

Julio 2019 - ISSN: 1696-8352

INFLUÊNCIA DO DESMATAMENTO NAS PRECIPITAÇÕES EM UNIDADES DE CONSERVAÇÃO DA AMAZÔNIA

Ana Carolina Assmar de Lima Rabelo¹
Carlos Eduardo Aguiar de Souza Costa²

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

Ana Carolina Assmar de Lima Rabelo y Carlos Eduardo Aguiar de Souza Costa (2019):
“Influência do desmatamento nas precipitações em unidades de conservação da Amazônia”,
Revista Observatorio de la Economía Latinoamericana (julio 2019). En línea:

<https://www.eumed.net/rev/oel/2019/07/unidades-conservacao-amazonia.html>

RESUMO

Na Amazônia ocorrem diversas atividades danosas ao meio ambiente, como desmatamento. Sabe-se que as florestas são úteis para o armazenamento de carbono, que é liberado quando estas sofrem derrubadas ou queimadas, acelerando processos que causam as mudanças climáticas. Por isso, as Unidades de Conservação (UCs) buscam conter o avanço dessas atividades, já que as mudanças climáticas são uma ameaça de médio a longo prazo devido às possíveis reduções da precipitação pluviométrica. Assim, esta pesquisa objetivou avaliar se o desmatamento em 10 UCs críticas na Amazônia Legal provocou alterações em seu regime pluviométrico no período entre 2000 e 2012. O ranking de desmatamento foi feito baseado no Projeto de Monitoramento do Desflorestamento na Amazônia Legal (PRODES) e os dados pluviométricos foram obtidos via satélite *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM) da *National Aeronautics and Space Administration* (NASA). Para a correlação entre os dados, utilizou-se o software *Earth Trends Modeler* (ETM). Concluiu-se que o desmatamento não é o fator determinante para provocar alterações na pluviosidade de áreas críticas, pois não há uma tendência clara estabelecida analisando seus comportamentos em um mesmo intervalo de tempo. Isto indica que existem outros fatores, podendo ser inclusive externos aos limites da UCs e da própria Amazônia Legal.

Palavras-chave: PRODES; TRMM; Mudanças Climáticas.

RESUMEN

En la Amazonia ocurren diversas actividades dañinas al medio ambiente, como deforestación. Se sabe que los bosques son útiles para el almacenamiento de carbono, que es liberado cuando estas sufren derribadas o quemadas, acelerando procesos que causan el cambio

¹ Prof.^a da Faculdade Estácio (Belém), Engenheira Sanitarista e Ambiental, Doutoranda do Programa de Desenvolvimento Sustentável do Trópico Úmido no Núcleo de Altos Estudos Amazônicos - PPGDSTU/NAEA - UFPA. E-mail: anacarolinailima14@gmail.com

² Engenheiro Sanitarista e Ambiental, Doutorando no programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC/UFPA). E-mail: cecosta@ufpa.br

climático. Por eso, las Unidades de Conservación (UCs) buscan contener el avance de esas actividades, ya que los cambios climáticos son una amenaza de medio a largo plazo debido a las posibles reducciones de la precipitación pluviométrica. Así, esta investigación objetivó evaluar si la deforestación en 10 UCs críticas en la Amazonia Legal provocó alteraciones en su régimen pluviométrico en el período entre 2000 y 2012. El ranking de deforestación fue hecho basado en el Proyecto de Monitoreo de la Deforestación en la Amazonía Legal (PRODES) los datos pluviométricos fueron obtenidos vía satélite Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) de la National Aeronautics and Space Administration (NASA). Para la correlación entre los datos, se utilizó el software Earth Trends Modeler (ETM). Se concluyó que la deforestación no es el factor determinante para provocar alteraciones en la pluviosidad de áreas críticas, pues no hay una tendencia clara establecida analizando sus comportamientos en un mismo intervalo de tiempo. Esto indica que existen otros factores, pudiendo ser incluso externos a los límites de las UCs y de la propia Amazonia Legal.

Palabras clave: PRODES; TRMM; Cambios climáticos.

ABSTRACT

In the Amazon there are several activities harmful to the environment, such as deforestation. It is known that forests are useful for storing carbon, which is released when they are felled or burned, accelerating processes that cause climate change. Therefore, Conservation Units (CUs) seek to contain the progress of these activities, since climate change is a medium to long-term threat due to possible reductions in rainfall. Thus, this research aimed to evaluate whether deforestation in 10 critical PAs in the Legal Amazon caused changes in its rainfall regime between 2000 and 2012. The ranking of deforestation was based on the Monitoring of Deforestation in the Legal Amazon (PRODES) Project and the Rainfall Measuring Mission (TRMM) from National Aeronautics and Space Administration (NASA). For the correlation between the data, the software Earth Trends Modeler (ETM) was used. It was concluded that deforestation is not the determining factor to cause changes in the rainfall of critical areas, since there is no clear trend established by analyzing their behavior in the same time interval. This indicates that there are other factors and may even be outside the limits of the UCs and of the Legal Amazon itself.

Keywords: PRODES; TRMM; Climate changes.

JEL: Q2 - Renewable Resources and Conservation.

UNESCO 6 dígitos: 3106 Ciencia Forestal - 01 Conservación.

1 INTRODUÇÃO

A conservação e preservação de áreas ambientais ricas em biodiversidade tornaram-se uma necessidade diante da ameaça das mudanças constantes no meio ambiente em função da ação antrópica. Neste contexto, uma das principais estratégias governamentais consiste na criação de áreas protegidas, sobretudo Unidades de Conservação (UCs).

As UCs são superfícies de terra ou mar com características naturais relevantes e com limites definidos. Destinam-se à proteção e manutenção da diversidade biológica, bem como dos recursos naturais e recursos culturais associados, manejadas através de meios jurídicos e outras formas eficazes (BRASIL, 2000). Importante frisar que apenas a criação de uma unidade não garante que os processos de degradação já em andamento, ou os futuros, estejam controlados. É preciso que haja um conjunto de ações de planejamento e gestão ambiental.

Na Amazônia Legal, há em andamento diversas atividades ilegais e danosas ao meio ambiente, como desmatamento, queimadas, abertura de estradas, criação irregular de gado, entre outras. Para Mello e Artaxo (2017), as UCs buscam conter o avanço de tais atividades. Além disso, as UCs agem para a conservação da rica biodiversidade e ecossistemas da região, regulação do clima, ciclagem de nutrientes, conservação do solo e bacias hidrográficas, entre outros serviços ambientais (OLIVEIRA et al., 2016).

As atividades que implicam na derrubada das florestas são uma ameaça preocupante, pois a mudança no uso do solo libera uma grande quantidade de carbono na forma de CO₂ para a atmosfera. De acordo com Sharma et al. (2013) cerca de 1,6 bilhões de toneladas de carbono foram emitidas para a atmosfera por ano devido às mudanças no uso do solo.

O desmatamento tem impactos ambientais severos, inclusive perda de biodiversidade (DELAZERI, 2016), exposição do solo à erosão (SANTOS et al., 2016), perda das funções da floresta na ciclagem d'água e armazenamento do carbono (SANTOS, 2017). As queimadas também afetam a formação de nuvens e a química da atmosfera de diversas maneiras, além do efeito estufa. Evitar o desmatamento evita estes impactos, dando assim um valor significativo às atividades que resultam em desmatamento reduzido ou zero. A disponibilidade para pagar pelos serviços ambientais providos pela floresta representa uma fonte potencial de renda (GOULART; ALVIM, 2017).

Em regiões tropicais, como é o caso da Amazônia, a retirada da cobertura florestal pode causar alterações no balanço hídrico, tornando o clima mais seco e quente (ARAUJO; PONTE, 2016). Segundo o Relatório Mundial das Nações Unidas sobre o Desenvolvimento dos Recursos Hídricos, publicado em 2012, a água é o principal meio pelo qual a mudança climática pode influir sobre o ecossistema terrestre. As alterações no clima podem impactar na disponibilidade de recursos hídricos em relação a precipitações, umidade do solo, derretimento do gelo, entre vários outros aspectos.

Com a mudança no uso do solo e conseqüente retirada da vegetação, o fluxo de vapor de água para a atmosfera é reduzido, alterando o ciclo hidrológico. A taxa de evapotranspiração da floresta é muito maior do que qualquer cultivo ou pastagem. Na Amazônia, por exemplo, Marengo (2007) prevê que a temperatura poderá subir de 5 a 8°C até 2100 e a redução no volume de chuva pode chegar a 20% em decorrência de desmatamentos na região. A Amazônia é importante para o mundo inteiro porque captura e armazena o carbono da atmosfera e exerce um papel fundamental no clima da América do Sul por seu efeito sobre o ciclo hidrológico local (MARENGO et al., 2015). Portanto, a contenção do desmatamento é primordial para a manutenção do equilíbrio climático desta região.

As mudanças climáticas são uma das grandes preocupações dos pesquisadores atualmente e estudos sobre este tema tem sido cada vez mais intensificados. Segundo Ferreira et al. (2017), a diminuição da vegetação e as variações no uso do solo geram diversas alterações no ambiente, no ciclo hidrológico e no clima, podendo citar como efeitos gerados pelas mudanças climáticas a elevação da temperatura global e a modificação no regime de chuvas. De acordo com relatório produzido por INPE e *Met Office Hadley Centre* (Marengo et al., 2011), a temperatura média global subiu aproximadamente 0,7°C no século passado e esse aquecimento tende a continuar em decorrência das contínuas emissões de gases de efeito estufa (GEE) e, nesse contexto, a floresta amazônica possui um grande destaque, devido as queimadas do desmatamento.

As mudanças climáticas são uma ameaça de médio a longo prazo devido ao aquecimento gradativo e às possíveis reduções da precipitação pluviométrica. O desmatamento, por outro lado, é uma ameaça mais imediata e fator anterior à ocorrência de mudanças do clima, já que contribui para sua ocorrência. Geralmente, precipitação e temperatura são os dois parâmetros mais frequentemente utilizados no monitoramento das tendências de mudanças climáticas em dado local. Estudos sobre os efeitos do desmatamento sobre o clima na região amazônica são de fundamental importância para a compreensão de cenários futuros. Dito isso, este trabalho objetiva avaliar a influência do desmatamento na precipitação pluviométrica em Unidades de Conservação críticas da Amazônia Legal, entre 2000 e 2012, fato que possivelmente acarreta mudanças climáticas na região. Com isso, espera-se avaliar se o desmatamento crítico ocorrido nessas UCs provoca alguma alteração pluviométrica nessas áreas ou, caso contrário, verificar que não há qualquer correlação entre eles.

2 MATERIAL E MÉTODOS

De forma esquemática, a metodologia adotada neste trabalho é apresentada na Figura 1.

Figura 1: Esquemática da metodologia adotada



2.1 Desmatamento em Unidades de Conservação

Os dados da série histórica da dinâmica espaço-temporal (2000 a 2012) de desmatamento foram obtidos pelo Projeto de Monitoramento do Desflorestamento na Amazônia (PRODES) Digital, do TM/LANDSAT 5, desenvolvido pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE).

O PRODES é um programa de monitoramento do desmatamento na Amazônia, utilizando sensoriamento remoto e ferramentas de geoprocessamento. Segue uma metodologia que se baseia na análise de desmatamento de anos anteriores para estimar ocorrência onde não é possível detecção devido à resolução do sensor imaginador dos satélites e a ocorrência de nuvens. É considerado um dos melhores programas de detecção de desmatamento no mundo (INPE, 2017).

O INPE fornece ao governo e à sociedade brasileira toda a informação temática produzida pelo PRODES Digital sobre a localização e extensão dos eventos de desmatamento na Amazônia Legal através da divulgação dos resultados pela internet no site www.obt.inpe.br/prodes. Considerando apenas o desmatamento detectado no ano de 2012 pelo PRODES, é possível identificar quais unidades de conservação foram as mais desmatadas e, com isso, elaborar o ranking de UCs críticas por desmatamento. Entre as 10 UCs críticas, nove são do grupo de uso sustentável e apenas uma do grupo de proteção integral; e três são UCs federais e sete são UCs estaduais.

É interessante notar que estas UCs consideradas críticas por desmatamento estão localizadas exatamente sobre a região conhecida como “Arco do Desmatamento”, onde a fronteira agrícola avança rumo à floresta amazônica e, portanto, onde se detectam os maiores índices de desmatamento da Amazônia.

2.2 Dados Pluviométricos

Os dados pluviométricos foram coletados na mesma série histórica de desmatamento (2000 a 2012) por meio do *Tropical Rainfall Measuring Mission* (TRMM). O TRMM, criado em 1997, é resultado de uma missão conjunta entre a *National Aeronautics and Space Administration* (NASA) e a *Japan Aerospace Exploration Agency* (JAXA), projetado para a medição de chuva para pesquisas de tempo e clima.

O TRMM é um satélite de pesquisa/investigação desenvolvido para aumentar o entendimento sobre a variabilidade de precipitação nos trópicos. Segundo Liu et al. (2012), ao cobrir as regiões tropicais e subtropicais da Terra, o TRMM fornece informações muito importantes sobre chuvas e sua liberação de calor associada, o que ajuda a alimentar a circulação atmosférica global que molda tanto o tempo quanto o clima. Em coordenação com outros satélites do Sistema de Observação da NASA, o TRMM fornece informações de precipitação usando vários instrumentos de espaço de origem para aumentar a compreensão das interações entre o vapor d'água, nuvens e precipitação, que são fundamentais para a regulação do clima da Terra.

Os dados gerados pelo satélite TRMM podem ser acessados pela internet no site <http://mirador.gsfc.nasa.gov> e, originalmente, estão em mm/hora. Cada imagem representa a média de precipitação mm/hora de cada mês. Portanto, para estimar o total de chuva de um determinado mês é necessário multiplicar o valor do pixel pelo número de horas naquele mês, conforme a expressão abaixo:

$$\text{Chuva}_{\text{m\u00e9dia m\u00eas}} \frac{\text{mm}}{\text{m\u00eas}} = 24 \times \text{m\u00e9dia}_{\text{hora}} \frac{\text{mm}}{\text{hora}} \times \text{n\u00b0 dias m\u00eas}$$

2.3 Desmatamento em UCs Cr\u00edticas x Precipita\u00e7\u00e3o

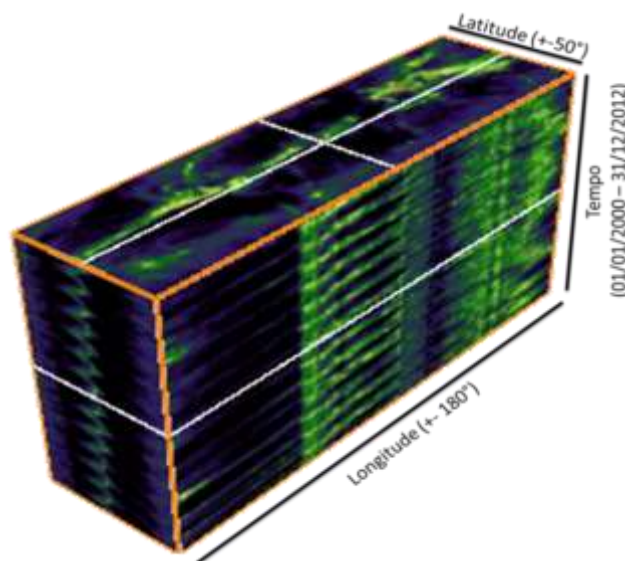
Esta etapa consiste na utiliza\u00e7\u00e3o da ferramenta *Earth Trends Modeler* (ETM), desenvolvida pela Universidade de Clark (Estados Unidos). O ETM foi incorporado \u00e0 nova vers\u00e3o do software IDRISI Taiga, o IDRISI Selva, lan\u00e7ado em janeiro de 2012. Este software, lan\u00e7ado inicialmente em 1987, \u00e9 um sistema de informa\u00e7\u00e3o geogr\u00e1fica integrada (SIG) e programa de sensoriamento remoto, para a an\u00e1lise e apresenta\u00e7\u00e3o de informa\u00e7\u00f5es digitais geoespaciais.

Para a avalia\u00e7\u00e3o da forma como o desmatamento em UCs \u00e9 capaz de influenciar nas mudan\u00e7as clim\u00e1ticas, foram utilizadas e correlacionadas duas informa\u00e7\u00f5es: dados do desmatamento das 10 UCs cr\u00edticas identificadas no ano de 2012 e dados pluviom\u00e9tricos das mesmas 10 UCs cr\u00edticas, coletados via sat\u00e9lite TRMM. Os dados pluviom\u00e9tricos s\u00e3o mensais, para o per\u00edodo de 2000 a 2012 (13 anos). Para a correla\u00e7\u00e3o com o desmatamento, os dados pluviom\u00e9tricos foram transformados em dados anuais (mm/ano), mesma escala temporal dos dados de desmatamento (km\u00b2/ano).

Neste ponto torna-se importante fazer uma ressalva. Segundo a Organiza\u00e7\u00e3o Mundial de Meteorologia (OMM), para estudos de altera\u00e7\u00f5es clim\u00e1ticas, o tempo m\u00ednimo de an\u00e1lise indicado para avalia\u00e7\u00f5es de altera\u00e7\u00f5es e tend\u00eancias \u00e9 de 30 anos (GOUVEA et al., 2018). Por\u00e9m, neste trabalho n\u00e3o foi poss\u00edvel atender a este requisito, pois os dados de desmatamento do PRODES s\u00e3o virtualmente dispon\u00edveis somente a partir do ano 1998. Ainda assim, para esta pesquisa optou-se para consider\u00e1-los apenas desde o ano 2000, estendendo-os at\u00e9 2012, \u00faltimo ano de dados completos com acesso j\u00e1 dispon\u00edvel durante o desenvolvimento desta pesquisa.

Quando inseridos no ETM, os dados s\u00e3o expostos no formato de um cubo espa\u00e7o-tempo 3D. O Cubo nos mostra tr\u00eas por\u00e7\u00f5es ao longo do tempo e espa\u00e7o, caracterizadas pelas linhas brancas que o cortam, como indicado na Figura 2. A face do topo mostra a por\u00e7\u00e3o no tempo. A face da frente apresenta uma por\u00e7\u00e3o espa\u00e7o-tempo, com varia\u00e7\u00f5es de todas as longitudes ao longo da s\u00e9rie temporal no Equador. A face lateral apresenta uma por\u00e7\u00e3o espa\u00e7o-tempo, por\u00e9m com varia\u00e7\u00f5es de todas as latitudes no Meridiano. Este cubo pode ser manipulado de diversas formas. Em sua op\u00e7\u00e3o display produz um mapa de alta resolu\u00e7\u00e3o, o qual concentra todos os dados contidos na s\u00e9rie temporal que est\u00e1 sendo avaliada.

Figura 2: Dados pluviom\u00e9tricos no formato de Cubo 3D (IDRISI/ *Earth Trends Modeler*)



O ETM disp\u00f5e de diversas ferramentas para an\u00e1lise de s\u00e9ries temporais. Neste trabalho foram utilizadas as descritas abaixo:

2.3.1 Monotonic Trend (Mann-Kendall)

Consiste em um indicador de tendências não-linear que mede o grau a que uma tendência está consistentemente aumentando ou diminuindo. Possui uma gama que varia de -1 a +1. O valor '+1' indica que a tendência está continuamente aumentando e nunca diminui. O oposto acontece quando o valor é '-1', ou seja, a tendência está continuamente diminuindo e nunca aumenta. O valor '0' indica que não há uma tendência consistente (DAWOOD, 2017).

É calculado de modo similar à mediana. Todas as combinações de pares de valor ao longo do tempo são avaliadas em cada pixel e é feita uma contagem do número que está aumentando ou diminuindo com o tempo. Sobre a estatística de Mann Kendall, Silva et al. (2015) comentam que este é o método mais apropriado para analisar mudanças climáticas, pois ele permite detectar e localizar de forma aproximada o ponto inicial de determinada tendência.

2.3.2 Temporal Profile

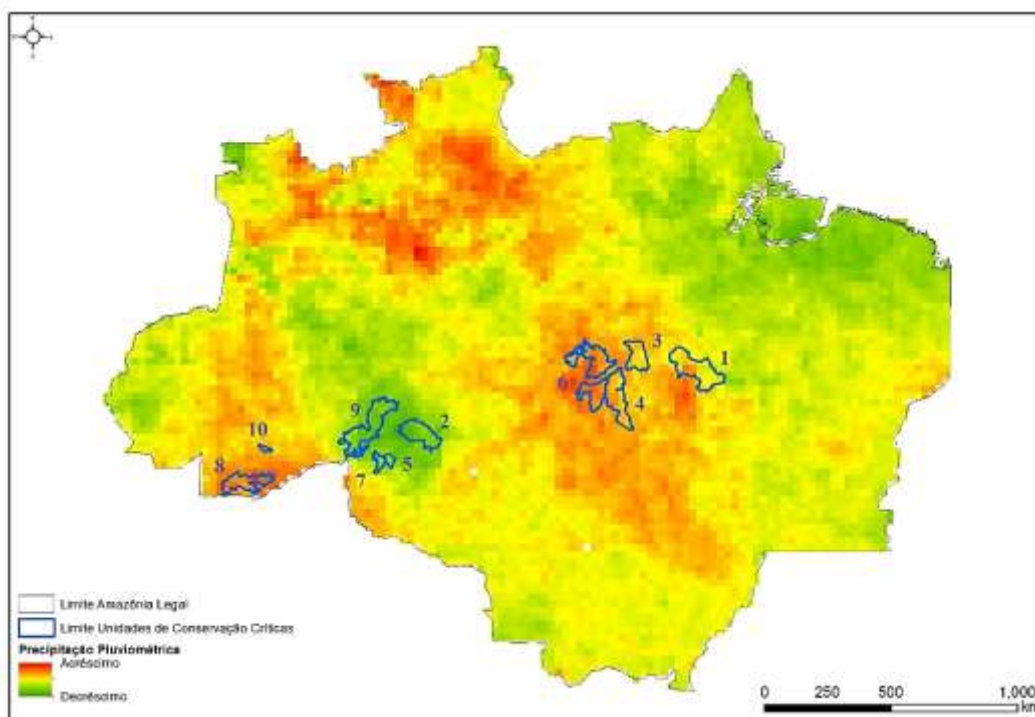
O painel de perfil temporal disponível no ETM permite examinar valores de uma série de imagens corresponde a uma determinada região de interesse. Após selecionada a região de interesse, o ETM expõe em formato de gráfico o resumo de valores de os pixels da região de amostra ao longo do tempo. O gráfico permite visualizar valores da média, mediana, mínimo, máximo soma e desvio padrão. Além disso, linhas de tendência podem ser adicionadas.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Precipitação na Amazônia Legal

Na Figura 3 observa-se o mapa produzido por meio do Monotonic Trend. Nele, é possível identificar em quais áreas a precipitação está aumentando e em quais está diminuindo. As áreas em que a precipitação aumentou estão representadas pela cor vermelho, enquanto as áreas em que houve diminuição da precipitação estão representadas pela cor verde. Nas áreas amarelas, não ocorreu grandes ou consistentes variações ao longo dos anos analisados. No Quadro 1 está a identificação do nome das 10 UCs destacadas no mapa.

Figura 3: Distribuição das áreas com acréscimo ou decréscimo de precipitação utilizando o *Monotonic Trend*



Quadro 1. Identificação das 10 UCs críticas destacadas no mapa acima.

Número	Área Protegida	Número	Área Protegida
1	APA Triunfo do Xingu	6	APA do Tapajós
2	Flores Rio Preto Jacunda	7	Resex Jaci Paraná
3	Flona de Altamira	8	Resex Chico Mendes
4	Flona do Jamanxim	9	Parna Mappinguari
5	APA Rio Pardo	10	FES do Antimary

Nota-se que o comportamento pluviométrico entre 2000 e 2012 nas 10 UCs analisadas não é homogêneo, pois em algumas a precipitação aumentou, enquanto em outras diminuiu. A região do “Arco do Desmatamento”, comentada anteriormente, apresenta diferentes padrões de precipitação. Regiões do Pará, Amazonas, Acre e Mato Grosso, por exemplo, presenciaram um acréscimo no regime de chuva desde o ano 2000. Rondônia, ao contrário, teve seu regime pluviométrico reduzido.

Contudo, de posse somente desta informação não é possível afirmar que a causa para estes diferentes comportamentos seja o desmatamento, pois há a possibilidade de outros fatores, inclusive externos à Amazônia Legal, influenciarem na região. Como citado no trabalho de Sodre et al. (2015), diversos fatores influenciam no regime pluviométrico da região amazônica, entre eles os fenômenos climáticos que ocorrem tanto no Oceano Pacífico quanto no Atlântico. Por isso, é preciso avaliar e fazer a comparação dos dados de toda a série histórica, no período selecionado, tanto de desmatamento quanto de precipitação.

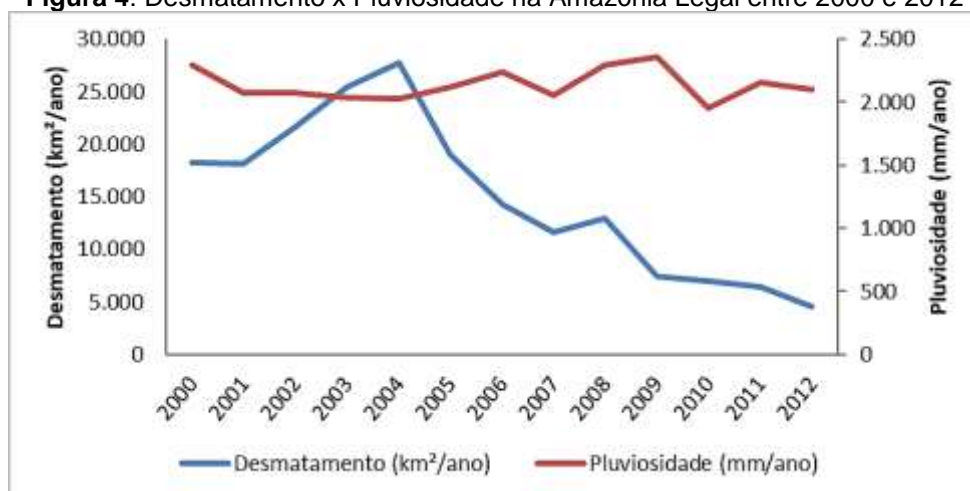
Entre 2000 e 2012 a Amazônia passou por grandes eventos de precipitação extremos, como as duas severas secas de 2005 e 2010 e a enchente de 2009, uma das piores já registradas (ZENG et al., 2008; SERRÃO et al., 2017; COUTINHO et al., 2018). Marengo et al. (2012) comentam que essa forte cheia em 2009 ocorreu devida a migração anormal da ZCIT durante maio e junho, causando o anômalo das águas no Atlântico Sul.

Notou-se que a seca de 2005 foi resultado de alterações pluviométricas desde o ano anterior. O decréscimo de chuva ocorreu, de fato, desde 2004, mas seus efeitos foram sentidos apenas em 2005. Esses dados corroboram com o estudo de Vargas e Veiga (2017), onde os autores afirmam que esse déficit foi influenciado pelo *El Niño* de 2004/2005 e por anomalias positivas na superfície do oceano Atlântico tropical Norte.

Eventos como esses causam impactos fortes e afetam não somente pessoas como também os ecossistemas. Diversos setores são afetados, como agricultura, transporte, energia e saúde pública, com consequências significativas para a economia. Neste contexto, é necessário que se adotem medidas mitigadoras de impactos, com o apoio de ações do governo e legislações atuais.

A Figura 4 serve para a averiguar a possível influência do desmatamento na precipitação na região da Amazônia Legal. Analisando-a, é possível perceber que, para este estudo, considerando toda a Amazônia Legal, desmatamento e precipitação não estão relacionados, não há uma tendência clara de comportamento.

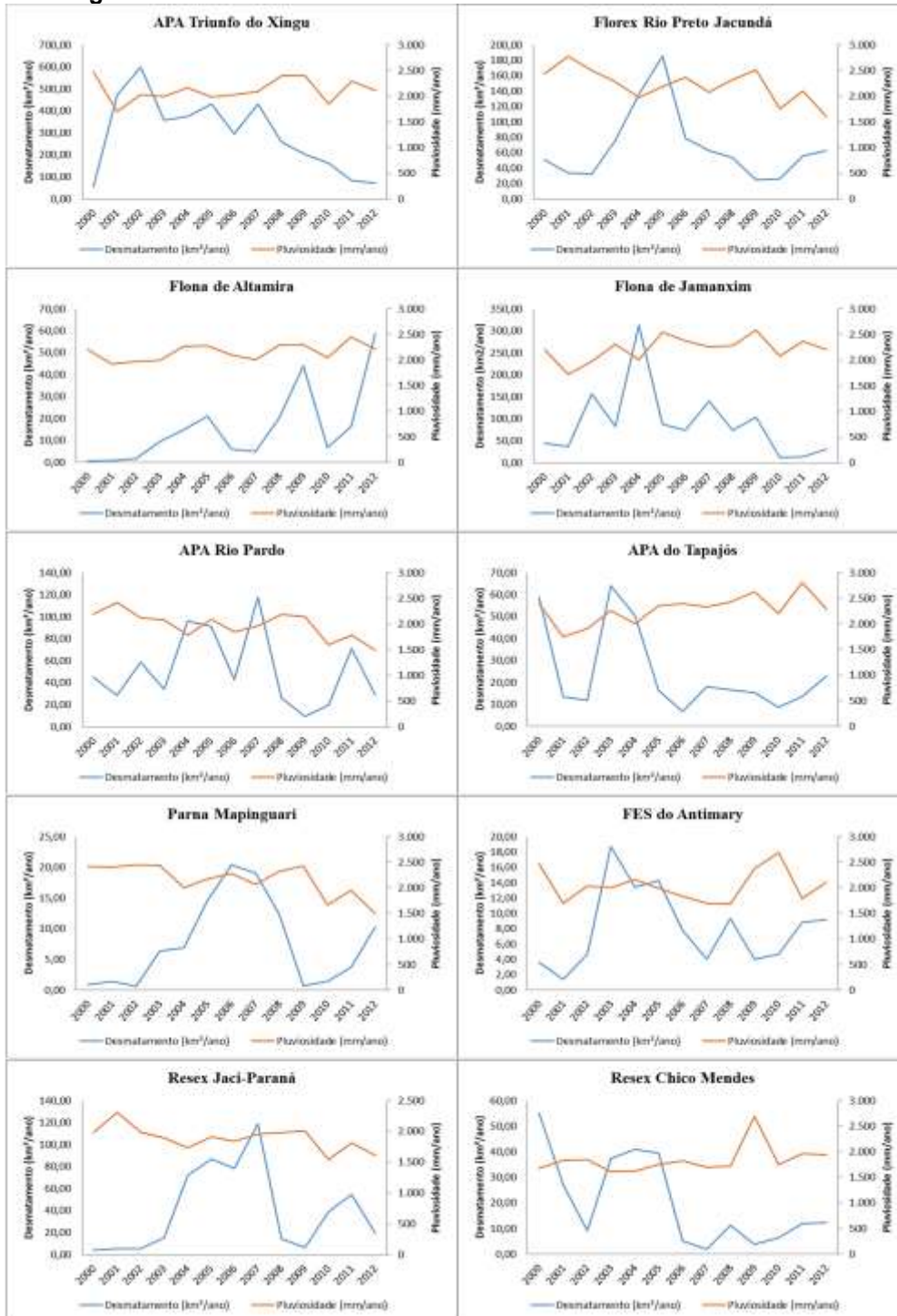
Figura 4: Desmatamento x Pluviosidade na Amazônia Legal entre 2000 e 2012



Por exemplo, entre 2000 e 2005, o desmatamento apresentou índices bem variados, altos e baixos, enquanto a precipitação permaneceu praticamente constante. De 2006 em diante o desmatamento passou a apresentar tendência de queda constante, porém a tendência da pluviosidade passou a apresentar tantas elevações quanto diminuições de seus índices. Este fato implica em dizer que o desmatamento não é o fator determinante para que ocorram alterações pluviométricas na Amazônia Legal, ou seja, pode-se afirmar que existem outros fatores globais que causam esta interferência.

Segundo Marengo et al. (2011), há indicações de que alterações de precipitações pluviométricas podem estar relacionadas com as condições do Oceano Atlântico Tropical, embora também possam estar provavelmente relacionados com as condições do Oceano Pacífico. Como através do mapa não se pode afirmar que o aumento ou decréscimo de pluviosidade nas 10 UCs analisadas está relacionado com o desmatamento mais ou menos intenso nessas áreas, torna-se necessário avaliar individualmente cada uma das 10 UCs críticas identificadas em 2012, buscando detectar tendências no comportamento do desmatamento que sofreram e a precipitação ocorrida. Na Figura 5, apresentam-se as relações entre precipitação pluviométrica e desmatamento individualmente em cada uma das 10 UCs críticas analisadas.

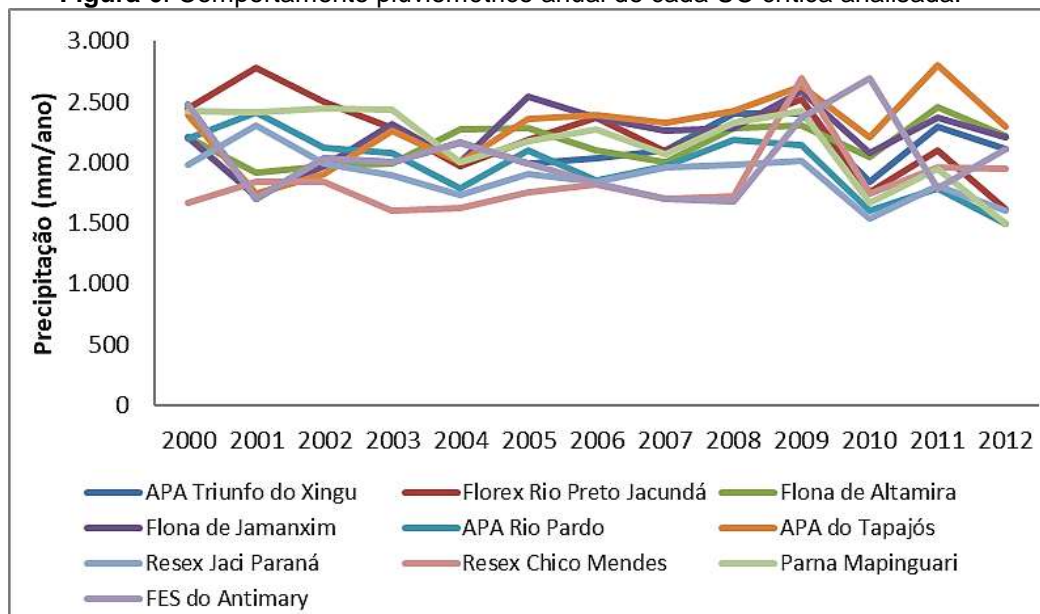
Figura 5: Desmatamento x Pluviosidade nas 10 UCs críticas analisadas.



Nesta pesquisa, foi possível notar que não há claramente definida uma relação entre desmatamento e precipitação, pois as tendências de comportamento foram muito variadas. Muito embora em menores intervalos de tempo dentro da série temporal avaliada existam relações entre as variáveis, não são suficientes para afirmar que o desmatamento é o fator que está provocando as alterações de precipitação, tanto acréscimos quanto decréscimos.

A característica de comportamento em comum entre as 10 UCs analisadas é que, em todas, ocorreram picos de precipitação no ano de 2009, coincidindo com a enchente registrada neste ano na Amazônia. No restante da série histórica a pluviosidade se manteve praticamente constante, com cerca de 40.000 mm/ano. Na Figura 6, é apresentado o comportamento pluviométrico individual anual de cada unidade de conservação analisada, no período de 2000 a 2012.

Figura 6: Comportamento pluviométrico anual de cada UC crítica analisada.



4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como objetivo maior, este estudo buscava identificar a influência – ou falta de – do desmatamento na precipitação pluviométrica em UCs críticas, e este objetivo foi alcançado. Finalizadas as análises apresentadas, concluiu-se que, para este estudo, somente o desmatamento não tem interferência em alterações no regime de chuvas de UCs críticas da Amazônia Legal. Outros fatores, não identificados nesta pesquisa, podem ser responsáveis por influenciar no regime pluviométrico.

Detectou-se que não há um padrão claro de alteração na série histórica de 2000 a 2012, pois em algumas das UCs analisadas houve aumento de precipitação, enquanto em outras houve decréscimo. Pontualmente, algumas correlações podem ser identificadas. Houve períodos inversamente proporcionais, ou seja, enquanto o desmatamento decaía, a precipitação subia, ou a ocorrência do inverso se considerando diferentes períodos, ou seja, desmatamento subindo e precipitação descendo. Notou-se, ainda, tendências de comportamento diretamente proporcionais em alguns períodos, com desmatamento e precipitação crescendo ou decrescendo juntos. Isto indica que existem outros fatores, podendo ser inclusive externos aos limites da UCs e da própria Amazônia Legal, que podem estar, de fato, interferindo na precipitação destas áreas. É o caso da hipótese de influência do fenômeno *El Niño*, e seu contrário *La Niña*, que podem possuir forte correlação com as variabilidades pluviométricas.

A ferramenta ETM, utilizada neste trabalho, possui o potencial para, em pesquisas futuras, entender os fatores globais que possam ter maior interferência no caso, como, por exemplo, a ocorrência do fenômeno *El Niño* Oscilação Sul (ENOS) e anomalias de Temperatura Superficial do Mar (TSM) no Oceano Atlântico (Dipolo do Atlântico).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Araujo, R. D. C.; Ponte, M. X. (2016). Revista Brasileira de Geografia Física. Revista Brasileira de Geografia Física, 9(07), 2390-2404.

Brasil. Lei n.9.985, de 18 de Julho de 2000. Dispõe sobre o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC. Estabelece critérios e normas para a criação, implantação e gestão das unidades de conservação. Brasília.

Coutinho, E. C.; Rocha, E. J. P.; Lima, A. M. M.; Ribeiro, H. M. C.; Gutierrez, L. A. C. L.; Barbosa, A. J. S.; ... Tavares, P. A. (2018). Variabilidade Climática da Precipitação na Bacia Amazônica Brasileira. Revista Brasileira de Climatologia, 22.

Dawood, M. (2017). Spatio-statistical analysis of temperature fluctuation using Mann–Kendall and Sen's slope approach. Climate dynamics, 48(3-4), 783-797.

Delazeri, L. M. (2016). Determinantes do Desmatamento nos Municípios do Arco Verde–Amazônia Legal: uma abordagem econométrica. Revista Economia Ensaios, 30(2).

Ferreira, C. B.; Musis, C. R.; Souza Nogueira, J. (2017). Representações Sociais Sobre as Mudanças Climáticas Globais dos Formandos em Engenharia Civil da Universidade de Cuiabá. UNICIÊNCIAS, 20(2), 76-81.

Goulart, B. S.; Alvim, A. M. (2017). A disposição a pagar pela compensação da emissão de carbono no Rio Grande Do Sul: um estudo para a indústria com alto potencial poluidor. SINERGIA-Revista do Instituto de Ciências Econômicas, Administrativas e Contábeis, 21(1), 21-32.

Gouvea, R. L.; Campos, C. C.; Menezes, J. T.; Moreira, G. F. (2018). Análise de Frequência de Precipitação e Caracterização de Anos Secos e Chuvosos para a Bacia do Rio Itajaí. Revista Brasileira de Climatologia, 22.

Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE. Coordenação Geral de Observação da Terra - OBT. Projeto PRODES. Monitoramento da Floresta Amazônica Brasileira por Satélite. Disponível em: <<http://www.obt.inpe.br/prodes/>>. Acesso em: outubro de 2017.

Liu, Z.; Ostrenga, D.; Teng, W.; Kempler, S. (2012). Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) precipitation data and services for research and applications. Bulletin of the American Meteorological Society, 93(9), 1317-1325.

Marengo, J. A. (2007) Caracterização do Clima Atual e Definição das Alterações Climáticas para o Território Brasileiro ao longo do Século XXI. MMA: Brasília.

Marengo, J. A.; Nobre, C. A.; Seluchi, M. E.; Cuartas, A.; Alves, L. M.; Mendiondo, E. M.; ... Sampaio, G. (2015). A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo. Revista USP, (106), 31-44.

Marengo, J. A.; Nobre, C. A.; Chou, S. C.; Tomasella, J.; Sampaio, G.; Alves, L. M.; ... Kay, G. (2011). Riscos das mudanças climáticas no Brasil: análise conjunta Brasil-Reino Unido sobre os impactos das mudanças climáticas e do desmatamento na Amazônia. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), Met Office Hadley Centre (MOHC), Brasil, Reino Unido.

Marengo, J. A.; Tomasella, J.; Soares, W. R.; Alves, L. M.; Nobre, C. A. (2012). Extreme climatic events in the Amazon basin. Theoretical and Applied Climatology, 107(1-2), 73-85.

Mello, N. G. R.; Artaxo, P. (2017). Evolução do plano de ação para prevenção e controle do desmatamento na Amazônia legal. Revista do Instituto de Estudos Brasileiros, (66), 108-129.

Oliveira, G. F.; Garcia, A. C. L.; Montes, M. A.; Jucá, J. C. L. D. A.; Valente, V. L. D. S.; Rohde, C. (2016). Are conservation units in the Caatinga biome, Brazil, efficient in the protection of

biodiversity? An analysis based on the drosophilid fauna. *Journal for nature conservation*, 34, 145-150.

Santos, M. L. V.; Santos, E. D. N.; Seixas Filho, J. T. (2016). O Rio Paraíba do Sul e o Abastecimento no Estado do Rio de Janeiro. *Semioses*, 9(1), 36-42.

Santos, T. O. (2017). Os Impactos do Desmatamento e Queimadas de Origem Antrópica Sobre o Clima da Amazônia Brasileira: Um Estudo de Revisão. *Revista Geografica Academica*, 11(2), 157-181.

Serrão, E. A. O.; Lima, A. M. M.; Sousa, F. A. S.; Ferreira, T. R.; Santos, C. A.; Silva Junior, J. A. (2017). Distribuição Espacial de Intensidade Pluviométrica Na Calha do Rio Solimões: Estudo De Caso A Seca De 2010 Na Amazônia. *Acta Geográfica*, 11(25).

Sharma, L. K.; Nathawat, M. S.; Sinha, S. (2013). Top-down and bottom-up inventory approach for above ground forest biomass and carbon monitoring in REDD framework using multi-resolution satellite data. *Environmental monitoring and assessment*, 185(10), 8621-8637.

Silva, W. L.; Dereczynski, C.; Chang, M.; Freitas, M.; Machado, B. J.; Tristão, L.; Ruggeri, J. (2015). Tendências observadas em indicadores de extremos climáticos de temperatura e precipitação no estado do Paraná. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 30(2), 181-194.

Sodre, G. R. C.; Moraes, B. C.; Ferreira, D. S.; Oliveira, J. V.; Souza, E. B. (2015). Teleconexões Oceânicas nos Padrões Climatológicos da Amazônia Oriental: Análise dos Últimos 40 Anos (1974-2013). *Revista Brasileira de Climatologia*, 17.

Vargas, F. F.; Veiga, J. A. P. (2017). Padrões atmosféricos e oceânicos associados a eventos secos na bacia amazônica nos anos de 1982/83, 2004/05 e 2009/10. *Ciência e Natura*, 39(2), 423-435.

Zeng, N.; Yoon, J. H.; Marengo, J. A.; Subramaniam, A.; Nobre, C. A.; Mariotti, A.; Neelin, J. D. (2008). Causes and impacts of the 2005 Amazon drought. *Environmental Research Letters*, 3(1), 014002.