnóstico seja aproveitado por instituições e redes de cooperação para apoiar ações concretas de melhoria de estratégia, infraestrutura, capacidade técnica, arcabouço jurídico e políticas públicas.



Futuro

As discussões sobre o combate ao fogo deverão evoluir numa abordagem transdisciplinar e para uma governança que vá além das fronteiras. É preciso considerar a grande influência de uma complexa rede de estruturas e práticas institucionais em escalas local e internacional.



ARTIGO PUBLICADO

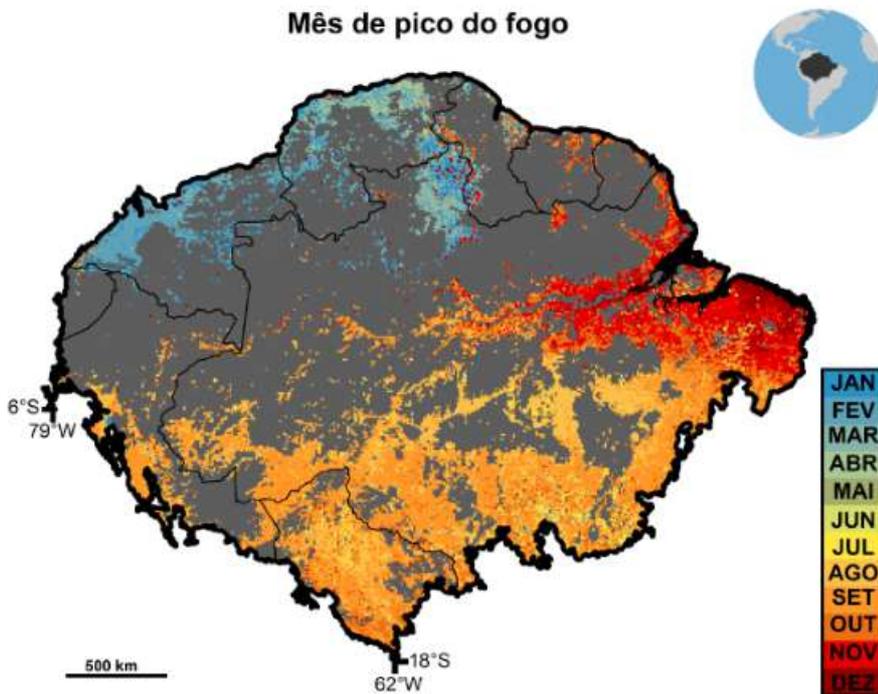
Dinâmica do fogo

ESTAÇÃO SECA,
TEMPORADA DE
FOGO,
PICO DE FOGO,
MANEJO DO FOGO,
CALENDÁRIO DO
FOGO

Conhecer os diferentes períodos da estação seca nas diversas áreas da Amazônia é essencial para a prevenção e o combate a incêndios

Nathália Carvalho

Mês de pico do fogo



Mapa aponta os meses do ano com maior incidência de fogo na Amazônia. Foto: Nathalia Carvalho



Recorte do problema



Inovação metodológica



Vanguarda tecnológica



Campo em expansão



Resultado inédito



Conclusão surpreendente



Incidência política

! Problema

Na Amazônia, o fogo ocorre principalmente na estação seca, período no qual a biomassa tem o menor teor de umidade e está mais propensa à queima. Acontece que a bacia amazônica ocupa uma área superior a 6 milhões de quilômetros quadrados, com grande variabilidade no regime de chuvas. Logo, pressupor uma única estação seca para toda a Amazônia não é adequado para caracterizar a dinâmica do fogo.

Para uma adequada gestão do combate ao fogo, é necessário entender onde e quando a estação seca ocorre em cada área, qual o regime e o pico do fogo nos diferentes locais.

Objetivo

A fim de ajudar tomadores de decisão na elaboração de planos de manejo do fogo e na definição de estratégias para o combate de incêndios criminosos, buscamos definir um calendário confiável das temporadas de seca e fogo para cada região da Amazônia.

Metodologia

Para avaliar a relação entre a estação seca e a ocorrência do fogo ao longo do ano nas diferentes regiões da bacia amazônica, combinamos dados de sensoriamento remoto de chuva e focos de calor. Para entender a variação da estação seca, utilizamos uma série temporal de 39 anos (1981 a 2019) de dados de chuva do *Climate Hazards Group InfraRed Precipitation* (CHIRPS). A partir desses dados calculamos a chuva média mensal e definimos como estação seca os meses consecutivos com valores de chuva menores que 100 mm. Para o fogo, utilizamos dados de focos de calor disponíveis entre 2003 e 2019 obtidos na plataforma *Fire Information for Resource Management System* (FIRMS). Para investigar a dinâmica do fogo, calculamos o percentual mensal de fogo e identificamos o mês de pico, definido como o mês com maior atividade de queima ao longo do ano. Todas as análises foram realizadas considerando-se a distribuição espacial destas variáveis em uma grade de 10 x 10 km.

Descoberta

Comparando o mês do fim da estação seca com o mês do pico de fogo, pudemos observar alguns padrões. Em 47% da área total, o pico do fogo e o pico da estação seca ocorrem no mesmo mês.

A maior atividade de queima na Amazônia está concentrada entre agosto e setembro e atinge 52% da área com registro de fogo, localizada principalmente no sul. No leste, os picos ocorrem de outubro a novembro em 28% do bioma. No norte, os picos de fogo estão concentrados no primeiro trimestre do ano, representando 14% do bioma.



Presente

O calendário de fogo na Amazônia, agora público e gratuito, está disponível em uma plataforma interativa de fácil acesso, onde é possível visualizar mapas mostrando as variações da estação seca, dos meses de pico de fogo e período críticos de queima.

Acesse em:

https://amazonianfirecalendar.shinyapps.io/fire_amazon/



Futuro

Ainda queremos investigar a sazonalidade de cada tipo de uso de fogo na Amazônia e como eventos climáticos, como secas extremas, podem influenciar nesta dinâmica.

Também pretendemos elaborar um calendário do fogo.



LIVRO PUBLICADO

Dinâmica do fogo

EDUCAÇÃO
AMBIENTAL,
REDUÇÃO DO
RISCO DE
DESASTRES,
PERCEPÇÃO DO
RISCO

Material escolar estimula o pensamento científico e incentiva a mitigação de incêndios florestais

Yara de Paula



Capa do Guia de Atividades e pesquisadoras durante capacitação para uso do material em fevereiro de 2022 em diversas regiões da Amazônia. Fotos: EasyTelling e Yara de Paula <https://efogo.weebly.com/>



Recorte do problema



Inovação metodológica



Vanguarda tecnológica



Campo em expansão



Resultado inédito



Conclusão surpreendente



Incidência política

! Problema

Dentre os desafios do combate ao fogo na Amazônia está o de mobilizar e engajar diversos segmentos da sociedade em ações de conscientização, educação, prevenção, fiscalização e cobrança às autoridades. O efeito dos desastres com fogo é sentido por todos nós! Apesar da importância de abordar o tema na escola e envolver os estudantes, não existem atividades de educação ambiental voltadas para a redução do risco de desastres inseridas no currículo escolar no estado do Acre e na região MAP (Madre de Dios no Peru, Acre no Brasil e Pando na Bolívia). As atividades de educação ambiental nas escolas locais normalmente incorporam noções gerais de meio ambiente sem aplicabilidade ou relação direta com a temática do fogo.

Objetivo

Buscamos criar um caminho para adaptar metodologias científicas e tornar a educação ambiental, nas escolas de ensino básico da região, mais engajada com os problemas sociais e ambientais relacionados ao fogo.

Metodologia

Em parceria com professores da rede pública de ensino, desenvolvemos um material de apoio e estímulo a atividades práticas — utilizando o estado da arte do conhecimento científico —, abordando o risco de incêndios florestais e suas consequências, para ser usado principalmente por escolas de ensino básico nos níveis Fundamental II e Médio, mas com flexibilidade para ser adaptado a diversos públicos por outros segmentos, tais como brigadistas, voluntários e sociedade civil. Criamos cinco atividades inovadoras baseadas em metodologias científicas e adaptadas ao contexto escolar e regional amazônico. Quatro escolas e mais de mil estudantes foram envolvidos na implementação das atividades.

Descoberta

Desenvolvemos o guia “É Fogo!”, um livro com cinco propostas de atividades — entre as quais algumas de cunho artístico, como cinema e teatro — a serem conduzidas por professores de diversas disciplinas com alunos do ensino básico nos níveis Fundamental II e Médio. Uma das nossas motivações foi criar formas de envolver pessoas de diferentes gerações em uma visão histórica do problema, diversificar as percepções sobre o tema e valorizar formas de conhecimento locais e tradicionais.

Além de um referencial teórico, o guia traz um passo a passo que orienta a execução de uma metodologia científica, desde a problematização até a divulgação dos resultados. Elaboramos uma versão em português e outra em espanhol. O guia pode ser explorado em diversas disciplinas escolares, de forma multi e interdisciplinar, e permite adaptações a outros públicos.

Duas escolas que desenvolveram as atividades propostas conquistaram prêmios em alguma das categorias previstas no prêmio nacional do Programa Cemaden Educação — sinal de que há oportunidade para conquistas maiores. Esperamos que o currículo escolar em todos os estados brasileiros passe a abordar a temática do fogo no contexto de Educação para Redução do Risco de Desastres (ERRD), como já acontece em alguns locais.



Presente

Com esse formato de produção científica adaptado à realidade escolar, esperamos fornecer uma oportunidade de ingresso de jovens na pesquisa científica e ampliar seus horizontes na visão dos desastres relacionados ao fogo. O guia de atividades *É Fogo!* é gratuito e está disponível em português e espanhol para todos os públicos.



Futuro

A circulação desse conhecimento tem o potencial de contribuir para mudar o cenário de ameaças e impactos que as queimadas e incêndios florestais impõem atualmente às comunidades e ecossistemas da Amazônia. Estamos desenvolvendo ainda um site que favorecerá essa disseminação.



Queimadas e incêndios têm mais chance de ocorrer em áreas fragmentadas da floresta

Thais Medeiros



Foco de calor na Amazônia. Foto: Erika Berenguer

Problema

Dentre os fatores que têm influenciado o aumento na ocorrência e na intensidade das queimadas no Pará, inclusive em áreas protegidas, os principais são as mudanças de uso e cobertura da terra, as condições climáticas, o nível de perda de habitat e a fragmentação da paisagem, a qual está intimamente relacionada com o desmatamento. Entender o peso de cada um desses fatores na dinâmica do fogo pode ajudar na prevenção e gestão do combate aos incêndios florestais.



Recorte do problema



Inovação metodológica



Vanguarda tecnológica



Campo em expansão



Resultado inédito



Conclusão surpreendente



Incidência política

Objetivo

Pretendemos encontrar respostas para as seguintes perguntas:

- 1) Qual o efeito das mudanças na paisagem sobre a ocorrência do fogo no estado do Pará?
- 2) Como a ocorrência do fogo se relaciona com os diferentes tipos de uso e cobertura da terra e as características da vegetação no Pará?
- 3) Os diferentes tipos de áreas protegidas são eficientes para conter a ocorrência e intensidade do fogo?

Metodologia

Selecionamos para este estudo três áreas protegidas localizadas na porção sudeste do estado do Pará, com diferentes sistemas de gestão: Terra Indígena Kayapó, Área de Proteção Ambiental Triunfo do Xingu e Estação Ecológica da Terra do Meio.

Utilizamos algumas métricas da paisagem, quantificamos os focos de calor em cada uma dessas áreas e comparamos a situação de cada uma delas em relação ao nível de fragmentação e taxa de ocorrência de queimadas.

Descoberta

De maneira geral, observamos que as queimadas se concentram na região centro-sul do Pará, com uma suscetibilidade maior ao fogo nas porções sul e noroeste do estado. A transformação e mudança da paisagem provocam alterações no clima da região, onde as estações secas se tornam mais recorrentes e longas, favorecendo a propagação do fogo. Além disso, foi possível perceber o aumento dos focos de calor à medida que há um aumento nas taxas de fragmentação da paisagem. Com relação ao tipo de gestão de área protegida, verificamos que as Unidades de Conservação do tipo Uso Sustentável, como é o caso da APA Triunfo do Xingu, são as que apresentam as maiores taxas de fragmentação e de ocorrência de queimadas, por conta principalmente das fiscalizações esporádicas, invasões sem controle e avanço da frente de desmatamento para essas áreas.

A fragmentação traz efeitos tais como fragmentos mais isolados e menores, maior efeito de borda e maior suscetibilidade a fatores externos. Concluímos que o fogo tende a avançar para as áreas de floresta nativa junto com o desmatamento.



Presente

Seguimos conduzindo estudos para entender como o fogo está relacionado com paisagens fragmentadas e como tais processos afetam as áreas protegidas no estado do Pará.



Futuro

A partir da aplicação de técnicas estatísticas poderemos compreender melhor como as mudanças da paisagem e a ação humana impactam a conservação da biodiversidade e do meio ambiente em áreas protegidas.



Como usar as mídias sociais para disseminar conhecimento e combater a desinformação sobre o fogo na Amazônia

Monique Maia



Queimadas em regiões florestais. Foto: Guilherme Mataveli

Problema

Enquanto as queimadas e incêndios florestais se alastravam pelo continente sul-americano, informações falsas e confusas e muita desinformação se espalhavam mais rapidamente ainda na internet, principalmente via mídias sociais. O dia 10 de agosto de 2019 ficou marcado como o “Dia do fogo”, quando um pico de focos de fogo foi acompanhado de um pico de publicações e pesquisas sobre o tema na internet, sem que toda informação divulgada sobre o fogo, seus riscos e impactos transfronteiriços na Amazônia fosse correta. É preciso encontrar meios de impedir o curso da desinformação e disseminar os fatos científicos que podem auxiliar no combate à destruição de florestas pelo fogo.



Recorte do problema



Inovação metodológica



Vanguarda tecnológica



Campo em expansão



Resultado inédito



Conclusão surpreendente



Incidência política

Objetivo

Buscamos criar um jeito de divulgar descobertas científicas comprovadas a respeito do uso do fogo, incêndios florestais e queimadas em biomas nativos por meio das mídias sociais, de modo que o público absorvesse e replicasse informação qualificada.

Metodologia

Com linguagem graficamente adaptada a diferentes meios de comunicação, publicamos nos perfis do Projeto MAP-Fire nas plataformas de redes sociais digitais (Facebook, Instagram e YouTube) e mais de 80 grupos de discussão sobre estudos acadêmicos e mudança climática informações extraídas de artigos científicos, resultados preliminares, eventos, palestras, relatórios e outros resultados ligados aos problemas no uso do fogo e seus impactos. Para atrair usuários, usamos técnicas de marketing digital (*outbound e inbound*), design gráfico, edição de vídeo e produção audiovisual, com diversificação de táticas e segmentação de público. Monitoramos os resultados por meio de ferramentas prontas para coleta de dados de audiência e engajamento, tais como Reportei e Studio.

Descoberta

No Instagram, tivemos um alcance de 41 mil pessoas e mais de 115 mil impressões. Já no Facebook, tivemos um alcance de 155 mil usuários e mais de 182 mil impressões. Com isso, os perfis do MAP-Fire na internet têm conquistado crescente número de seguidores de forma orgânica, sem investimento em divulgação paga. Percebemos que há perfis variados de seguidores, que incluem professores de ensino médio, alunos de graduação e pós-graduação, pesquisadores, apoiadores ou simpatizantes do projeto, defesa civil, bombeiros, trabalhadores da área de segurança e riscos, além de usuários sem vínculo exposto com instituições.

A comunicação científica é peça-chave para o público se beneficiar do conhecimento científico produzido. A intensificação do uso de plataformas e meios de comunicação digitais para a difusão de informação científica de forma clara, abrangente e com qualidade ditará o ritmo com o qual a ciência permeará a sociedade. Empoderar os cidadãos com conhecimento científico é o primeiro passo para a transformação rumo a um futuro sustentável.



Presente

A partir das mídias sociais, o projeto MAP-Fire passa a interagir mais com quem já tinha interesse prévio no tema e também abre a possibilidade de engajar pessoas que não são do meio científico.



Futuro

Planejamos atrair assinantes de uma newsletter a ser enviada por e-mail, para estreitar o relacionamento com os mais interessados.



Emissões de carbono

A maior parte das emissões nacionais de carbono é consequência da destruição de florestas e contribui diretamente com o aquecimento global. Metade do peso de cada árvore é carbono. O desmatamento, as queimadas e a degradação de florestas destroem as árvores e liberam o carbono acumulado em sua estrutura para a atmosfera. Essas emissões contribuem com a elevação da temperatura do planeta, comprometem o Acordo de Paris e ainda limitam o desenvolvimento de uma economia sustentável que poderia gerar riquezas para o país. Os estudos a seguir evidenciam aspectos relevantes relacionados a esta problemática.



Angelim Saia (Floresta Amazônica). Foto: Juan Doblaz

-
- 60** Método inédito de análise da poluição por fogo sugere caminho para entender sua dinâmica
 - 62** Onde há fumaça, há fogo: o aumento da exposição da população à poluição do ar decorrente de incêndios florestais
 - 64** Incêndios florestais aumentam as emissões de carbono por décadas, mesmo após a regeneração das espécies



ARTIGO PUBLICADO

Emissões de carbono

QUEIMA DE BIOMASSA, AEROSSÓIS, DESMATAMENTO, FLORESTAS TROPICAIS, SENSORIAMENTO REMOTO, MAPBIOMAS

Método inédito de análise da poluição por fogo sugere caminho para entender sua dinâmica

Guilherme Mataveli



Queima controlada durante o manejo integrado do fogo no Parque Nacional das Sempre - Vivas. Foto: Guilherme Mataveli

! Problema

Com o crescente aumento do desmatamento, queimadas e incêndios na Amazônia, é essencial entender como a queima de biomassa se relaciona com a emissão de gases de efeito estufa e aerossóis, que são partículas que ficam em suspensão no ar: grandes, como a fuligem, ou microscópicas, como a fumaça. Além disso, os riscos à saúde humana causados pela poluição do ar nem sempre são considerados nos projetos de conservação das florestas.



Recorte do problema



Inovação metodológica



Vanguarda tecnológica



Campo em expansão



Resultado inédito



Conclusão surpreendente



Incidência política

Objetivo

Buscamos produzir uma estimativa das emissões de material particulado, ou poluição do ar, associadas à queima de biomassa na Amazônia.

Metodologia

Usamos o modelo *Brazilian Biomass Burning* com o *Fire Radiative Power* (3BEM_FRP) para estimar a emissão de material particulado e os mapas de uso e cobertura da terra do Projeto MapBiomass para estimar o desmatamento anual na Amazônia. A partir da integração destes dados, analisamos de que forma o desmatamento influenciou as emissões associadas à queima de biomassa na região nas duas últimas décadas, de 2002 a 2020, em três escalas de análise: toda a Amazônia, país/estado e pixel.

Até onde sabemos, essas variáveis nunca foram estudadas numa série de tempo tão longa em escalas de estudo distintas.

Descoberta

A Amazônia foi responsável por 48% do total de material particulado emitido pela queima de biomassa em toda a América do Sul. O desmatamento e as emissões na Amazônia concentraram-se nas regiões leste e centro-sul, as porções menos preservadas. Observamos uma grande variação nas estimativas anuais de partículas suspensas associadas à queima de biomassa e ao desmatamento. Na década de 2011-2020, enquanto a emissão de partículas diminuiu, o desmatamento aumentou dramaticamente na região.

Logo, embora o desmatamento contribua para as emissões de material particulado fino, ele não explica toda essa emissão. Isso ocorre porque as interações entre fogo e suas emissões, a vegetação, o desmatamento e o clima frequentemente envolvem relações complexas e não lineares. Para entender as emissões de queima de biomassa de forma mais completa, é preciso estudar a influência das condições climáticas e eventos climáticos extremos, particularmente críticos, pois esta região está se tornando mais seca e mais suscetível a extremos de estiagem por causa das mudanças climáticas. Também importam as condições do solo e certas características da vegetação.

Concluimos que, além dos prejuízos ecossistêmicos, os riscos para a saúde humana decorrentes da poluição por fumaça também devem ser elevados como um motivador significativo e argumento a mais para a conservação das florestas.



Presente

É esperado que o avanço das atividades humanas sobre áreas preservadas da Amazônia continue, o que tende a gerar mais queimadas e desmatamento e agravar a poluição do ar. A vulnerabilidade respiratória dos povos nativos fica ainda mais frágil em razão da pandemia de COVID-19.



Futuro

Será preciso entender melhor o papel do clima nas emissões provenientes do fogo. As mudanças climáticas tornam o quadro ainda mais crítico. Convém atualizar bancos de dados a partir do MapBiomass e incluir fogos ativos derivados do Visible Infrared Imaging Radiometer Suite (VIIRS) e do Satélite Ambiental Operacional Geoestacionário-R (GOES-R) no uso do modelo 3BEM_FRP.



ARTIGO PUBLICADO

Emissões de carbono

COBRADE,
ACRE,
GOVERNANÇA,
PLANEJAMENTO,
SAÚDE PÚBLICA

Onde há fumaça, há fogo: o aumento da exposição da população à poluição do ar decorrente de incêndios florestais

Liana O. Anderson



Fumaça das queimadas aumenta doenças respiratórias no Acre. Foto: Liana Anderson

Problema

A cada ano, 4 milhões de pessoas morrem no mundo por inalar poluição na forma de partículas sólidas finas, que penetram nos pulmões, coração e corrente sanguínea e causam alguns tipos de câncer e outras doenças. Essas partículas se formam a partir de uma variedade de compostos e toxicidades. Com exceção dos grandes centros urbanos, onde a maior parte da poluição vem dos meios de transporte, as queimadas e incêndios florestais são a principal fonte de poluição atmosférica na Amazônia. Apesar disso, o Sistema Nacional de Proteção e Defesa Civil (Sinpdec), que registra ocorrências associadas a incêndios, não trata o impacto da poluição como desastre. É importante entender a intensidade, frequência e magnitude dessas ameaças para formular medidas de saúde pública apropriadas.



Recorte do problema



Inovação metodológica



Vanguarda tecnológica



Campo em expansão



Resultado inédito



Conclusão surpreendente



Incidência política

Objetivo

A partir dos dados sobre os incêndios florestais na Amazônia em 2019, quisemos quantificar a exposição da população à poluição decorrente do fogo.

Metodologia

Consultamos as bases de dados do Sistema de Informações sobre Desastres (S2ID) de 2000 a agosto de 2019 e as portarias que classificaram as ocorrências como Situação de Emergência (SE) ou Estado de Calamidade Pública (ECP) entre 2003 e 2017. A partir de três fontes de dados espaciais, analisamos os focos de calor, dados de qualidade do ar referentes aos níveis de concentração de partículas finas (PM2.5) e dados populacionais para quantificar a exposição das pessoas e sua proximidade aos incêndios para o estado do Acre. Em seguida, analisamos o que a imprensa, um grupo de especialistas e os sensores de qualidade do ar disponíveis na [plataforma PurpleAir](#) diziam sobre os impactos das queimadas e incêndios florestais de 2019 na saúde pública do estado.

Descoberta

Observamos que ocorre negligência na atividade de registrar, no S2ID, ocorrências de incêndios florestais e situações de emergência e calamidade pública associados à baixa qualidade do ar, principalmente na região norte do país. Identificamos também o aumento do número de pessoas vivendo em áreas onde há prevalência de baixa qualidade do ar no estado do Acre. Ali vivem mais de 80 mil pessoas.

Não analisamos a capacidade das redes estadual e municipal de saúde do estado do Acre em atender a população. No entanto, diante da situação crítica da ocorrência de queimadas e incêndios florestais reportados durante a crise do fogo, em agosto de 2019, entendemos que existe a possibilidade de esse quadro ser classificado como desastre.



Presente

Os resultados parciais deste artigo podem ser úteis para aprimorar o planejamento das ações de gestão de risco de desastres associados a incêndios florestais. Esperamos também que possam ajudar a organizar campanhas de prevenção em localidades com recorrência de baixa qualidade do ar.



Futuro

Novos trabalhos deverão investigar as dimensões de vulnerabilidade da saúde da população a incêndios florestais e a relação local entre os dados dos sensores de qualidade do ar com o número de internações hospitalares, buscando contribuir com o planejamento de ações de resposta do sistema público de saúde à situação de crise.



ARTIGO PUBLICADO

Emissões de carbono

Incêndios florestais aumentam as emissões de carbono por décadas, mesmo após a regeneração das espécies

Camila Silva

DINÂMICA PÓS-FOGO,
MORTALIDADE DE
ÁRVORES,
PRODUTIVIDADE
DA MADEIRA,
RECUPERAÇÃO A
LONGO PRAZO,
PERTURBAÇÃO DO
FOGO, SECA



Mortandade por fogo de subbosque. Foto: Juan Doblaz

! Problema

As florestas úmidas na Amazônia têm se tornado mais inflamáveis devido a eventos extremos de secas e ao avanço do desmatamento, o que ameaça a preservação da biodiversidade e dos elevados estoques de carbono. Incêndios florestais de larga escala, sem precedência no bioma, foram observados nas últimas décadas, e essa vegetação não está adaptada com proteção física aos danos causados pelo fogo. Uma vez afetadas, árvores centenárias morrem, e o carbono é, aos poucos, liberado para a atmosfera via decomposição da matéria orgânica.

Podemos monitorar perdas e ganhos de carbono medindo a mortalidade e a regeneração da flora ao longo dos anos em parcelas permanentes de inventário florestal. Um conhecimento mais consolidado sobre o papel futuro das florestas na Amazônia requer que mais áreas de florestas sejam monitoradas, e por um período de tempo mais longo.



Recorte do problema



Inovação metodológica



Vanguarda tecnológica



Campo em expansão



Resultado inédito



Conclusão surpreendente



Incidência política

Objetivo

Buscamos entender como o efeito do fogo altera os estoques de carbono em florestas tropicais úmidas no longo prazo.

Metodologia

Entre 2009 e 2015, monitoramos em campo aproximadamente 10.000 indivíduos arbóreos em 69 parcelas de floresta localizadas em cinco regiões do bioma amazônico. Utilizamos imagens do satélite Landsat para avaliar as cicatrizes do fogo nestas áreas. Medimos a mortalidade e a regeneração em cada local e aplicamos os dados em modelos matemáticos para gerar estimativas do carbono estocado, emitido e removido da atmosfera.

Descoberta

A partir de uma análise de cronossequência aplicada aos dados coletados, foi possível traçar um histórico do efeito do fogo ao longo de 30 anos. Observamos que, no geral, florestas afetadas por fogo levam mais que três décadas para recuperar seus estoques de carbono e permanecem com cerca de 25% menos carbono estocado, em média, em comparação com florestas intactas. Isso ocorre porque o fogo pode matar árvores grandes e de madeira densa, justamente as que estocam mais carbono e levam mais tempo para crescer. Meses após o fogo, a floresta começa a se regenerar com o nascimento de árvores de espécies de crescimento rápido, madeira menos densa e ciclo de vida mais curto, ou seja, que estocam menos carbono e por menos tempo.

Essa transição resulta num saldo positivo de emissões líquidas de CO₂ para a atmosfera. Quatro anos após o fogo há um pico de emissões de CO₂, por conta da mortalidade tardia de árvores grandes afetadas pelo fogo e do acúmulo da biomassa morta na floresta. Apenas 35% das emissões por fogo são neutralizadas pela regeneração da floresta.



Presente

O estudo continua. Estamos desenvolvendo um modelo para estimar as emissões de CO₂ para todo o bioma amazônico a partir de mapas das cicatrizes de fogo em florestas.



Futuro

Será preciso desenvolver métodos para o escalonamento das emissões por fogo para todo o bioma amazônico, com a integração de dados de campo com os do sensoriamento remoto. Esse passo será fundamental para avançarmos na contabilidade das emissões em escala regional e incluí-los nos inventários nacionais.



Extremos climáticos

Este capítulo trata de dois processos que têm relevância global. Combater o desmatamento e a degradação florestal é fundamental para o desenvolvimento sustentável, pois ajuda a manter a estabilidade de processos ecossistêmicos vitais, tais quais garantir o provimento de chuva e umidade ao ambiente, como também de alimentos e energia para os seres humanos e animais ali presentes. Frear e reverter esses processos impacta na qualidade de vida de todos ao mesmo tempo em que produz riquezas socioeconômicas e culturais. Os estudos a seguir trazem fatos de grande relevância para a produção científica e a ação política.



Área recém desmatada e queimada na Amazônia. Foto: Liana O. Anderson

67

Quanto mais secas a floresta amazônica enfrenta, menor sua capacidade de realizar fotossíntese

69

Chuva extrema e seus impactos no estado de Minas Gerais em janeiro de 2020: podemos culpar as mudanças climáticas?



ARTIGO PUBLICADO

Extremos climáticos

AMAZÔNIA,
VULNERABILIDADE
DA FLORESTA,
IMPACTOS,
SECAS EXTREMAS

Quanto mais secas a floresta amazônica enfrenta, menor sua capacidade de realizar fotossíntese

Liana O. Anderson



Vista do impacto do fogo em região afetada pelo fogo na Amazônia. Foto: Liana O. Anderson

Problema

A saúde da vegetação se mede por sua capacidade de realizar a fotossíntese. Como as florestas amazônicas estão sendo impactadas de forma progressiva pelos extremos de secas e temperatura, é importante medir com precisão qual é a perda de sua capacidade de remover e absorver carbono da atmosfera, crescer normalmente e se reproduzir.



Recorte do problema



Inovação metodológica



Vanguarda tecnológica



Campo em expansão



Resultado inédito



Conclusão surpreendente



Incidência política

Objetivo

Decidimos quantificar a vulnerabilidade das florestas Amazônicas às secas, que é uma medida da exposição destas florestas, e sua sensibilidade, que determina o grau em que a seca as afetou, por meio de sensoriamento remoto.

Metodologia

Para medir a exposição da floresta às secas, avaliamos a seca meteorológica, por meio do índice de precipitação padronizado (*Standardized Precipitation Index*, ou SPI), e o déficit hídrico, que está relacionado ao período em que a vegetação perde mais água por evaporação do que a que recebe pelas chuvas, para o período de 1981 a 2016. A sensibilidade foi avaliada com base nas anomalias do Índice de Vegetação Melhorado (*Enhanced Vegetation Index* - EVI), extraído dos dados do sensor MODIS, a bordo do satélite Terra, para o período de 2003 a 2016.

Descoberta

Estimamos que cerca de 46% do bioma amazônico foi exposto a seca severa durante o ano de 2015/16, taxa bem maior quando comparada a períodos de seca anteriores: 16% para 2009/2010 e 8% para 2004/2005. Mais de 400.000 km² de florestas foram afetados pela seca nesse período, e de forma ainda mais proeminente que nas secas anteriores.

Esses resultados indicam que os impactos da seca foram se exacerbando ao longo do tempo. Isso significa que essas florestas estão se tornando mais vulneráveis às secas, com áreas maiores respondendo de forma intensa e negativa à escassez de água. Ao que parece, não está havendo tempo suficiente entre os extremos de secas para a floresta se recuperar.

As partes norte e sul da Amazônia têm sido cada vez mais expostas a extremos de chuvas. No leste da região, houve um aumento nas chuvas desde 1981. No entanto, a estação seca no sul da Amazônia está ficando cada vez mais seca. Portanto, as diferenças no regime de chuvas entre a estação chuvosa e seca estão aumentando.

A maioria dos estudos que relacionaram anomalias de chuvas e secas com a mortalidade ou a produtividade de árvores se baseou em uma coleta de dados iniciada em 1998. Em nosso estudo, observamos que antes do ano 2000 a Amazônia já estava sendo exposta a secas extremas em diferentes regiões.



Presente

Nosso estudo revela que, a cada evento de seca, a floresta é impactada negativamente de forma cada vez mais intensa.

Devido ao curto intervalo de tempo em que estes extremos vêm ocorrendo, não há tempo hábil para a floresta se recuperar.



Futuro

Com esta análise de série temporal mais longa, nosso trabalho aponta novas áreas da Amazônia onde estudos dos impactos de secas recorrentes devem ser realizados.



ARTIGO PUBLICADO

Extremos climáticos

ANTROPOCENO,
PERDAS
SOCIOECONÔMICAS,
VULNERABILIDADE
SOCIOAMBIENTAL,
PLANEJAMENTO
TERRITORIAL

Chuva extrema e seus impactos no estado de Minas Gerais em janeiro de 2020: podemos culpar as mudanças climáticas?

Ricardo Dalagnol



Enchente que devastou cidades mineiras em 2020: prejuízo de pelo menos R\$ 1,3 bilhão e mais de 90 mil pessoas desabrigadas. Foto: Defesa Civil de Minas Gerais/divulgação

! Problema

Em janeiro de 2020, um evento de chuva extrema atingiu o estado de Minas Gerais, causando grandes impactos na infraestrutura e na população. Os principais danos ocorreram na região sudeste de Minas Gerais. Teria a mudança climática alguma coisa a ver com isso?



Recorte do problema



Inovação metodológica



Vanguarda tecnológica



Campo em expansão



Resultado inédito



Conclusão surpreendente



Incidência política

Objetivo

Decidimos calcular os impactos socioeconômicos deste evento e avaliar em que medida ele poderia ser associado com mudanças climáticas.

Metodologia

Unimos pesquisadores do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Universidade de São Paulo (USP), Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden) e Reino Unido para um experimento de modelagem climática (modelo HadGEM3-A). Usamos dados socioeconômicos do estado de Minas Gerais, montamos uma simulação de um mundo natural prévio à revolução industrial e comparamos o mundo simulado com este nosso mundo atual, cerca de 1.1 C grau Celcius mais quente e com emissões exorbitantes de gases do efeito estufa para atmosfera.

Descoberta

O principal resultado foi que as mudanças climáticas induzidas pela atividade humana foram responsáveis por aumentar a probabilidade de ocorrência desse evento de chuva extrema em 70%. Mais de 90.000 pessoas foram afetadas, entre desabrigados e mortos, e mais de R\$ 1,3 bilhão foi perdido em infraestrutura pública e privada. Estimamos que 41% desse estrago pode ser atribuído às mudanças climáticas induzidas pela atividade humana.



Presente

A previsão de que eventos dessa magnitude podem se repetir a cada quatro anos exige melhorias imediatas no planejamento estratégico das cidades, com foco em mitigação e adaptação, com prontidão para ações de resposta a desastres. A sociedade deve ser informada disso e cobrar devidamente as autoridades.



Futuro

Novos estudos podem investigar em detalhes os efeitos desproporcionais de eventos extremos sobre as populações pobres e as interações de aspectos humanos, econômicos e políticos dentro dos sistemas ecológicos, cruzando dados de alta resolução de municípios afetados com informações topográficas, modelagem hidrológica e dados socioeconômicos.



Inteligência artificial

Este capítulo trata de dois processos que têm relevância global. Combater o desmatamento e a degradação florestal é fundamental para o desenvolvimento sustentável, pois ajuda a manter a estabilidade de processos ecossistêmicos vitais, tais quais garantir o provimento de chuva e umidade ao ambiente, como também de alimentos e energia para os seres humanos e animais ali presentes. Frear e reverter esses processos impacta na qualidade de vida de todos ao mesmo tempo em que produz riquezas socioeconômicas e culturais. Os estudos a seguir trazem fatos de grande relevância para a produção científica e a ação política.



Inteligência artificial é utilizada no mapeamento de espécies de árvores. Foto: Rafael Aleixo/Setec

- 72** Inteligência artificial mapeia a ocorrência de palmeiras e pode revelar riquezas desconhecidas do Brasil
- 74** Monitoramento por laser combinado com inteligência artificial permite contar número exato de palmeiras na Amazônia
- 76** Algoritmo reduz trabalho do pesquisador ao buscar automaticamente imagens de satélite qualificadas
- 78** Combinação de dados e técnicas de aprendizado de máquina produzem melhorias na quantificação da biomassa da floresta amazônica



ARTIGO PUBLICADO

Inteligência artificial

Inteligência artificial mapeia a ocorrência de palmeiras e pode revelar riquezas desconhecidas do Brasil

Fabien Wagner e Ricardo Dalagnol

U-NET,
SEGMENTAÇÃO
SEMÂNTICA,
APRENDIZAGEM
PROFUNDA,
DISTRIBUIÇÃO DE
ESPÉCIES, IMAGENS
DE ALTÍSSIMA
RESOLUÇÃO



Dossel de uma floresta madura na região amazônica. Foto: Henrique Cassol

! Problema

A flora brasileira possui riquezas que não estão sendo contabilizadas, muitas das quais são perdidas por desmatamento antes mesmo de sabermos que elas existem. Mapear em escala regional as espécies de plantas que compõem nossos biomas, a fim de fornecer informações a ecologistas e gestores florestais, é um desafio para a comunidade científica de sensoriamento remoto. O grupo de pesquisa TREES foi pioneiro no desenvolvimento de técnicas para o mapeamento de espécies arbóreas por inteligência artificial, sob a liderança dos cientistas Dr. Fabien Wagner e Dr. Ricardo Dalagnol, que estiveram no grupo até 2021 e hoje trabalham nos Estados Unidos.



Recorte do problema



Inovação metodológica



Vanguarda tecnológica



Campo em expansão



Resultado inédito



Conclusão surpreendente



Incidência política

Objetivo

Decidimos mapear a presença de palmeiras em uma região da Amazônia brasileira e entender como o histórico de degradação e as condições do solo se relacionam com sua distribuição espacial.

Metodologia

Usamos um algoritmo de aprendizado profundo chamado U-net e imagens multiespectrais de altíssima resolução do satélite GeoEye para identificar, segmentar e mapear palmeiras em uma área de aproximadamente 3.000 km² de floresta amazônica. O mapa foi usado para analisar a distribuição espacial das palmeiras e sua relação com a perturbação humana e as condições do solo.

Descoberta

Constatamos que as palmeiras cobrem 6,4% do dossel da floresta e estão distribuídas em mais de dois milhões de manchas, cada qual podendo representar um ou mais indivíduos arbóreos. A densidade das palmeiras é claramente afetada pela perturbação humana. A densidade pós-perturbação em florestas secundárias (que estão em regeneração) parece estar relacionada ao tipo de perturbação, sendo maior em áreas de pastagens abandonadas e menor em florestas que já foram cortadas e abandonadas. A abundância de palmeiras é controlada naturalmente pelo conteúdo de água do solo local: áreas inundadas e alagadas próximas aos rios e áreas secas no topo das colinas são evitadas. Há dois habitats preferenciais: a baixa elevação acima dos grandes rios e a encosta diretamente abaixo do topo das colinas.

No geral, a distribuição das palmeiras na região indica uma paisagem relativamente intocada, embora dentro de uma floresta que está criticamente ameaçada por causa de sua localização entre duas frentes de desmatamento e de corte ilegal.



Presente

Esse tipo de método é importantíssimo para o mapeamento e monitoramento dos recursos naturais do Brasil e pode ser usado para várias espécies.



Futuro

Novos dados de distribuição de espécies de árvores, como um mapa de todas as palmeiras adultas identificadas neste trabalho, são urgentemente necessários no apoio ao inventário de espécies da Amazônia e para o entendimento de sua distribuição e diversidade.



ARTIGO EM FASE DE REVISÃO

Inteligência artificial

Monitoramento por laser combinado com inteligência artificial permite contar número exato de palmeiras na Amazônia

Ricardo Dalagnol

U-NET,
SEGMENTAÇÃO
SEMÂNTICA,
APRENDIZAGEM
PROFUNDA,
DISTRIBUIÇÃO DE
ESPÉCIES, IMAGENS
DE ALTÍSSIMA
RESOLUÇÃO



Um trecho de floresta degradada com palmeiras na região amazônica. Foto: Acervo TREES

Problema

Estudos de ecologia e biodiversidade carecem de informações detalhadas sobre as espécies vegetais presentes em cada bioma. A inteligência artificial apresenta um novo e promissor caminho para um mapeamento completo das árvores brasileiras.



Recorte do problema



Inovação metodológica



Vanguarda tecnológica



Campo em expansão



Resultado inédito



Conclusão surpreendente



Incidência política

Objetivo

Buscamos explorar um novo caminho de pesquisa para entender a distribuição das palmeiras na paisagem amazônica e os fatores que a influenciam.

Metodologia

Em meio a um estudo em andamento, usamos dados do LiDAR, do inglês *Light Detection And Ranging*, uma tecnologia que usa laser, junto com uma técnica baseada em inteligência artificial chamada de U-Net, para detectar e localizar cada uma das copas de palmeiras em uma área de 2.300 km² na floresta amazônica brasileira.

Descoberta

Nosso modelo permitiu mapear mais de 1 milhão de palmeiras a partir de 7.000 copas inicialmente desenhadas à mão pelos pesquisadores. O maior agrupamento de palmeiras foi observado no Pará, que tem florestas naturalmente mais abertas e com mais clareiras, porém também com altos índices de degradação.



Presente

Nosso mapeamento pode ser útil nos objetivos de promover a conservação da natureza e criar estratégias regionais de desenvolvimento econômico com foco na bioeconomia.



Futuro

O modelo pode ser aplicado para outros dados que vierem a ser coletados na floresta.



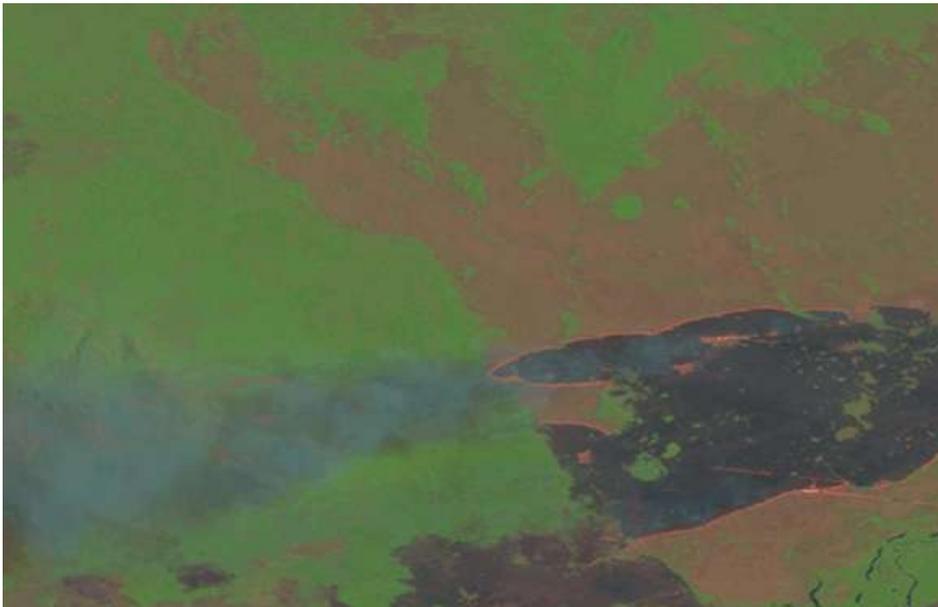
ARTIGO PUBLICADO

Inteligência artificial

ÁREA QUEIMADA,
OPERACIONALIZAÇÃO,
DESENVOLVIMENTO
DE PRODUTOS

Algoritmo reduz trabalho do pesquisador ao buscar automaticamente imagens de satélite qualificadas

Mikhaela Pletsch



Exemplo de imagem do satélite Landsat mostrando área queimada e focos de fogo ativo. Foto: Satélite Landsat - USGS

Problema

O fogo é uma das principais ameaças da Amazônia, e seus impactos vão além das fronteiras de apenas um país. Para detectar e monitorar as queimadas, imagens de satélite são comumente usadas. Atualmente, diferentes satélites que percorrem repetidamente uma mesma área em questão de dias, horas ou até mesmo minutos são utilizados para esse fim. Apesar das vantagens da abundância de informação gerada, analisar uma quantidade imensa de imagens pode não ser tarefa simples para laboratórios de pesquisa. Faltava um mecanismo de filtragem de imagens para otimizar o trabalho.



Recorte do problema



Inovação metodológica



Vanguarda tecnológica



Campo em expansão



Resultado inédito



Conclusão surpreendente



Incidência política

Objetivo

Quisemos desenvolver uma ferramenta que permitisse aos pesquisadores selecionar as imagens certas para seu estudo pelo critério do fenômeno investigado, em vez de usar apenas data ou localização. Mais especificamente, queríamos criar um piloto para otimizar, facilitar e acelerar a identificação das imagens de satélite mais adequadas para os estudos de focos de fogo na Amazônia.

Metodologia

O banco de dados de imagens de sensoriamento remoto é composto por imagens dos satélites Landsat 5 e 8. Nós criamos o algoritmo ReSIIM (*Remote Sensing Image Information Mining*), capaz de qualificar e selecionar ("minerar") informações em imagens de satélite.

O algoritmo foi organizado em duas etapas principais: extração e geração de metadados. A acurácia do ReSIIM foi avaliada tanto com relação à busca de imagens adequadas para estudos de fogo quanto como uma ferramenta de identificação de áreas já queimadas.

Descoberta

Nos testes que realizamos, nosso produto foi capaz, principalmente, de ajudar no processo de filtragem de imagens adequadas para a detecção de áreas de queimadas. O ReSIIM atualmente é capaz de identificar áreas com solo exposto, nuvem, sombra de nuvem, área sem nuvem e sem água (ideal para a detecção de áreas queimadas), vegetação densa e água. Os alvos são identificados com base em modelos matemáticos, que, embora não sejam sempre absolutos na classificação, podem ser continuamente aperfeiçoados.



Presente

Embora a precisão da metodologia ReSIIM não seja absoluta, com criatividade o pesquisador pode usar a ferramenta para encontrar imagens específicas relacionadas a fenômenos que ocorrem na natureza, sem precisar analisar exaustivamente uma imagem por vez.



Futuro

A ferramenta apoiará muitos outros caminhos de pesquisa em sustentabilidade. Como o ReSIIM pode ser continuamente aperfeiçoado, pode-se também fazer pesquisas para entender as demandas dos usuários e incorporá-las no algoritmo.



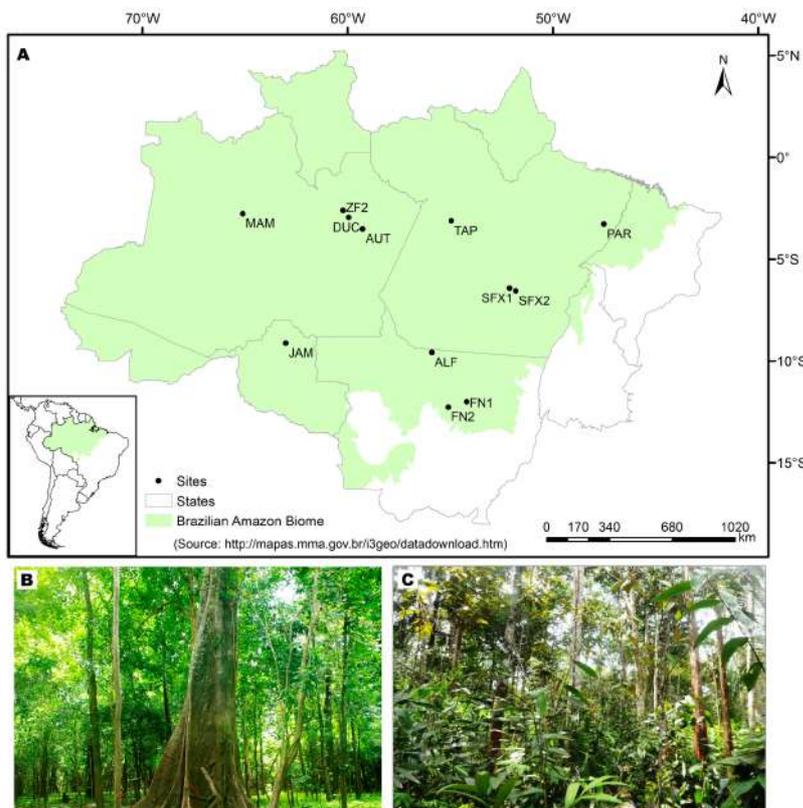
ARTIGO PUBLICADO

Inteligência artificial

SENSOR LIDAR,
MACHINE
LEARNING,
RANDOM FOREST,
CUBIST

Combinação de dados e técnicas de aprendizado de máquina produzem melhorias na quantificação da biomassa da floresta amazônica

Catherine Almeida



Dados e técnicas avançadas foram usados para estimar a biomassa florestal em escala regional na Amazônia. Foto: Catherine Almeida



Recorte do problema



Inovação metodológica



Vanguarda tecnológica



Campo em expansão



Resultado inédito



Conclusão surpreendente



Incidência política

! Problema

Estimativas precisas da biomassa acima do solo em florestas tropicais são cruciais para apoiar estratégias de conservação de ecossistemas e mitigação de mudanças climáticas, já que a biomassa determina a quantidade de carbono que pode ser armazenada ou emitida para a atmosfera em caso de desmatamento ou degradação da floresta. No entanto, essas estimativas em escalas regionais e locais ainda são altamente incertas. Precisamos das melhores estimativas possíveis da biomassa amazônica.

Objetivo

No intuito de descobrir como aumentar a precisão das estimativas da biomassa amazônica por meio dos instrumentos de medição disponíveis, decidimos comparar a capacidade de diferentes tecnologias de sensoriamento remoto e técnicas avançadas de análise de dados.

Metodologia

Uma das tecnologias que utilizamos foi o LiDAR, um sensor ativo que emite feixes de laser para gerar informações tridimensionais da vegetação. A outra foi um sensor hiperespectral, que permite captar a composição das plantas a partir da luz refletida pela vegetação. Esse sensor produz centenas de imagens em diferentes faixas do espectro da radiação, que vão além das que o olho humano pode enxergar. Em nossa modelagem, buscamos selecionar as melhores métricas e avaliar seis diferentes algoritmos de *machine learning* (aprendizagem de máquina), tais como Random Forest e Cubist.

Descoberta

Constatamos que, usados isoladamente, os dados de cada ferramenta fornecem modelos de precisão relativamente alta, desde que apliquemos métricas e algoritmos adequados. Quando integramos os dados, combinando informações estruturais e bioquímicas da vegetação, obtivemos estimativas da biomassa florestal significativamente melhores.

Ficou evidente o potencial complementar dos sensores LiDAR e hiperespectrais para a estimativa da biomassa. Concluímos que a combinação de duas tecnologias avançadas em sensoriamento remoto por meio de técnicas de aprendizagem de máquina pode aumentar a exatidão das estimativas de biomassa da floresta amazônica.



Presente

Esperamos que a diminuição na incerteza das estimativas de biomassa contribua para o fornecimento de dados precisos para projetos de mitigação das mudanças climáticas por meio do estoque de carbono florestal.



Futuro

Os dados de sensoriamento remoto utilizados neste estudo foram obtidos a bordo de um avião. Para o futuro, novos satélites que serão lançados propiciarão a oportunidade de obter dados em escala global.

Equipe



Aline Pontes-Lopes

Engenheira florestal pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), mestre em ciências de florestas tropicais pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) e doutora em sensoriamento remoto pelo INPE. Tem ampla experiência na organização de levantamentos de campo e processamento de dados de sensoriamento remoto multitemporal ativo (LiDAR) e passivo (óptico) aplicados à ecologia de florestas tropicais. Atualmente é consultora do Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia no tema das emissões de gases de efeito estufa por incêndios florestais.
E-mail: alinepontos@gmail.com



Ana Carolina M. Pessoa

Doutoranda em sensoriamento remoto pelo INPE, mestre em sensoriamento remoto também pelo INPE e bióloga pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Natural de Nova Friburgo, RJ. Especialidade: análises de efetividade de políticas públicas contra a degradação florestal, com foco no papel das áreas protegidas na mitigação de incêndios florestais na Amazônia. Mãe e militante do movimento em prol da inclusão da maternidade no meio científico. Amante da natureza e das cirandas!

E-mail: acmoreirapessoa@gmail.com



Catherine Almeida

Engenheira florestal pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro (UFRRJ), com período sanduíche na Universidade de Lleida (Espanha). Bióloga pela Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ), mestre em ciências ambientais e florestais (UFRRJ) e doutora em sensoriamento remoto (INPE). Pós-doutoranda em restauração florestal na USP-Esalq. Vencedora do Prêmio CAPES/Natura Campus de Excelência em Pesquisa 2020. Faz pesquisas em dinâmica de ecossistemas tropicais, mudanças climáticas e sensoriamento remoto para análise ambiental.

E-mail: cathe.torres@gmail.com



Celso Silva-Junior

É engenheiro ambiental (UniCEUMA/2014), especialista em geoprocessamento (PUC-Minas/2016) e mestre em sensoriamento remoto (INPE/2018). Atualmente é professor do Departamento de Engenharia Agrícola da UEMA e doutorando do curso de sensoriamento remoto (INPE), onde estuda o impacto da fragmentação florestal (efeito de borda) nos estoques de carbono de florestas tropicais. Possui experiência em atividades de campo na Amazônia, como em inventários florestais em áreas de florestas intactas e afetadas por incêndios. Atua em pesquisas nas seguintes linhas: dinâmica do uso e cobertura da terra, dinâmica do fogo em ecossistemas tropicais, mudanças ambientais nos trópicos, dinâmica do carbono e sensoriamento remoto da vegetação.
E-mail: celsohlsj@gmail.com



Débora Joana Dutra

Mestre em análise e modelagem de sistemas ambientais pela UFMG e engenheira ambiental e sanitária pelo CEFET - MG. Natural de Belo Horizonte, MG. Pesquisadora assistente (bolsista FAPESP) no Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden), com foco em análises de mapeamento e modelagem de cenários futuros de queimadas e incêndios florestais na Amazônia. Especialidade: análises de séries temporais com foco em clima e uso do solo; aplicação de sensoriamento remoto para análise de períodos de seca em bacias hidrográficas; integração de dados de sensoriamento remoto e estatísticos; e estudos relacionados às mudanças climáticas e incêndios florestais.
E-mail: ddutra.ambiental@gmail.com



Fabien Wagner

Pós-doutorando no Jet Propulsion Lab, NASA (Pasadena, USA). Tem experiência em biologia de florestas tropicais, com ênfase em análise de dados, usando dados de campo e de sensoriamento remoto. Em 2019, publicou um dos primeiros artigos usando um método de aprendizado profundo aplicado à ecologia. Neste trabalho, foi mostrado pela primeira vez que o método de aprendizado profundo permite a produção em larga escala de mapas de espécies de árvores. Desde então, trabalha exclusivamente no mapeamento de espécies e características de árvores com métodos de aprendizado profundo em ambientes naturais e urbanos. Publicou mais de 40 artigos revisados por pares.

E-mail: fabian.wagner.h.fabien@gmail.com

Equipe



Gleiciane Pismel

Socióloga pela Universidade Federal do Acre, desde 2016 estuda as complexidades socioambientais da região MAP (Madre de Dios, Acre e Pando). Já desenvolveu estudos sobre trabalho e gênero e impactos socioambientais da rodovia Interoceânica na tríplice fronteira. Natural do Acre. Atualmente, pesquisa a governança para redução de riscos de desastres com foco em incêndios florestais e extremos climáticos. Integra redes e grupos dedicados à coesão social e à incidência de desastres socioambientais na Amazônia. Email: gleicianepismel2@gmail.com



Guilherme Mataveli

Pesquisador de pós-doutorado (FAPESP) na Divisão de Observação da Terra e Geoinformática do INPE. Mestre em sensoriamento remoto pelo INPE, PhD. em geografia física pela USP, geógrafo pela UNIFAL (MG). Natural de Poços de Caldas, MG. Especialidade: estimativa das emissões de gases traços e aerossóis associadas à queima de biomassa na América do Sul e mudanças de uso e cobertura da terra por meio de modelagem e sensoriamento remoto; análises de padrões espaciais e temporais do fogo no Brasil. E-mail: mataveli@alumni.usp.br



Henrique Luis Godinho Cassol

Engenheiro florestal pela UFSM/RS e mestre e doutor em sensoriamento remoto pela UFRGS/RS e INPE, respectivamente. Atualmente é pós-doutorando do Centro de Ciências do Sistema Terrestre (CCST/INPE), com intercâmbio na Universidade de Edimburgo, Escócia, com o objetivo de estudar, compreender e modelar os processos de emissões de gases de efeito estufa decorrentes de mudanças de uso e cobertura da terra e incêndios florestais no bioma Amazônia. É natural de Tapera, RS. E-mail: hlcassol@hotmail.com



Igor José Malfetoni Ferreira

Engenheiro ambiental pela Universidade Federal de Tecnologia do Paraná (UTFPR) e mestre em sensoriamento remoto pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Tem experiência em ferramentas de geoprocessamento e aplicação de produtos de sensoriamento remoto em estudos sobre ecologia da paisagem, conservação e gestão da biodiversidade, mudanças climáticas, dinâmica de florestas tropicais e seus serviços ecossistêmicos, como biomassa florestal e estoque de carbono. Atualmente trabalha como pesquisador assistente no projeto MAP-Fire, modelando cenários futuros da adequabilidade ambiental para incêndios na Amazônia e região MAP. E-mail: malfetoni.ij@gmail.com



João Bosco Coura dos Reis

Geógrafo com mestrado em meio ambiente e recursos hídricos pela Unifei e doutorado em sensoriamento remoto pelo INPE. Tem experiência na área de geociências, atuando principalmente nos seguintes temas: geotecnologias, sensoriamento remoto, sistemas de monitoramento, linguagem de programação, modelos hidrológicos e incêndios florestais. É natural de Lorena, SP. Atualmente é pesquisador associado ao projeto MAP-Fire. E-mail: joaodosreis89@gmail.com



Juan Doblas Prieto

Engenheiro geólogo com mestrado em geofísica e especializações em ciências ambientais (UFRJ) e SIG (Penn State). Tem atuado em ações de proteção e monitoramento de áreas protegidas no Pará e Mato Grosso, além de participar em diversos ciclos formativos em cartografia junto a populações ribeirinhas e indígenas. Aluno de doutorado do sensoriamento remoto no INPE, atualmente realiza intercâmbio no Centro de Pesquisas da Biosfera (CESBIO, França). Seu foco atual é a detecção em tempo real de alterações na cobertura florestal com ajuda de sensores ativos (Radar). E-mail: juandb@gmail.com

Equipe



Liana O. Anderson

Bióloga pela UNICAMP, com mestrado em sensoriamento remoto pelo INPE, doutorado e pós-doutorado pela Universidade de Oxford, na Inglaterra. Atualmente é pesquisadora do Cemaden/MCTI, com interesses que incluem: monitoramento de florestas e gestão dos riscos e impactos associados a incêndios florestais e extremos climáticos nos ecossistemas e nas comunidades; tradução do conhecimento científico; ações de capacitação e transformações sociais por meio da ciência. Natural de São José dos Campos, SP.

E-mail: liana.anderson@cemaden.gov.br



Luiz Aragão

Doutor em sensoriamento remoto pelo INPE. Natural do Rio de Janeiro, formou mais de 50 estudantes brasileiros, que hoje atuam no Brasil e no exterior. Atua na área de inovação científica e tecnológica para a quantificação de emissões e remoções de carbono pelas florestas, utilizando dados de satélites e novos sensores remotos. É presidente do comitê científico do Programa de Grande Escala Biosfera-Atmosfera na Amazônia. Contribuiu com mais de 200 artigos científicos, incluindo estudos publicados em periódicos como Science e Nature.

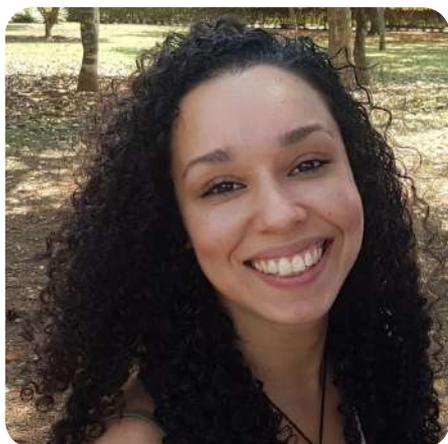
E-mail: luiz.aragao@inpe.br



Marcus V. F. Silveira

Estudante de doutorado em sensoriamento remoto pelo INPE, mestre em sensoriamento remoto pelo INPE, engenheiro florestal pela UFV. Natural de Governador Valadares, MG. Tem experiência em: análises espaço-temporais de mudanças ambientais, com foco no desmatamento e fogo; relação entre mudanças ambientais e o clima; integração de dados de sensoriamento remoto e dados estatísticos. Atualmente investiga os efeitos do desmatamento no clima em escala local e regional.

E-mail: marcus.silveira@inpe.br



Maria Lucia Ferreira Barbosa

Doutoranda em sensoriamento remoto pelo INPE, mestre em ciências ambientais e florestais pela UFRRJ, engenheira florestal pela UFRRJ. Natural de São Gonçalo, RJ. Atua em estudos relacionados às mudanças climáticas e seus efeitos na ocorrência de incêndios florestais. Foco em estudos que buscam entender os fatores determinantes do fogo e o papel da ação humana nesse processo. Tem como objetivo auxiliar a formulação de políticas públicas e a tomada de decisão no que se refere ao fogo no Brasil.

E-mail: malucsp@gmail.com



Mikhaela A. J. S. Pletsch

Gestora ambiental pela Universidade de São Paulo (EACH-USP), com ênfase em planejamento ambiental e territorial pela Technische Universität Kaiserslautern, Alemanha. Mestre em sensoriamento remoto pelo INPE e doutoranda no mesmo Instituto. Apaixonada por comunicação e autodeclarada "psicocuriosa", é criadora do canal Pesquisas Apontam!, o qual visa orientar acadêmicos a serem a ponte entre a ciência e sociedade. Natural de Salto, SP. Tem grande interesse por aprendizagem de máquina aplicada a gestão ambiental e territorial a partir de dados de satélite.

E-mail: mkmapa@gmail.com



Monique Maia

Bióloga com mestrado em ecologia, especializada em temas ligados a solos tropicais e ciclos biogeoquímicos. Natural de Uberlândia, MG, e apaixonada pela Amazônia. Foco em divulgação científica. Acredita que o papel da ciência é trazer a luz do conhecimento para as pessoas e ajudar a destruir todas as ilusões que prejudicam o planeta.

E-mail: moniquerds@gmail.com

Equipe



Nathália Carvalho

Doutoranda em sensoriamento remoto pelo INPE, mestre em engenharia florestal pela Universidade Federal de Lavras (UFLA) e bióloga pela mesma universidade. Natural de São Paulo, SP, e mineira de coração. Especialidade: aplicação das ferramentas de sensoriamento remoto e sistemas de informação geográfica para o planejamento, elaboração e gestão de políticas públicas e ambientais da Amazônia, principalmente relacionadas aos impactos do fogo e desmatamento na região.

E-mail: nathalia.bioufla@gmail.com



Poliana Domingos Ferro

Professora da área de gestão ambiental no Instituto Federal do Acre, estudante de doutorado em sensoriamento remoto pelo INPE, mestre em gestão de áreas protegidas na Amazônia pelo INPA, especialista em geoprocessamento ambiental e gestora ambiental pelo Instituto Federal de Rondônia. Natural de Pimenta Bueno, RO. Atua na área de geociências e gestão ambiental, com ênfase na dinâmica de uso e cobertura da terra, monitoramento de queimadas, incêndios florestais e desmatamento em áreas protegidas da Amazônia.

E-mail: poliana.ferro@ifac.edu.br



Ricardo Dalagnol

Pesquisador de pós-doutorado (FAPESP) na Divisão de Observação da Terra e Geoinformática do INPE, mestre e doutor em sensoriamento remoto pelo INPE, engenheiro ambiental pela UNISEP/PR. Natural de Dois Vizinhos, PR. Especialidade: estudos de dinâmica de ecossistemas tropicais, com foco na Amazônia, abordando mudanças climáticas e ambientais causadas pela ação humana. Foca em pesquisas quantitativas com uso de tecnologias inovadoras, como dados de altíssima resolução, dados LiDAR e métodos de aprendizado profundo.

E-mail: ricds@hotmail.com



Teule Lemos

Engenheira ambiental pela Universidade Federal Fluminense (UFF) e mestra em sensoriamento remoto pelo INPE. Natural de Niterói, RJ. Atualmente é pesquisadora assistente (bolsista FAPESP) no Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemaden), onde trabalha com mapeamento e modelagem espacial da degradação florestal na Amazônia. Atua na área da geociências, com mapeamento de imagens digitais, modelagem dinâmica espacial e planejamento territorial e ambiental. Militante do movimento feminista negro.

E-mail: teulemos@gmail.com



Thais Medeiros

Geógrafa graduada pela Universidade Estadual Paulista (UNESP, Rio Claro) nas modalidades licenciatura e bacharel, com ênfase em análise ambiental e geoprocessamento. Atualmente é mestranda em sensoriamento remoto pelo INPE. Natural de Caçapava, SP. Tem experiência na aplicação de técnicas e ferramentas de geoprocessamento, sensoriamento remoto e aprendizado de máquina para o entendimento das dinâmicas da vegetação. Tem interesse no estudo da ocorrência e intensidade do fogo e sua relação com paisagens fragmentadas.

E-mail: thaismedeiros97@gmail.com



Thais Rosan

Graduada em geografia pela Universidade Estadual Paulista (UNESP) de Presidente Prudente e mestra em sensoriamento remoto pelo INPE. Atualmente é pesquisadora assistente e doutoranda em geografia física na Universidade de Exeter, Reino Unido. Suas especialidades são: estudos de dinâmicas e emissões de mudanças no uso e cobertura da terra, queimadas e seus impactos no ciclo do carbono nos biomas Amazônia e Cerrado.

E-mail: t.rosan@exeter.ac.uk

Equipe



Viola Heinrich

Natural de Freiburg, Alemanha, é mestre em meteorologia pela Universidade de Reading, na Inglaterra, e doutoranda em geografia pela Universidade de Bristol, também na Inglaterra. Suas especialidades se concentram no uso de dados de sensoriamento remoto para quantificar o carbono armazenado em florestas secundárias em recuperação e degradadas nos trópicos, com o objetivo de avaliar sua importância relativa para atingir as metas do Acordo Climático de Paris. Procura entender as razões das diferenças nas estimativas de emissões de mudanças no uso do solo dos Inventários Nacionais e estimativas globais, com foco no Brasil.
E-mail: viola.heinrich@bristol.ac.uk



Yara de Paula

Bióloga pela Universidade Federal do Acre (UFAC) e mestra em ecologia e manejo de recursos naturais (UFAC). Tem experiência e interesse em ecologia da conservação, educação ambiental e conservação da biodiversidade. Como pesquisadora assistente no projeto MAP-Fire, atualmente desenvolve atividades de disseminação de conhecimento com foco em queimadas e incêndios florestais na região MAP (Madre de Deus, Acre e Pando).
E-mail: depaula.yap@gmail.com

Anuário Trees

EXPEDIENTE

Edição e simplificação de conteúdo

EasyTelling

- Projeto editorial e edição: *Francine Lima*
- Projeto gráfico: *Dudu Volpe e Francine Lima*
- Finalização: *Equipe TREES*

Contatos

+55 21 97281-6835

easytelling.com.br

[@easytelling](https://www.instagram.com/easytelling)

FALE CONOSCO!

Contato

TREES (Tropical Ecosystems and Environmental Sciences lab)

Avenida dos Astronautas, 1.758 - Jd. Granja - CEP 12227-010

São José dos Campos - SP - Brazil

+55 12 3208-6446

<http://www.treeslab.org/>

luiz.aragao@inpe.br