

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE FILOSOFIA, LETRAS E CIÊNCIAS HUMANAS
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA

FERNANDO RACZKA

**A umidade da Amazônia e sua influência nas chuvas do Centro-Sul do Brasil:
Uma revisão bibliográfica**

São Paulo

2021

FERNANDO RACZKA

**A umidade da Amazônia e sua influência nas chuvas do Centro-Sul do Brasil:
Uma revisão bibliográfica**

Trabalho de Graduação Individual II (TGI) apresentado ao Departamento de Geografia da Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Geografia.

Área de Concentração: Climatologia.

Orientador: Prof. Dr. Emerson Galvani.

São Paulo

2021

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

Catalogação na Publicação
Serviço de Biblioteca e Documentação
Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da Universidade de São Paulo

R118u Raczka, Fernando
 A umidade da Amazônia e sua influência nas chuvas
 do Centro-Sul do Brasil: Uma revisão bibliográfica /
 Fernando Raczka; orientador Emerson Galvani - São
 Paulo, 2021.
 57 f.

 TGI (Trabalho de Graduação Individual) - Faculdade
 de Filosofia, Letras e Ciências Humanas da
 Universidade de São Paulo. Departamento de Geografia.

 1. Amazônia. 2. Evapotranspiração. 3. Rios
 Voadores. 4. Regime de Chuvas. 5. Desmatamento. I.
 Galvani, Emerson, orient. II. Título.

Dedico este trabalho à minha família e amigos. Pelo amor, carinho e parceria durante todo este ciclo. Muito obrigado.

AGRADECIMENTOS

À Susanne Dewald Paraschin, Henryk Raczka e Carolina Raczka, minha família. Sem seu amor e apoio incondicional durante todos estes anos na universidade e em toda minha vida, este trabalho não seria possível. Faltam palavras para descrever minha gratidão. Esta graduação e este trabalho são dedicados a vocês, com todo o meu amor.

À Caio Olivares, Fernando Funchal, Leonardo Milani, Murilo Fabris, Rafael Fazzi, Tito Maule e Victor Ayres. Mais que amigos que fiz na universidade, uma verdadeira família que tive em São Paulo e sei que terei para sempre. Serei eternamente grato pelo apoio nas fases de dificuldades. Tenho certeza de que os momentos que vivemos e que ainda viveremos juntos serão para a vida inteira. A parceria de vocês tornou esta experiência muito mais feliz e memorável. Muito obrigado.

À Kelly Carvalho, minha parceira, que esteve ao meu lado e me apoiou durante o período de realização deste trabalho, ele também é dedicado a você. Muito obrigado pela ajuda e paciência. Beijos.

À Prof. Dr. Emerson Galvani, pela atenção e orientação durante a realização desta pesquisa, seu suporte durante este período foi essencial. Muito Obrigado.

Por fim, a todos que de alguma forma estiveram presentes ao meu lado e fizeram parte do meu crescimento pessoal e profissional, vocês foram essenciais durante todos estes anos. Sei que se fosse nomear todos aqui, acabaria sendo injusto, então deixo o meu abraço e o meu muito obrigado.

EPÍGRAFE

“Na grande floresta da Amazônia, a Terra guarda um de seus mais espetaculares tesouros: a profusão de vida que inala gás carbônico e exala oxigênio, transpira água, emite odores mágicos, remove gases tóxicos, pulsa e regula, umedece e faz chover, propela ventos e alimenta rios aéreos, acalmando a fúria dos elementos, tornando amigo o clima próximo e o mais distante. As sociedades abrigadas sob seu hálito doador de vida têm nela um cordão umbilical que sustém suas economias e lhes dá bem-estar. Por tudo isso, é necessário, desejável, viável e até lucrativo alterar o *modus operandi* da ocupação humana na Amazônia.”

NOBRE, Antonio. **O Futuro Climático da Amazônia**. ARA, CCST-INPE, e INPA. São José dos Campos, 2014.

RESUMO

Raczka, Fernando. **A umidade da Amazônia e sua influência nas chuvas do Centro-Sul do Brasil: Uma revisão bibliográfica.** Trabalho de Graduação Individual (TGI). Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas. Universidade de São Paulo, 2021.

Utilizando dados baseados em artigos de pesquisadores e docentes fluentes no tema, Rios Voadores, foi feita uma análise bibliográfica dos artigos desses mesmos cientistas. Os trabalhos utilizados vão do ano de 1976 ao ano de 2021, podendo assim nos trazer uma visão ampla sobre o assunto abordado, com autores que mesmo tendo diferentes formações e pontos de vista, assumem uma posição parecida sobre o futuro desse fenômeno climático natural.

O ecossistema amazônico tem uma grande influência em todo o território brasileiro, principalmente nas questões climáticas e hídricas. Sabe-se que uma boa parte do território nacional, e de outros países que circundam o Brasil, são abastecidos pluvialmente pelos rios aéreos provenientes da evapotranspiração produzida na bacia amazônica. Esse fenômeno delicado e essencial para a existência de muitos ecossistemas se encontra ameaçado e prejudicado de diversas formas, conforme o conteúdo analisado nos trabalhos dos pesquisadores utilizados durante essa revisão bibliográfica.

Palavras-chave: Amazônia, Evapotranspiração, Rios Voadores, Ventos Alísios, Regime de Chuvas, Desmatamento.

ABSTRACT

Raczka, Fernando. **Amazon's Humidity And Its Influence On Brasil's South-Central Rains: A Bibliographic Review.** Individual Graduation Research (IGR). Faculty of Philosophy, Languages and Human Sciences. University of São Paulo, 2021.

Utilizing article data from fluent researchers and teachers of the Flying Rivers subject, a bibliographical analysis at their works and researches was done. The analysed works goes from 1976 to the year of 2021, bringing a broad perspective to the approached subject showing that even with different academic backgrounds authors and methods to approach the subject, they stand in a much alike scientific opinion about the future of this natural climatic phenomenon.

The Amazonic Biome has a large influence throughout all Brazilian territory, mainly on climate and hydric matters. It is known that a large portion of the national territory, and boarding countries, are supplied by rainwaters by aerial rivers coming from evapotranspiration produced by the Amazonic Basin. This essential, and yet delicate, phenomenon to the existence of many ecosystems finds itself endangered and harmed in many ways as exposed on the analysed content at this bibliographical review.

Key-words: Amazon, Evapotranspiration, Flying Rivers, Trade Winds, Rainfall Regime, Deforestation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Biomas brasileiros e Sistema Costeiro-Marinho.....	18
Figura 2: Limites da Amazônia Legal para 2020, a partir da atualização da Malha Municipal da região.....	20
Figura 3: Macro formas do relevo da América do Sul.....	22
Figura 4: Legenda ilustrativa da divisão dos primeiros e segundos táxons das macro formas do relevo da América do Sul.....	23
Figura 5: Esquema do processo de evapotranspiração.....	28
Figura 6: Precipitação total anual no Brasil.	31
Figura 7: Esquema dos sistemas atmosféricos atuantes na AS no verão.....	33
Figura 8: Regiões hidrográficas e principais rios do Brasil.....	35
Figura 9: Modelo idealizado de circulação global - proposta de três células considerando a rotação da Terra.....	37
Figura 10: Climatologia da precipitação (sombreado mm dia^{-1}) e ventos em 850 hPa (m s^{-1}) durante os meses de dezembro, janeiro e fevereiro.....	38
Figura 11: Representação do Fenômeno El Niño.....	39
Figura 12: Precipitação média sazonal (mm dia^{-1}) sobre a América do Sul utilizando as reanálises do ERA-Interim (ECMWF).....	43
Figura 13: Evapotranspiração média sazonal (mm dia^{-1}) sobre a América do Sul utilizando as reanálises do ERA-Interim (ECMWF).....	44
Figura 14: Média sazonal do fluxo de vapor d'água integrado verticalmente ($\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1}$) sobre a América do Sul utilizando as reanálises do ERA-Interim (ECMWF).....	45
Figura 15: Média sazonal da reciclagem de precipitação (%) sobre a América do Sul utilizando as reanálises do ERA-Interim (ECMWF).....	46
Figura 16: Bacia Amazônica. Balanço hídrico – fluxos em m^3/ano	48
Figura 17: Taxas oficiais de desmatamento na Amazônia, calculadas pelo PRODES.....	50
Figura 18: Mapa do histórico de desmatamento da Amazônia.....	50

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	10
OBJETIVOS.....	13
JUSTIFICATIVA.....	14
MÉTODOS	15
RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
DIFERENTES AMAZÔNIAS	17
O FENÔMENO DOS RIOS VOADORES.....	27
OS VENTOS DE JATO DE BAIXA ALTITUDE SULAMERICANOS E O FENÔMENO EL NIÑO.....	36
A INFLUÊNCIA DO DESMATAMENTO DA AMAZÔNIA NO FENÔMENO DOS RIOS VOADORES.....	41
CONSIDERAÇÕES FINAIS	52
REFERÊNCIAS.....	54

INTRODUÇÃO

Sabe-se que as intrínsecas relações existentes entre os quatro componentes gerais, e essenciais presentes na homeostase ambiental do planeta Terra, estão diretamente relacionadas com a manutenção de um ecossistema. Esses componentes são a Atmosfera que é constituída por um conjunto de gases que possibilitam o processo de respiração e proteção do planeta dos raios solares, a Biosfera que se trata de todo o conjunto caracterizado pela vida e parte orgânica existente, a Litosfera que é a definição do solo, rochas e minerais, e por último, mas não menos importante do que os demais a Hidrosfera que é toda a parte hídrica da Terra, ou seja, toda a parte relacionada com a água. São esses os fatores delicados que se por consequência de alguma ação sejam alterados podem acarretar mudanças drásticas em toda uma área ecológica já estabilizada por um processo decorrente de milhares de anos.

Dentre os quatro componentes, podemos citar que dois deles merecem um destaque em relação ao tema abordado, Rios Voadores, são os conjuntos em questão a Atmosfera que é a camada que envolve a Terra e tem por principais funções, além das já citadas anteriormente, manter a temperatura média do planeta e a proteger dos raios ultravioletas prejudiciais, e a Hidrosfera caracterizada por ser uma camada de extrema importância para a manutenção da vida como conhecemos, pois é de onde a espécie humana e outros seres vivos retiram recursos hídricos com a finalidade de serem consumidos durante os processos realizados pelos seres para a sua própria existência, como a água para beber, ou para a produção de alimentos e até para meios de transporte.

Um ecossistema é definido conforme o passar do tempo e por pressão das forças existentes que fazem parte da manutenção do clima presente no mesmo. A pressão e os seres efetivos em uma determinada região, caracterizam um ambiente em estado de equilíbrio homeostático, até que haja a interferência de algum agente ou fator externo para interromper ou causar oscilações nesse ambiente em equilíbrio.

“Ecossistemas florestais são ecossistemas terrestres com plantas perenes, principalmente árvores distribuídas em densidades variáveis. A área florestal mantém-se razoavelmente constante por dezenas de anos em países com clima temperado. Por outro lado, em países com clima tropical e subtropical as florestas naturais diminuem progressivamente, sendo substituídas pela implantação de áreas agrícolas. Problemas do uso da terra em países tropicais e subtropicais como erosão e empobrecimento do solo ao lado do

declínio da produtividade agrícola são conhecidos. Neste sentido, um bom exemplo do uso agrícola da terra é a região amazônica.” (BLUM, 1978, pg. 39).

Oscilações em um ecossistema podem ocorrer por via de agentes naturais, como alterações no clima, fauna ou flora (Biosfera), ou por agentes artificiais, que em sua grande maioria são mudanças caracterizadas pela ação humana e seu modo de vida que muitas vezes se destaca por ser um modo tóxico para o planeta.

Cursos de água atmosféricos são formações de massas de ar carregadas de vapor de água, geralmente acompanhados por nuvens, e são repelidos pelos ventos. Os fenômenos conhecidos como rios voadores são esses cursos de água atmosféricos que carregam umidade da Bacia Amazônica para o Centro-Oeste, Sudeste e Sul do Brasil. Essa umidade, quando enfrenta uma frente fria vinda do Sul, por exemplo, se transforma em chuva.

Esse processo funciona quando a umidade evaporada do Oceano Atlântico é carregada pelos ventos alísios e, ao seguir terra adentro, cai sobre a floresta na forma de chuva. Com a ação da evapotranspiração das árvores, a floresta devolve para a atmosfera a água despejada pela chuva na forma de vapor de água, desse modo o ar é sempre carregado com mais umidade que continua sendo transportada pelas massas de ar rumo ao oeste até cair novamente na forma de chuva e repetir todo o processo.

Essas massas de ar carregadas de umidade são transportadas rumo ao oeste até que encontram uma barreira natural formada pela Cordilheira do Andes, onde ocorrem novas precipitações na encosta leste da cadeia de montanhas, que formam as cabeceiras dos rios amazônicos. Com essa barragem natural, as massas de ar, que ainda possuem vapor de água, seguem em direção ao sul, rumo às regiões Centro-Oeste, Sudeste e Sul do Brasil e aos países vizinhos.

"Durante o período de transição da estação seca para a chuvosa (setembro-outubro) no Sudeste da Amazônia, o fornecimento de vapor de água pode ser importante para evitar o prolongamento da estação seca em São Paulo (a região agrícola mais produtiva do Brasil). Aproximadamente 70% da precipitação do estado de São Paulo pode vir do vapor de água proveniente da Amazônia durante esse período." (FEARNSIDE, 2020, pg.13).

Isso confere ao desmatamento Amazônico um grau de impacto que não é considerado em nível político. Segundo NOBRE (2014), estudos promovidos pelo INPA já mostraram que uma árvore com copa de 10 metros de diâmetro é capaz de bombear até 300 litros de água para a atmosfera, na forma de vapor, em um único dia. Estima-se que haja 600 bilhões de árvores na Amazônia: imagine então quanta água a floresta toda está bombeando a cada 24 horas. Porém, o desmatamento acumulado na Amazônia somente no Brasil alcança uma área de 763 mil Km², o que equivale a três Estados de São Paulo ou a 184 milhões de campos de futebol. Existem possibilidades sobre esse desmatamento excessivo da floresta amazônica que pode não somente prejudicar as funções das bacias hidrográficas como também pode alterar o regime de chuvas de outras regiões como por exemplo o Sudeste brasileiro.

Os Rios Voadores são fenômenos climáticos que ocorrem na América do Sul, e como citados anteriormente fazem parte dos processos delicados de um ecossistema que se, por interferências negativas, podem ser atingidos de uma forma a alterar seu processamento natural acarretando mudanças significativas não só em seu ponto de origem, que se caracteriza por ser na região amazônica, como também gerar alterações em todas as áreas que são dependentes dos recursos hídricos fornecidos por eles. O termo “rios voadores” foi popularizado pelo prof. José Marengo do CPTEC.

OBJETIVOS

O presente trabalho tem como fim realizar uma revisão bibliográfica de estudos que discutem e analisam a relação entre a umidade da Amazônia e sua influência sobre o regime de chuvas do Centro-Sul do Brasil, reunindo alguns artigos científicos de algumas das principais pesquisas e estudiosos da área, expondo assim, algumas informações, dados e imagens que possam comprovar esta relação e alertar sobre a importância deste fenômeno, que já é discutido há algum tempo, e é uma problemática que se encontra presente até os dias de hoje e que necessita cada vez mais de atenção.

A pesquisa abrangeu artigos científicos que vão desde o ano de 1976 até 2021, buscando assim trazer uma visão ampla sobre o assunto abordado, com pesquisadores de diversas áreas, mas que assumem uma posição parecida sobre o futuro desse fenômeno climático natural e a importância e relevância dele.

Buscou-se demonstrar através das pesquisas e apontamentos destes autores, a relação entre a umidade produzida pela Floresta Amazônica e o fenômeno chamado de Rios Voadores, que é muito importante para a manutenção do regime de chuvas no Centro-Sul do Brasil e, logo, da realidade como conhecemos nesta região. Buscou-se apontar também algumas das possíveis consequências de um desmatamento exacerbado da Floresta Amazônica para o acontecimento deste fenômeno e, portanto, dos recursos hídricos de sua região de influência.

JUSTIFICATIVA

Diante das recentes e cada vez mais constantes crises hídricas instauradas no Centro-Sul brasileiro e do crescente desmatamento da Floresta Amazônica, deu-se como necessidade compreender estes dois fatos e a possível relação entre eles através do fenômeno conhecido como Rios Voadores, este que ainda não é completamente compreendido pela ciência.

Como dito por FEARNSIDE (2015, pg. 01), A seca em São Paulo de 2014-2015 levanta a questão do papel dos “rios voadores”, ou seja, ventos que levam vapor d’água da Amazônia até a região sudeste do Brasil e áreas vizinhas. Para ter chuva, é preciso não somente de vapor d’água, mas também de condições para que este vapor (água em forma gasosa) se condense em água líquida para formar gotas de chuva. No caso da seca em São Paulo, fenômenos climáticos parecem predominar naquela região impedindo a condensação. Esses acontecimentos deveriam produzir uma consciência da importância da água transportada por correntes de ar da Amazônia para o centro-sul do Brasil.

Sabe-se com base nas pesquisas que deram origem aos artigos, que serviram como base para a formulação e criação deste trabalho, que os Rios Voadores são um fenômeno natural que garante a existência da vida como conhecemos nas regiões que são beneficiadas por ele. Conhecendo esse fato pode-se afirmar que os estudos e pesquisas relacionados a esse tema são de extrema importância para a sociedade, que pode ser muito prejudicada caso esse fenômeno mude ou seja alterado de alguma forma.

Diante de uma temática tão importante e ainda pouco discutida, tomar consciência de fatores influentes na disposição dos recursos hídricos e reconhecer o papel que ele desempenha político, econômico e socialmente na região, e agir de acordo com as necessidades e especificidades físicas e trabalhar para implantar posturas condizentes com essa possível realidade.

MÉTODOS

O trabalho consistiu em reunir e expor alguns dos principais artigos e autores que tratam sobre o tema ou temas relacionados que auxiliem na compreensão e exposição dele, além de apresentar alguns dados e imagens que ajudem a elucidar a problemática proposta.

A pesquisa abrangeu artigos científicos que vão desde o ano de 1976 até 2021. Primeiramente, foi feita a busca e leitura bibliográfica pela plataforma de pesquisa Google Acadêmico através dos seguintes termos como base: Amazônia, Evapotranspiração, Rios Voadores, Ventos Alísios, Regime de Chuvas, Desmatamento.

Posteriormente, foi elaborada uma introdução ao tema, quais são seus objetivos e justificativas para a escolha do mesmo e para a realização deste trabalho. Foi feita também uma breve exposição sobre os diferentes conceitos de Amazônia, com foco principalmente para os conceitos mais importantes para o tema atual. Posteriormente, entramos no tema central da pesquisa, que é o Fenômeno dos Rios Voadores, utilizando teses anteriores que já estudavam tal fenômeno e utilizando pesquisas mais recentes que alertam sobre a importância do mesmo para os dias atuais.

Por último, trabalhamos em cima de alguns materiais que exponham as consequências sobre as alterações deste fenômeno decorrentes da atividade antrópica, principalmente perante o avanço do desmatamento da Floresta Amazônica para assim, chegar em algumas considerações finais sobre esse assunto que é tão atual quanto importante para o meio ambiente e, logo, para nossa sociedade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este trabalho buscou reunir algumas referências que tratam sobre o tema proposto, para que assim, o leitor possa ter uma ideia sobre alguns tópicos importantes que compõem este tema tão relevante e que possa servir como uma introdução para pesquisas e estudos posteriores.

Busca também, salientar os leitores sobre a importância deste assunto e as consequências que podem existir sobre o Fenômeno dos Rios Voadores por conta da ação humana e das mudanças climáticas. Fenômeno esse que se mostra vital para a manutenção da vida como a conhecemos na região analisada.

Após as pesquisas, leituras e elaboração deste trabalho, percebemos que diversos pesquisadores e estudiosos da área, de diversos locais no mundo e de diferentes formações, chegam a posições parecidas a problemática aqui proposta, ou seja, de que a umidade produzida pela vegetação da Floresta Amazônica através da evapotranspiração influencia diretamente as chuvas no Centro-Sul do Brasil.

Também há um consenso de que o desmatamento desenfreado do Bioma Amazônico pode causar uma alteração na dinâmica climática local e, logo, no Fenômeno dos Rios Voadores e com isso alterando o regime de chuvas na região Centro-Sul, prolongando e aumentando secas como a que vimos em São Paulo entre 2014-2015, que pode ser extremamente maléfico já que a região é uma das mais povoadas e populosas do continente.

DIFERENTES AMAZÔNIAS

Pelo menos cinco conceitos diferentes costumam ser tomados como sinônimo de Amazônia: Amazônia Continental (no Brasil e outros países da América do Sul), Bacia Amazônica, Bioma Amazônico, Floresta Amazônica e Amazônia Legal. A Amazônia é dividida de acordo com conceitos geográficos e políticos.

A área amazônica abrange uma grande parte do território brasileiro e de algumas regiões de outros países que compõem a América do Sul, são aproximadamente 5,5 milhões de km², a localização desse imenso mar de floresta tropical, que se dá em uma região dividida pela linha do Equador.

A Amazônia Continental, ou Internacional, engloba nove países: Brasil, Bolívia, Peru, Equador, Colômbia, Venezuela, Guiana, Guiana Francesa e Suriname. Isso equivale a 7 milhões de quilômetros quadrados da América do Sul. Mais de 60% dessa área está no Brasil.

A bacia do rio Amazonas envolve todo o conjunto de recursos hídricos que convergem para o rio Amazonas. Essa bacia hidrográfica faz parte da região hidrográfica do Amazonas, uma das doze regiões hidrográficas do território brasileiro.

O bioma Amazônia é formado pelas regiões que têm o mesmo clima, a mesma vegetação florestal e a mesma fauna. Esse conjunto de fatores cria condições biológicas específicas para a área.

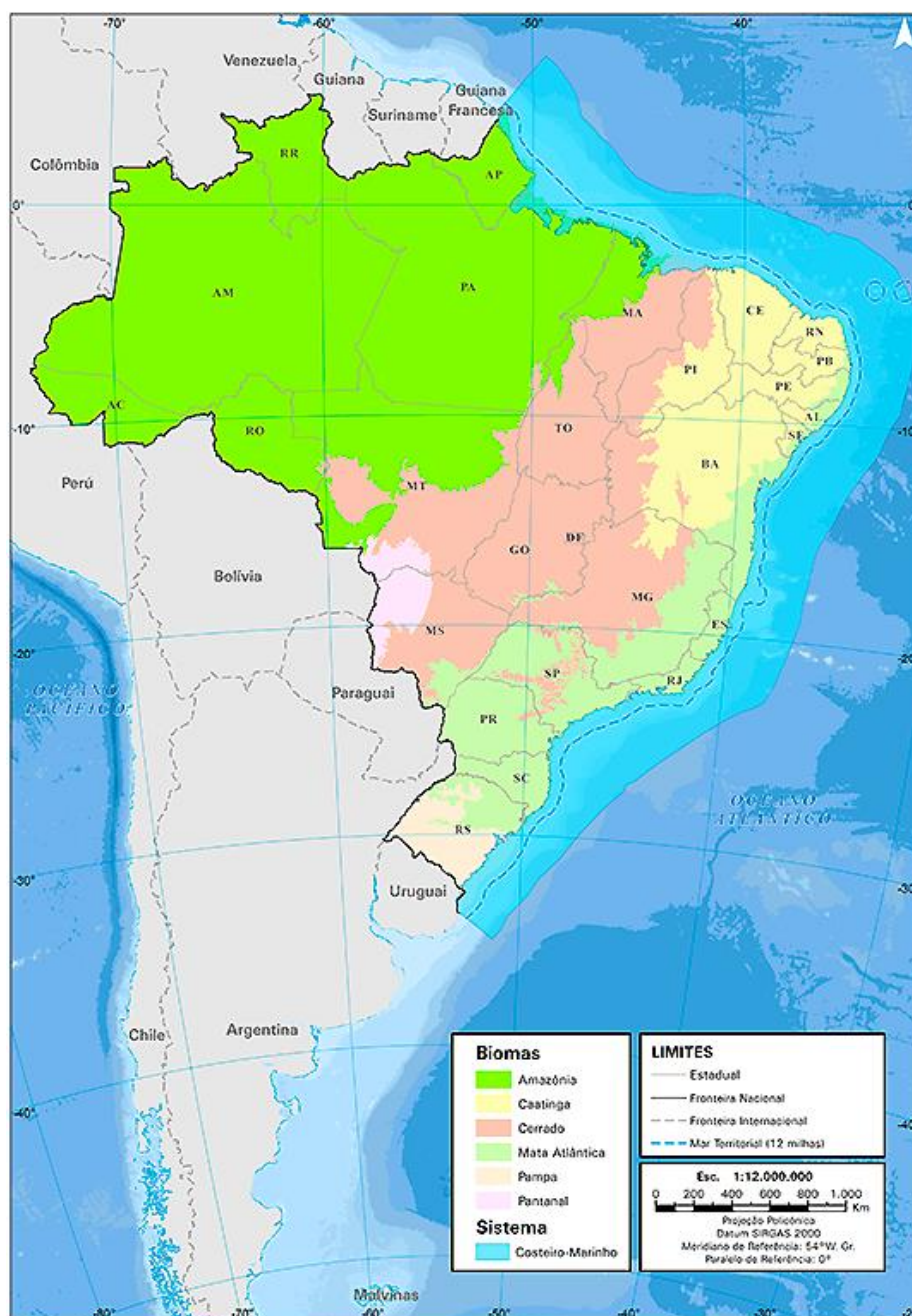
“O Bioma Amazônico chega ocupar uma área de 4.196.943 Km², que corresponde a mais de 40% do território nacional e é constituída principalmente por uma floresta tropical. A Amazônia passa pelos territórios do Acre, Amapá, Amazonas, Pará e Roraima, e parte do território do Maranhão, Mato Grosso, Rondônia e Tocantins. A Amazônia é formada por distintos ecossistemas como florestas densas de terra firme, florestas estacionais, florestas de igapó, campos alagados, várzeas, savanas, refúgios montanhosos e formações pioneiras.” (GEWANDSZNAJDER e LINHARES, 1998, p. 15).

A floresta tropical amazônica, que cobre boa parte do noroeste do Brasil e se estende até a Colômbia, o Peru e outros países da América do Sul, é a maior floresta tropical do mundo, famosa por sua biodiversidade. Ela é atravessada por milhares de rios, entre eles o grandioso rio Amazonas.

A figura 1 apresenta o mapa de localização do Bioma Amazônico segundo a classificação definida pelo IBGE, 2019. A delimitação engloba todos os estados da

região Norte e partes do estado do Maranhão (região Nordeste) e Mato Grosso (Centro Oeste).

Figura1: Biomas brasileiros e Sistema Costeiro-Marinho.



Fonte: IBGE, 2019.

A Amazônia Legal é uma área do território brasileiro que abrange nove estados da federação. Criado decorrente da Lei no. 1.806 de 06/01/1953, resultado especialmente de motivações políticas e não por conceitos geográficos. O Governo Federal entendeu, naquela ocasião, que essa nova divisão seria instrumental na

promoção do desenvolvimento da região. A área territorial da Amazônia Legal é de 5.217.423 km², correspondendo a cerca de 61% do território nacional de 8.514.877 km². A região abrange, em sua totalidade, os Estados do Acre, Amapá, Amazonas, Mato Grosso, Pará, Roraima, Rondônia e Tocantins e, parcialmente, o Estado do Maranhão.

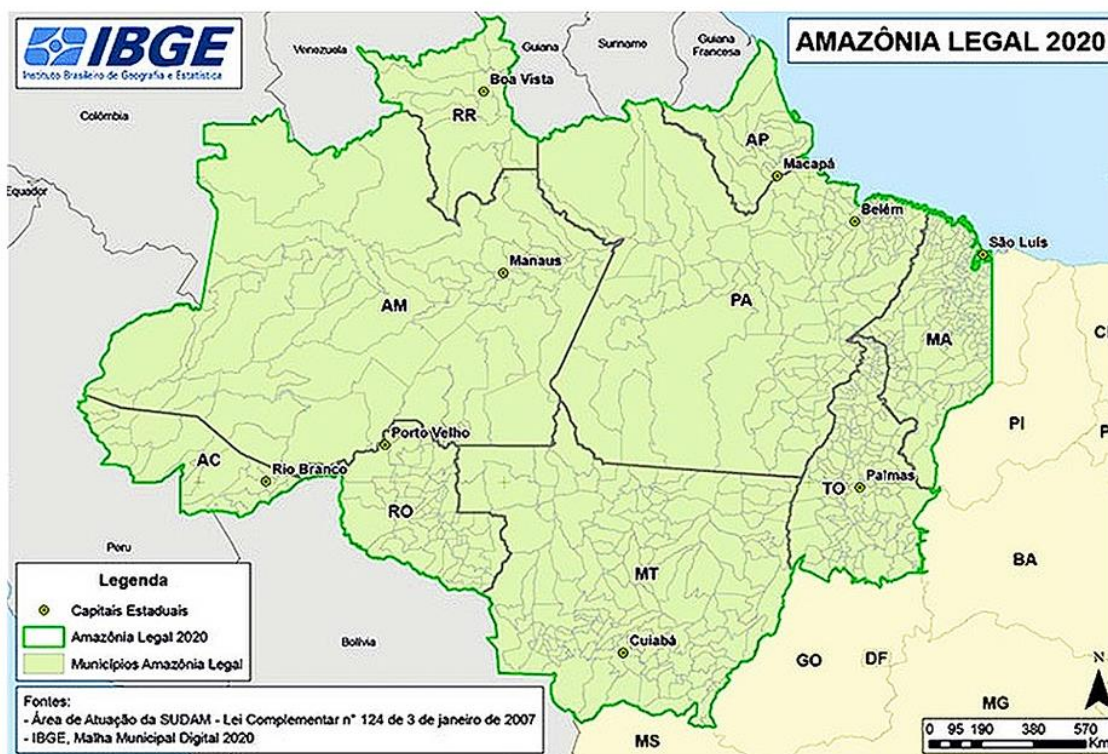
Dadas as suas dimensões continentais, a Amazônia Legal apresenta uma grande diversidade de ecossistemas, traduzidos por diferentes condições de vegetação, clima e solos. Suas regiões sul e nordeste de Roraima são cobertas, principalmente, por vegetação típica da savana. Entre essa faixa de vegetação ao sul da Amazônia Legal e o chamado “coração da Amazônia”, cuja vegetação é a floresta ombrófila densa, estende-se uma longa faixa de floresta ombrófila aberta, a qual representa a transição entre os biomas Cerrado e Amazônia. Principalmente as porções de Cerrado, mas também partes da Floresta Ombrófila Aberta, abrigam a quase totalidade da atividade agropecuária na Amazônia Legal.

“Segundo a classificação de Köppen, o trópico úmido brasileiro está submetido ao grupo de clima chuvoso A, englobando os tipos climáticos Af, Am e Aw. A estação seca bem definida abrange apenas 52% da área, mas 20% da região Amazônica apresenta clima tropical chuvoso sem estação seca definida, enquanto o restante da área (28%) tem clima tropical chuvoso com período seco de até 90 dias.” (MARTHA JUNIOR, G. B, 2011, pg. 05).

Um território com essas dimensões e complexidades, detentor de uma biodiversidade imensa tem uma participação e interferência de suma importância no clima local e regional. E o fenômeno dos Rios Voadores não fica de fora disso, muito pelo contrário, está diretamente ligado a esse sistema.

A figura 2 apresenta os limites da Amazônia Legal de acordo com a Lei no. 1.806 de 06/01/1953 e atualizada de acordo com a malha municipal digital de 2020 do IBGE. A delimitação engloba todos os estados da região Norte, o estado do Mato Grosso (Centro-Oeste) e partes do estado do Maranhão (região Nordeste), apontando a capital de cada estado e a malha de municípios da área delimitada.

Figura 2: Limites da Amazônia Legal para 2020, a partir da atualização da Malha Municipal da região



Fonte: IBGE, 2020.

A América do Sul se estende por diferentes latitudes e possui formas de relevo variadas, proporciona a atuação e o desenvolvimento de diferentes sistemas atmosféricos, os quais contribuem para a não homogeneidade climática da região. Outro fator que também tem uma relevância no mesmo é a geomorfologia da região abordada, em que a bacia amazônica está rodeada pelos Planalto Central Brasileiro, Planalto da Guianas e pelas Cordilheiras dos Andes.

“Do ponto de vista específico da bacia amazônica, tem-se, em primeiro lugar, que salientar a geomorfologia e a localização da região cortada pelo Equador. A “planície” central da bacia amazônica tem por bordaduras laterais o planalto das Guianas e o planalto Central Brasileiro e a Oeste é bloqueada pela cordilheira dos Andes. Dessa forma os ventos alísios que introduzem na região o vapor d’água proveniente do oceano Atlântico, tem barreiras naturais especialmente no semicírculo andino, que impõe uma precipitação do vapor d’água através de chuva ou de neves. (SALATI, 1979, p. 16).

A geomorfologia citada anteriormente influencia o clima quente e úmido que está presente naquela região, e acabam por caracterizar fortemente o clima

amazônico que é tão específico. As Cordilheiras dos Andes atuam como barreiras naturais para os Ventos Alísios que vêm do Atlântico, impondo assim, uma precipitação na região. Juntando todos os fatores da morfologia e localização, podemos dizer que eles acarretam uma alta temperatura e um grande índice de umidade, determinando assim uma floresta equatorial.

“A região Amazônica possui uma precipitação média de aproximadamente 2300 mm.ano-1, embora tenham regiões (na fronteira entre Brasil e Colômbia e Venezuela) em que o total anual atinge 3500 mm. Nestas regiões não existe período de seca. Estes valores de precipitação elevada próximo à Cordilheira dos Andes deve-se à ascensão orográfica da umidade transportada pelos ventos alísios de leste da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).” (FISCH, 1996, pg. 05).

A figura 3 apresenta um mapa com todas as macro formas do relevo da América do Sul, totalizando 6 macro divisões e 36 subdivisões definidos por Jurandyr Ross em 2019. A figura 4 apresenta a legenda ilustrativa do mapa na figura anterior.

Figura 3: Macro formas do relevo da América do Sul



Fonte: ROSS, 2019.

Figura 4: Legenda ilustrativa da divisão dos primeiros e segundos táxons das macro formas do relevo da América do Sul.

- 1-Morfoestrutura do Cráton Amazônico:
-Morfoesculturas:
- 1.1-Planaltos Residuais em Cobertura Sedimentar de Plataforma-Norte e Sul Amazônicos
 - 1.2-Planaltos em Estruturas Ígneas e Metamórficas-Norte e Sul Amazônicas
 - 1.3-Depressões Marginais e Interplanálticas - Norte e Sul Amazônicas
- 2-Morfoestrutura dos Cinturões Orogenéticos do Pré-Cambriano:
-Morfoesculturas:
- 2.1-Planaltos e Serras do Atlântico Leste-Sudeste
 - 2.2-Planaltos e Serras de Goiás-Minas
 - 2.3-Planaltos do Nordeste Oriental e Sertanejo
 - 2.4-Planalto Uruguaio-sul-rio-grandense
 - 2.5-Planaltos e Serras do Alto Paraguai/Bodoquena
 - 2.6-Depressões Sertaneja e do São Francisco
 - 2.7-Depressões Cuiabana e do Alto Paraguai
 - 2.8-Depressões do Miranda-Bodoquena
 - 2.9-Depressões do Tocantins
- 3-Morfoestrutura da Plataforma da Patagônia:
-Morfoesculturas:
- 3.1-Planaltos em Estruturas Vulcano-sedimentares
 - 3.2-Planaltos em Coberturas Sedimentares Meso-cenozóicas
- 4-Morfoestruturas em Bacias Sedimentares Paleo-mesozoicas:
-Morfoesculturas:
- 4.1-Planaltos e Chapadas da Bacia do Paraná
 - 4.2-Planaltos e Chapadas da Bacia do Parnaíba
 - 4.3-Planaltos e Chapadas da Bacia do Parecis
 - 4.4-Planaltos e Tabuleiros da Bacia da Amazônia Oriental
 - 4.5-Depressão Periférica da Borda Leste da Bacia do Paraná
 - 4.6-Depressão Periférica Central Gaúcha-Uruguaia
- 5-Morfoestruturas dos Cinturões Orogenéticos Meso-cenozóicos:
-Morfoesculturas:
- 5.1-Cordilheira dos Andes Oriental
 - 5.2-Cordilheira dos Andes Centro-Occidental
 - 5.3-Cordilheira dos Andes Costeira
 - 5.4-Vales Sinclinais-Patamares Estruturais Amplos e Altiplanos
- 6 - Morfoestruturas das Bacias Sedimentares Cenozóicas:
-Morfoesculturas:
- 6.1-Depressão Central Sul-americana
 - 6.1.1-Tabuleiros e Colinas da Bacia do Orinoco
 - 6.1.2-Tabuleiros e Colinas da Bacia do Solimões
 - 6.1.3-Tabuleiros e Colinas do Alto Paraguai
 - 6.1.4-Planícies e Pantanaís da Bacia do Orinoco
 - 6.1.5-Planícies e Pantanaís das bacias Beni-Mamoré (Chaco)
 - 6.1.6-Planícies e Pantanaís das Bacias Paraguai-Paraná (Chaco)
 - 6.1.7-Planícies e Colinas das Bacias Paraguai-Paraná-Prata
 - 6.1.8-Planícies e Campos de Dunas Fixas das Bacias do Salado-Colorado
 - 6.2-Tabuleiros Costeiros e Planícies Flúvio-Marinhas do Atlântico
 - 6.3-Terraços e Planícies Costeiras do Pacífico
 - 6.4-Planícies Fluviais Interiores

Fonte: ROSS, 2019

Os fatores hídricos da região amazônica têm por fonte dois agentes, cerca de metade dos recursos hídricos são provenientes dos Ventos Alísios vindos do oceano Atlântico na forma de vapor, e a outra metade é gerada pela própria vegetação da floresta, que libera essa alta quantidade de água na atmosfera pelo processo fisiológico de evapotranspiração, resultado de sua própria existência. As plantas liberam esse vapor de água por consequência de seus processos físicos e químicos, que realizam para tornar possível sua própria vida, sua sobrevivência.

“Este acoplamento atmosférico entre os baixos e altos níveis observado durante o verão construíram uma seção vertical no sentido sudoeste-nordeste, para os meses de verão, que possibilitou a identificação dos jatos de baixos níveis a leste da Cordilheira dos Andes, que são responsáveis pelo transporte de umidade da região amazônica para o interior do continente. Além disso, ainda sobre o continente, a leste da Cordilheira dos Andes, é possível notar a convecção profunda associada à monção, e consequentemente, à ZCAS. Tal convecção observada pode sofrer a influência dos fluxos de umidade provenientes do oceano Atlântico. Enquanto a oeste da Cordilheira dos Andes verifica-se a presença de ar frio descendente, responsável pela formação de nuvens estratiformes sobre a região da alta subtropical do Pacífico Sul e simboliza o acoplamento direto entre a monção da AS e a circulação do Oceano Pacífico.” (GAN, 2009, pg. 03).

Outros fatores que determinam o clima local são tipos de vegetação, e isso não se deve apenas ao fato do fornecimento de água via evapotranspiração, mas também ao fato de que o porte da vegetação influencia nos ventos que passam nessa região, de acordo com o seu porte a flora pode alterar a velocidade dele. Esse fator indica que o tamanho e o tipo de vegetação têm relação direta com a determinação das características meteorológicas na região.

Além dos fatores positivos que a cobertura vegetal, principalmente a cobertura florestal, tem em relação à área abordada, na questão da influência de seu porte, outro ponto com uma grande relevância que pode ser levantado é a proteção que a cobertura vegetal exerce ao solo. As plantas usam uma grande quantidade de energia solar excedente sobre aquela determinada área, em seus processos fisiológicos, sem as plantas essa proteção se torna inexistente e toda essa energia solar atinge diretamente o solo, acarretando o aquecimento do solo e do ar. Uma relação que acaba se tornando outro efeito dominó (aquecimento do solo, e este consequentemente aquece a atmosfera) em um processo de troca de energia. As regiões amazônicas acabam por ser resultado de sua densa cobertura vegetal, absorvendo uma grande quantidade de radiação solar.

“A energia solar que incide na região é em média $1,78E+12$ Watts/m² e é, em grande parte, utilizada no trabalho de evaporação das águas, através da transpiração das plantas. Estima-se que 50 a 60% da energia solar seja utilizada nesse processo. No caso de desflorestamento, em grande escala, o balanço de energia será alterado. Uma grande parte de energia que hoje é utilizada pelas plantas para transpirar, será utilizada no processo de aquecimento do solo e do ar.” (SALATI, 1979, p. 19).

Mais um fator importante sobre a existência da manutenção climática fornecida pela floresta amazônica é a sua relação com os gases essenciais para o equilíbrio da vida como conhecemos hoje, isso não se deve somente ao fato de fornecer oxigênio para a atmosfera, pois já se sabe que a floresta se encontra em um estado de "clímax", mas está ligado ao com o fato de que a região representa um gigantesco reservatório de carbono. O aprisionamento de uma enorme quantidade de carbono na vegetação representa um equilíbrio para o ecossistema atual, ele seria completamente abalado caso esse carbono, por meio de queimadas por exemplo, fosse liberado para a atmosfera. Isso representa um perigo devastador para o meio ambiente, já que a floresta amazônica é detentora de aproximadamente 20% do reservatório de carbono da biomassa do planeta (Salati, 1979).

Sabe-se que a floresta amazônica tem um papel incomparável no processo de fornecimento de água para outras regiões do país, e isso pode ser observado a partir da constatação de que a transformação de áreas de floresta em pastagem aumenta o escoamento superficial da água das chuvas. A região florestal proporciona um sistema de escoamento natural muito eficaz, a maior parte da água penetra no solo e acaba nos lençóis subterrâneos, sendo retiradas posteriormente pelas raízes das árvores com a finalidade de realizar os processos fisiológicos vegetais, mantendo o ciclo hidrológico.

Com a fragmentação da floresta, os efeitos das mudanças climáticas podem ser bem diferentes comparados com os mesmos sobre uma floresta com vegetação contínua. A floresta de beirada sofre os efeitos das mudanças climáticas e do desflorestamento, à medida que as árvores vão morrendo, a frente do desmatamento vai avançando e a floresta não consegue mais se sustentar. As bordas da floresta possuem um microclima diferente do que o seu interior, ele é mais seco e mais quente. Portanto, as árvores podem morrer de sede, como aconteceria com as mudanças climáticas previstas.

“A floresta amazônica tem uma série de ligações de retroalimentação com e mudança climática que representa uma ameaça séria à existência da floresta e para a continuação de seus serviços ambientais. Um mecanismo é por perda de evapotranspiração, assim reduzindo a precipitação a ponto em que a floresta deixa de ser o tipo de vegetação favorecido pelo clima da região. A floresta seria substituída por um tipo de vegetação parecido com o cerrado, por meio da savanização. Até 60% da floresta amazônica no Brasil poderia ser transformada em cerrado pelo processo de savanização.” (FEARNSIDE, 2006, p. 397).

O FENÔMENO DOS RIOS VOADORES

O sistema ecológico pode ser analisado pelo seu equilíbrio dinâmico, para tal análise é necessário identificar seus motivos. As oscilações no estado de equilíbrio são um dos fatores que determinam as mudanças que ocorrem no meio afetado, principalmente se esses mesmos fatores estiverem relacionados com as mudanças climáticas que, podemos observar com cada vez mais clareza na atualidade. Todas essas alterações que modificam o equilíbrio de uma determinada região, acarretam por consequência a mudança forçada e involuntária do modo de vida da fauna e flora desta área afetada, o que por efeito dominó acaba por engendrar outras variantes no meio.

A manutenção da quantidade hidrográfica localizada na região amazônica, como já abordado anteriormente, se deve a dois principais fatores, cerca de metade vindo em forma de vapor do oceano atlântico e a outra metade originária do processo de evapotranspiração, provenientes da matriz vegetal da floresta, como resultado de seus processos naturais fisiológicos. Esses dois processos favorecem a permanência do sistema hídrico na região, fazendo com que esse ciclo da água seja um complexo constante, essa mesma água presente no solo é transferida para atmosfera, que é um dos quatro componentes principais da superfície terrestre, na forma de vapor.

“Assim, a precipitação média total na Bacia Amazônica é da ordem de $12,0 \times 10^{12} \text{ m}^3$ por ano, enquanto a vazão na foz é da ordem de $5,52 \times 10^{12} \text{ m}^3$ por ano, ou seja, a quantidade de água precipitada é aproximadamente 2,2 vezes maior que a água que se escoia pela calha principal do Amazonas, voltando ao oceano. Estes dados, embora escassos e de precisão limitada, indicam que a evaporação e a evapotranspiração devem ser responsáveis por uma parte relativamente ponderável do balanço hídrico da região.” (VILLA NOVA et al, 1976, pg. 215).

A figura 5 apresenta um esquema ilustrativo que representa a evapotranspiração, ou seja, a transpiração mais a evaporação de vapor de água através da vegetação, processo essencial para a manutenção do balanço hídrico da região abordada e para o acontecimento do fenômeno dos Rios Voadores.

Figura 5: Esquema do processo de evapotranspiração, em que a água no seu estado líquido é convertida em vapor d'água através da evaporação de superfícies líquidas.



Fonte: SANTOS, UFRGS, 2020.

Os processos em que a floresta vem sofrendo de transformação da paisagem, modo de vida, destruição e substituição da vegetação natural por pastagens, tudo isso modifica o clima local, prolongando as estações de seca e atingindo diretamente a fauna e flora, além de danificar o fornecimento de água em forma de vapor para outras regiões através do fenômeno dos Rios Voadores, pois diminui a vegetação que fornece aproximadamente 30% da água para ele.

“Sabe-se que qualquer modificação nas características da cobertura do solo implicaria não só em alterações nos parâmetros do balanço de energia, como também na dinâmica do escoamento, afetando diretamente o processo evaporativo. Como consequência, uma provável diminuição da umidade relativa deverá determinar, a exemplo dos climas desérticos, maiores oscilações térmicas, e profundas alterações no equilíbrio dos sistemas convectivos característicos da região.” (VILLA NOVA et al, 1976, pg. 219).

Segundo FEARNside (2015, pg.03), a maior parte da água das chuvas não consegue penetrar no solo compactado das pastagens amazônicas. Então, escoar na superfície, vai para a rede fluvial e por fim é despejada no oceano Atlântico. Na floresta, porém, a água entra no solo, sendo em sua maior parte absorvida pelas raízes das árvores e relançada à atmosfera pela transpiração das folhas. Atualmente,

acredita-se que o percentual de água reciclada dentro da bacia seja 20-30%, inferior à cifra tradicional de 50%.

O próprio ecossistema dessa área se mantém em equilíbrio, um processo que demorou milênios para atingir o seu ápice e seu ponto ideal, mas por consequência das modificações que o homem vem causando há séculos, tanto nas áreas terrestres quanto nas aquáticas, esse equilíbrio atualmente se encontra ameaçado e até já passou por modificações significativas. Os temores atuais, com o conhecimento que se tem até o momento sobre o assunto, relacionados aos fatores hídricos é que o abastecimento de água em alguns estados brasileiros seja diretamente atingido e prejudicado como consequência das mudanças que a floresta amazônica vem sofrendo. Isso deve-se ao fato de que os Rios Voadores criados pelo ecossistema da Amazônia, abastecem as regiões vizinhas com sua água, portanto, há uma relação intrínseca entre o fornecimento de água em outras regiões do Brasil provenientes das bacias hidrográficas da área amazônica.

“As maiores cidades do Brasil, como São Paulo e Rio de Janeiro, dependem de água de chuva, derivada de vapor de água que é transportado da Amazônia por correntes de ar (o vento chamado de jato de baixa altitude sul-americano). São Paulo e outras cidades já estão no limite ou além dele para água disponível, tanto para uso doméstico como para geração de energia hidrelétrica.” (FEARNSIDE, 2015, pg. 01).

O abastecimento de água fornecido pela bacia amazônica é algo que vai muito mais além do que conseguimos observar, outras regiões do país e de áreas vizinhas contam com essa “fonte de água” para abastecerem suas próprias bacias e rios. Portanto, a existência e permanência dos Rios Voadores pode ser definida como algo essencial para o abastecimento de chuvas na região sudeste do Brasil, essa intrínseca relação entre áreas e ciclos hídricos é algo muito frágil, e que com o desmatamento desenfreado que a região amazônica vem sofrendo nas últimas décadas, podemos afirmar que a cada dia que passa essa delicada relação se encontra cada vez mais danificada e ameaçada.

Segundo FEARNSIDE (2015, pg. 04), a quantidade de vapor d’água que entra na região com os ventos vindos do Atlântico é calculada em cerca de 10 trilhões de m³ por ano, enquanto a descarga média do rio Amazonas, na foz, é de 6,6 trilhões de m³ anuais. A diferença, em torno de 3,4 trilhões de m³ por ano, é forçosamente exportada para alguma outra região.

Tabela 1: Fluxos de água da Amazônia

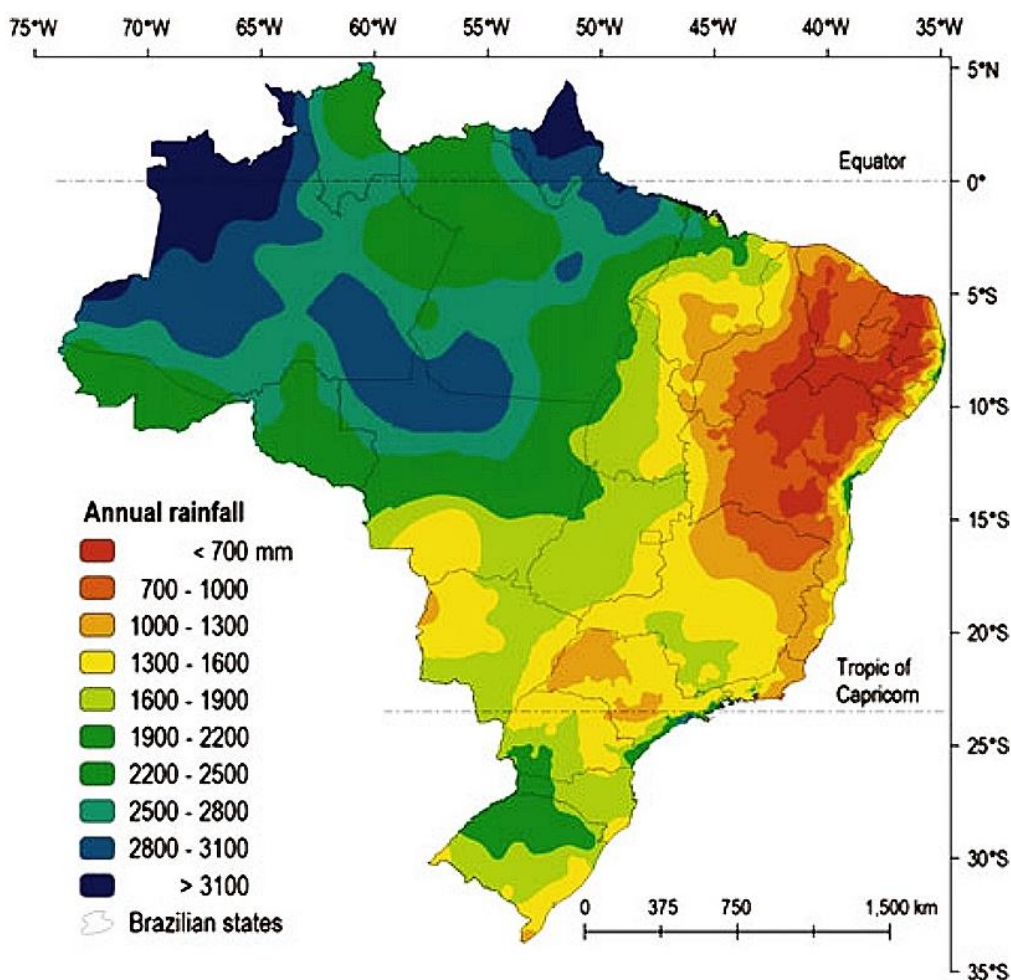
Descrição	Volume de água (trilhões de m ³ /ano)	Comparação com a vazão do rio Amazonas (%)
Transporte do Oceano Atlântico para dentro da região pelos ventos alísios	10 ± 1	152%
Vazão média do rio Amazonas na foz	6,6	100%
Precipitação na bacia hidrográfica do rio Amazonas	15,05	228%
Evapotranspiração	8,43	128%
Vapor d'água transportado por ventos para outras regiões	3,4 ± 1	52%

Fonte: FEARNSIDE, 2015, pg. 04.

O vento responsável pelo “transporte” e direcionamento do vapor de água gerado pela Floresta Amazônica através da evapotranspiração, fenômeno conhecido como Rios voadores, até os seus respectivos destinos é chamado de Jato de baixa altitude sul-americano, graças a esse fenômeno a região sudeste do país não enfrenta secas severas. Sabendo disso, não se torna nenhuma surpresa que o que acontece nos estados que possuem partes da floresta amazônica, consequentemente irá afetar os estados que estão mais próximos da região sul do país.

O mapa representado na figura 6 mostra que a precipitação anual do Brasil tem variabilidade espacial semelhante ao mapa climatológico normal apresentado pelo serviço meteorológico do Brasil: INMET. Precipitação anual variada de 387 a 4.003 mm, muito semelhante ao que foi encontrado em outros estudos. A precipitação anual acima 2.500 mm foi mapeada principalmente no norte do Brasil, como no litoral central do estado de São Paulo onde a precipitação anual atinge mais de 3.000 mm em média, promovido pelo efeito orográfico causado pela Serra do Mar.

Figura 6: Precipitação total anual no Brasil.



Fonte: ALVARES, 2013.

A cobertura vegetal da floresta amazônica é a responsável pelo processo de evapotranspiração, dinamismo este que fornece cerca de metade de toda a água presente nos Rios Voadores. Com o desmatamento dessa área, a diligência desempenhada pela floresta nesse sentido é seriamente ameaçada, e consequentemente o abastecimento de água em outras regiões do país também.

Outra inferência que pode ser abordada, fora as ameaças ao abastecimento de água em outras áreas do país, é a questão econômica dele, pois a maior parte das atividades econômicas do país são voltadas para a vertente agrária, performances essas que sem água não seriam possíveis, causando assim um enorme prejuízo econômico para o Brasil.

Portanto, qualquer mudança que ocorra no tipo de vegetação presente na região amazônica, acarretará diretamente uma alteração no fornecimento de água aos Rios Voadores e conseqüentemente atingirá de forma negativa as regiões que são abastecidas pluvialmente por ele.

Os ventos existentes na região amazônica sopram de leste a oeste, em função da rotação da Terra. Assim que eles atingem a Cordilheira dos Andes, se direcionam para o sul, e o vapor d'água é levado para outras partes do continente.

“O vento denominado ‘jato de baixa altitude sul-americano’ (SALLJ, na sigla em inglês) move-se rapidamente (cerca de 30 km por hora) em uma estreita faixa de altitude, aproximadamente 1-2 km acima do nível do mar. Entre junho e agosto, na estação seca no sul do Brasil, apenas os ventos do sudoeste da Amazônia vieram para o sul, levando vapor d'água, mas entre dezembro e fevereiro isso acontece com ventos de toda a região. Esta oscilação ocorre devido à migração anual da zona de convergência intertropical (ITCZ), que é uma linha ao redor do planeta onde ventos vindos do Sul e do norte se encontram e sobem, formando um cinturão de nuvens e precipitação.” (FEARNSIDE, 2015, p. 01).

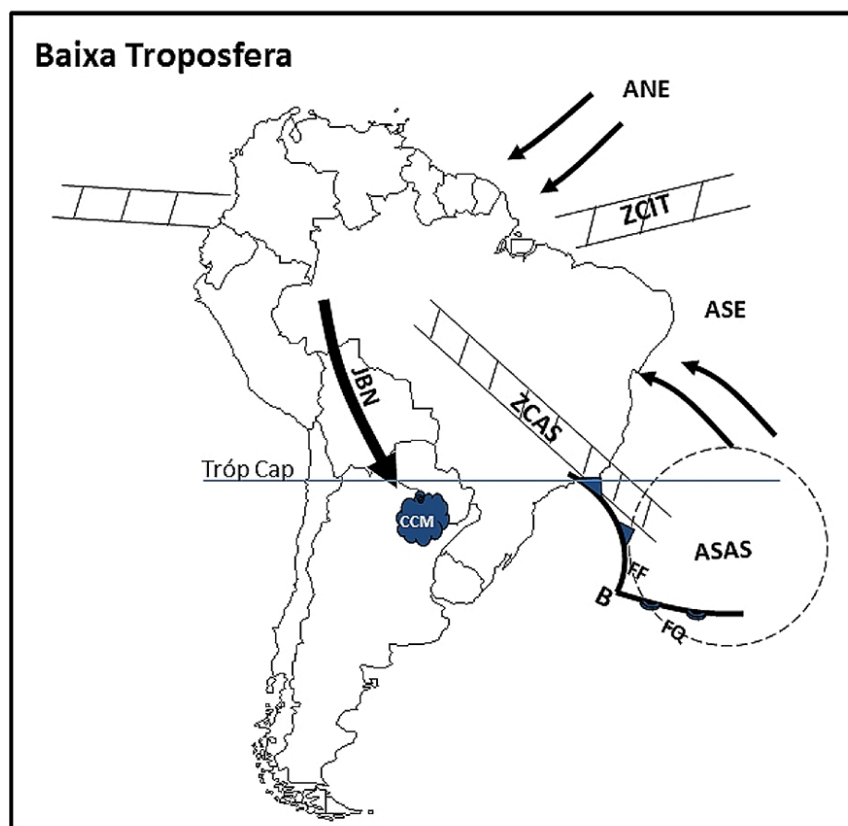
Esse fenômeno, que leva ventos (SALLJ) da Amazônia ao sudeste do Brasil não é constante, ele ocorre em uma série de episódios fragmentados, existindo uma variação na frequência do mesmo com o passar dos anos, além de variação sazonal. Ao longo do ano, é no período verão austral, ou seja, a época chuvosa no Centro-Sul brasileiro, que o SALLJ ocorre com maior frequência, possuindo nesse mesmo período as velocidades de vento mais elevadas e o mais alto índice de umidade, sendo muito mais eficiente na precipitação sobre o continente.

Segundo CORREA et al (2006), em uma escala de tempo anual, a metade da água que entra na Amazônia do Atlântico faz a curva para o sul. Durante junho, julho e agosto, as quantidades médias em 20 anos de vapor d'água transportada da Amazônia variaram de 115 a 267 mil metros cúbicos por segundo, um fluxo parecido com a vazão do rio Amazonas. No entanto, muito desta enorme quantidade de água não cai como chuva, por falta de condições meteorológicas para provocar a sua condensação em água líquida.

A figura 7 representa de forma ilustrativa o Esquema dos sistemas atmosféricos atuantes na América do Sul no verão. A sigla ANE refere-se aos ventos alísios de nordeste, ASE aos ventos alísios de sudeste, ASAS ao anticiclone subtropical do Atlântico Sul, B a uma baixa pressão atmosférica (ciclone), CCM aos complexos convectivos de meso escala, FF a uma frente fria, FQ a uma frente quente, JBN ao

jato de baixos níveis a leste dos Andes, Tróp Cap ao Trópico de Capricórnio, ZCAS à Zona de Convergência do Atlântico Sul e ZCIT a Zona de Convergência Intertropical.

Figura 7: Esquema dos sistemas atmosféricos atuantes na América do Sul no verão.



Fonte: REBOITA et al, 2012.

A Amazônia contribui de uma forma mais significativa em relação a quantidade de chuva no sudeste do país na estação chuvosa, mesmo na época seca daquela região (o verão austral), a água amazônica também pode ser muito importante para outra região do país, onde se concentra a maior parte da produção agrícola do Brasil.

Os impactos do déficit de abastecimento pluvial dos Rios Voadores, por consequência do desmatamento vão ser sentidos em outros países que circundam o Brasil, e que dependem de alguma forma de abastecimento da água que vem da Amazônia, como exemplo podemos citar a bacia do Prata, que inclui o rio Paraná, depende de água originária da Amazônia para 70% do seu recurso hídrico total.

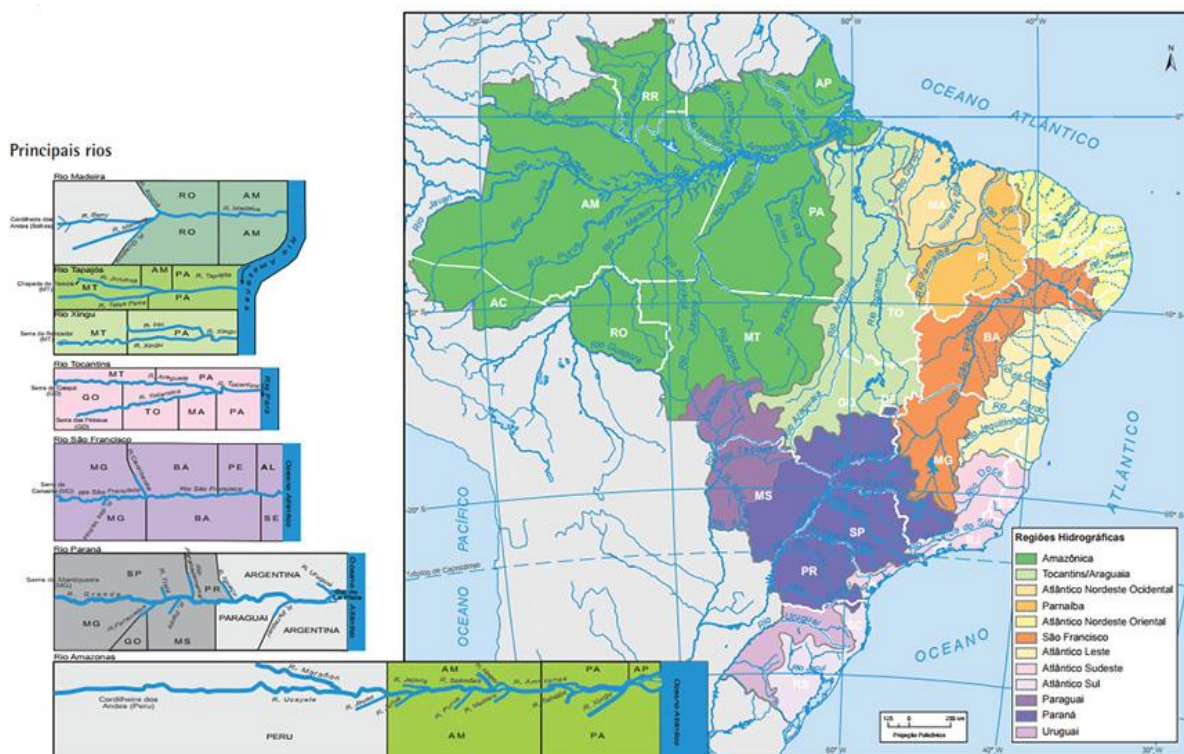
Entre São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro os ventos que trazem esse vapor batem, especificamente em um lugar denominado serras da Mantiqueira e do

Mar, ocasionando assim chuvas nessa área. A água das chuvas nessa região vai para o leste até o oceano atlântico, passando pela bacia do Rio Paraíba e outras bacias pelo caminho. Essa mesma água da mesma chuva anterior também pode ir para oeste e sul, passando pela bacia do Rio Prata. Pelos dois caminhos que a água pode seguir ela acaba passando por represas importantes que abastecem algumas cidades, a queda da quantidade de abastecimento dessas represas poderia acarretar enormes problemas para essas cidades.

“Em ambos os trajetos, a água passa por represas que garantem produção de energia e abastecimento para as principais cidades do país, inclusive Rio de Janeiro e São Paulo. Como o enchimento desses reservatórios depende de poucas semanas de chuva intensa, especialmente em dezembro, quando a contribuição da Amazônia está no máximo, as consequências de qualquer redução no volume de vapor d’água vindo dessa região seriam muito sérias.” (FEARNSIDE, 2015, p. 02).

A figura 8 representa um mapa com as Regiões hidrográficas e principais rios do Brasil, de acordo com as definições do IBGE em 2003, destacando-se o Rio Amazonas e o Rio Paraná, que se enquadram em bacias hidrográficas importantes citadas nesta pesquisa.

Figura 8: Regiões hidrográficas e principais rios do Brasil.



Fonte: IBGE, 2003.

Os trabalhos realizados nesta área quantificam os fluxos de água na Bacia Amazônica. Os dados destes estudos são do fim dos anos 70, época em que o desmatamento na região não era relevante para este tema e os efeitos das MCG (mudanças climáticas globais) não eram conhecidos, muito menos considerados nesta questão.

OS VENTOS DE JATO DE BAIXA ALTITUDE SULAMERICANOS E O FENÔMENO EL NIÑO

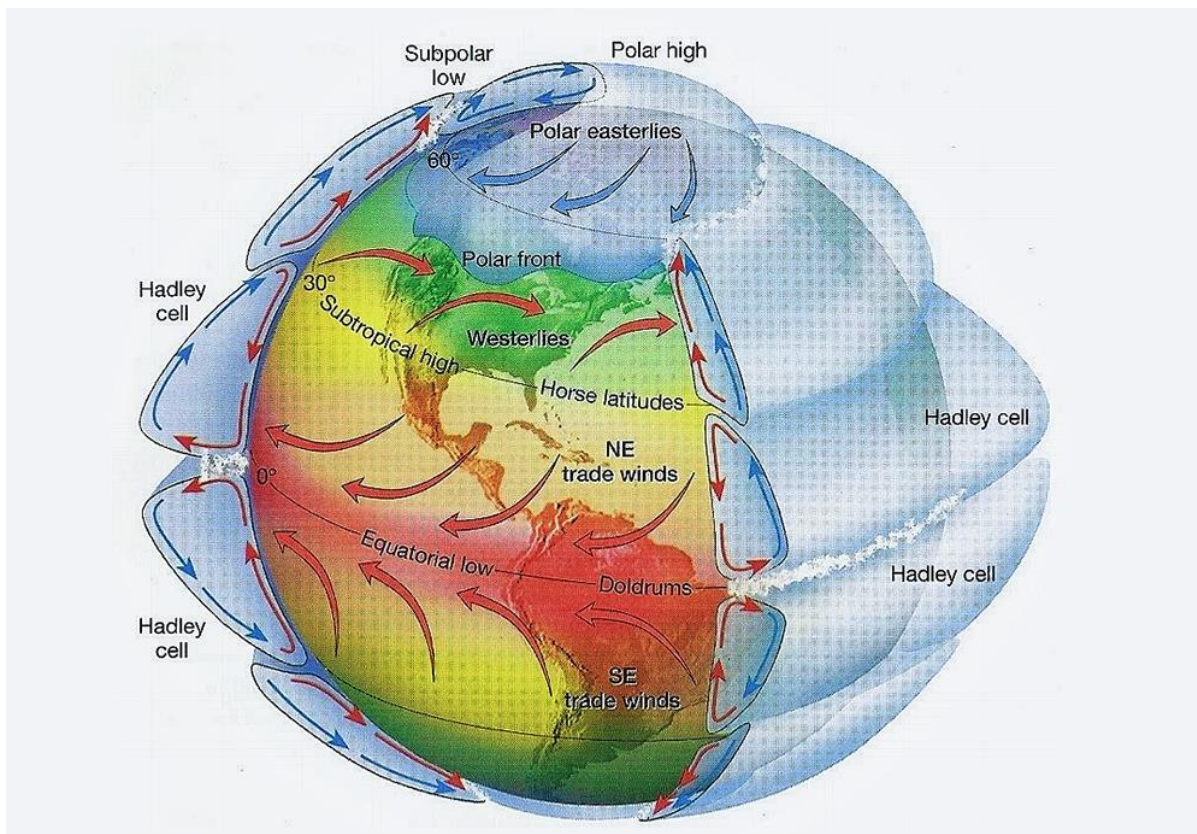
O vapor de água primário nesta questão, origina-se no Oceano Atlântico e transitam na região Amazônica através dos ventos alísios. Os ventos alísios são ventos que ocorrem durante todo o mês nas regiões subtropicais, sendo muito comuns na América Central. São o resultado da ascensão de massas de ar que convergem de zonas de alta pressão, nos trópicos, para zonas de baixa pressão no Equador, formando um ciclo.

Estes ventos sopram do Quadrante Leste, variando dependendo da época do ano, resultantes do deslocamento da ZCIT (Zona de Convergência Intertropical). A Zona de convergência intertropical (ZCIT) é um sistema meteorológico relevante em atividade nos trópicos, parte integrante da circulação geral da atmosfera, que está situado no ramo ascendente da célula de Hadley. Atua no sentido de transferir calor e umidade dos oceanos dos níveis inferiores da atmosfera das regiões tropicais para os níveis superiores da troposfera e para médias e altas latitudes. É uma região de baixa pressão, com convergência de escoamento em baixos níveis e divergência em altos níveis, e é a principal fonte de precipitação nos trópicos, responsável por condições de mau tempo sobre extensa área e desenvolvimento vertical das nuvens que se estende até a alta troposfera das regiões tropicais.

“Como a Terra está em rotação (sob ação da força de Coriolis), os ventos que se dirigem para o equador são defletidos (no Hemisfério Sul para a esquerda do movimento e no Hemisfério Norte para a direita) formando os ventos alísios de sudeste no Hemisfério Sul e os de nordeste no Hemisfério Norte. Os ventos alísios, ao dirigirem-se para o equador, convergem dando origem à Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).” (REBOITA et al, 2012, p. 36).

A figura 9 é uma representação ilustrativa da Célula de Hadley, que é um modelo de circulação fechada da atmosfera terrestre predominante nas latitudes equatoriais e tropicais. Esta circulação está intimamente relacionada aos ventos alísios, às zonas tropicais úmidas, desertos subtropicais e correntes de jato.

Figura 9: Modelo idealizado de circulação global - proposta de três células considerando a rotação da Terra.



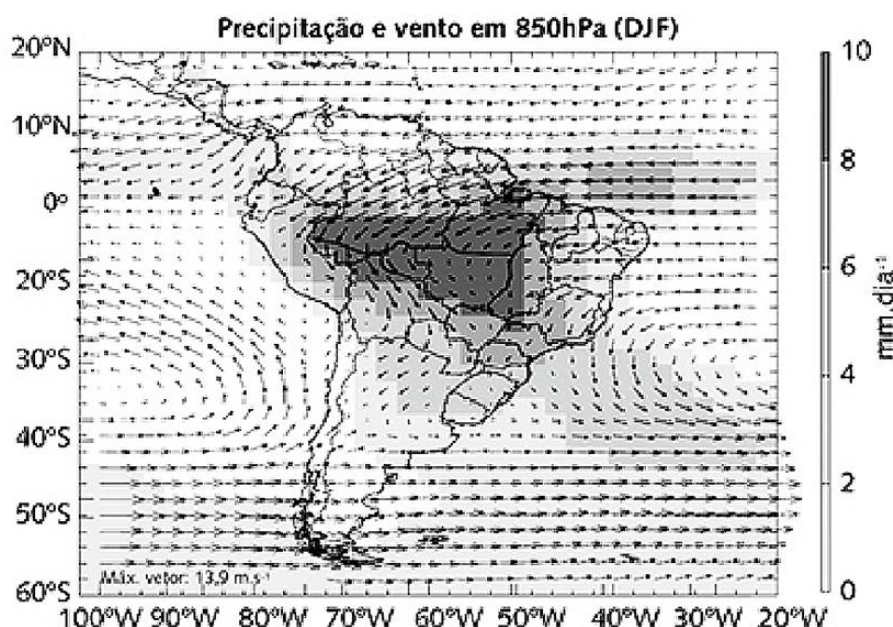
Fonte: LUTGENS, 2004.

As estimativas dos números destes fluxos de energia e água vem sendo estudados mais recentemente e entre eles destaca-se o estudo sobre “jatos de baixos níveis da América do Sul”, que apontam sua importância no balanço hídrico da região. O Jato de Baixos Níveis na América do Sul promove um transporte efetivo de calor e umidade para o sudeste do continente. Por outro lado, a região de saída do Jato de Baixos Níveis é caracteristicamente uma área de convergência de massa, em consequência da desaceleração dos ventos. Ainda na Região Sul brasileira, ocorrem as bandas continentais de precipitação frontal, que são as maiores responsáveis pelos acumulados climatológicos de chuva na região.

Uma das características mais marcantes do clima tropical da América do Sul durante o verão: a presença de uma banda de nebulosidade e chuvas com orientação noroeste-sudeste, que se estende desde a Amazônia até o Sudeste do Brasil e, frequentemente, sobre o oceano Atlântico Subtropical. Essa característica climatológica (figura 10), que se associa a um escoamento convergente de umidade

na baixa troposfera, convencionou-se chamar de Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCA). (CAVALCANTI, 2009).

Figura 10: Climatologia da precipitação (sombreado mm dia^{-1}) e ventos em 850 hPa (m s^{-1}) durante os meses de dezembro, janeiro e fevereiro.



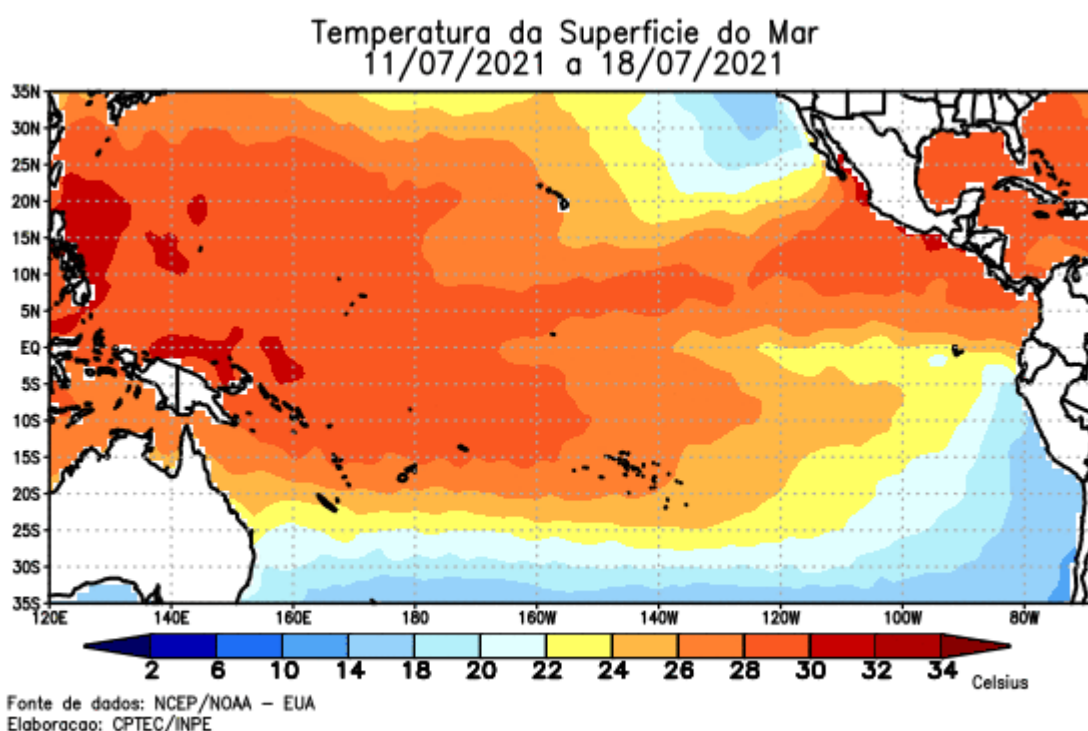
Fonte: CAVALCANTI, 2009.

Os ventos de jato de baixa altitude sul-americano (SALLJ) que transportam o vapor d'água na Amazônia para outras regiões da América do Sul, fazem parte de um sistema sensível, em que ciclos interdecadais podem afetar as fontes de água. Futuramente as alterações no SALLJ podem compensar o efeito do fornecimento de vapor de água diminuído pelo desmatamento, mas tudo isso depende se a frequência dos episódios está relacionada com o El Niño, fenômeno que causa uma tendência geral em direção a maior precipitação no sul da Amazônia e no Centro-Sul do Brasil.

“duas observações são sugestivas de uma conexão: a maior frequência de episódios SALLJ durante o evento El Niño no verão austral de 1997 – 1998 em comparação com o evento La Niña, um ano mais tarde e uma tendência geral em direção a maior precipitação no sul da Amazônia e no Centro-Sul do Brasil desde meados de 1970 que é consistente com ambos o aumento de eventos El Niño e episódios SALLJ.” (FEARNSIDE, 2015, p. 01).

A figura 11 é uma imagem ilustrativa produzida pelo INPE em 2021 que representa um exemplo do Fenômeno El Niño. Os fenômenos El Niño são alterações significativas na distribuição da temperatura da superfície da água do Oceano Pacífico, com grandes alterações no clima. Estes eventos modificam um sistema de temperaturas do oceano Oscilação Sul e, por essa razão, são referidos muitas vezes como ENOS. Estes eventos podem interferir diretamente no acontecimento do Rios Voadores como citado nesta pesquisa.

Figura 11: Representação do Fenômeno El Niño.



Fonte: INPE, 2021.

A influência do fenômeno El Niño no clima da Floresta Amazônica já é conhecida. Quando ocorre um aumento na temperatura da superfície do oceano Pacífico, o gatilho para o acontecimento de tal fenômeno, dá-se também por consequência uma grande seca na região amazônica, onde acabam ocorrendo um aumento de incêndios florestais durante esse período. Ele influi diretamente nas chuvas de várias regiões do planeta. A ciência ainda não tem respostas para como se dá a formação do El Niño: a grande dúvida é se é o mar ou a atmosfera quem inicia o fenômeno.

Existem modelos climáticos que predizem que o aquecimento global continuado poderá manter o oceano pacífico em condições semelhantes ao El Nino de forma duradoura, ou também poderia acarretar ‘El ninos’ mais frequentes e mais intensos que atualmente. Isso poderia impactar diretamente no clima da Amazônia, aumentar o nível do desmatamento através de incêndios florestais, mudanças no tipo de vegetação por conta do aumento da temperatura e diminuição do índice pluviométrico da região e conseqüentemente afetar o fenômeno dos Rios Voadores, logo, influenciando no regime de chuvas no Centro-Sul do Brasil.

“O efeito do desmatamento e das mudanças climáticas afeta o ciclo hidrológico em todas as escalas de tempo: em escalas de tempo de dias a meses, levam a mudanças na incidência de inundações; em escalas de tempo sazonais a interanual, mudanças nas características da seca é a principal manifestação hidrológica; e em escalas de anos a décadas, as tele conexões nos padrões de circulação global atmosférica, ocasionadas pela interação oceano-atmosfera, afetam a hidrologia de algumas regiões, especialmente nos trópicos, por diferentes eventos, entre eles o El Niño.” (NOBRE, 2007, p. 23).

A INFLUÊNCIA DO DESMATAMENTO DA AMAZÔNIA NO FENÔMENO DOS RIOS VOADORES

Voltando a atenção para a região Amazônica e dando ênfase nas mudanças que ocorreram, e ainda estão ocorrendo, podemos dar um crédito especial e enorme para a espécie humana no quesito devastação e transformação, pois desde a época da colonização, que se deu por volta de 1.500, com a chegada da expedição de Pedro Álvares Cabral no Brasil, se iniciou uma grande ocupação e exploração do território e recursos brasileiros.

Algumas ações que vem ocorrendo que são extremamente prejudiciais para a região amazônica devem ser vetadas o quanto antes, pois a tendência é chegar a um ponto em que a reversão da situação será algo impossível.

O desflorestamento que aumentou em uma escala alarmante é algo que está entre as ações que são praticamente irreversíveis, pois esse fator reduz o tempo de permanência da água na região, pelo fato de afetar a permeabilidade do solo, permeabilidade essa que determina o volume dos lençóis subterrâneos existentes na região.

“A maior parte da água das chuvas não consegue penetrar no solo compactado das pastagens amazônicas. Então, escoar na superfície, vai para a rede fluvial e por fim é despejada no oceano Atlântico. Na floresta, porém, a água entra no solo, sendo em sua maior parte absorvida pelas raízes das árvores e relançada à atmosfera pela transpiração das folhas.” (FEARNSIDE, 2015, p. 03).

Na área da Floresta Amazônica, o desenvolvimento de árvores gigantescas leva a acreditar em um solo muito fértil. Mas essa fertilidade provém apenas da matéria orgânica nele acumulada, que é depositada no mesmo pela própria ciclagem da vegetação local.

O processo que a região amazônica vem sofrendo de desmatamento contínuo para substituir a área florestal por enormes regiões de pastagens trará consequências graves para o ciclo hídrico e para toda a fauna e flora que depende do mesmo, pois sem a cobertura vegetal não há a possibilidade de o sistema de evapotranspiração ocorrer, acarretando assim um déficit no abastecimento dos Rios aéreos, o que proverá falta hídricas em outras regiões do Brasil e áreas vizinhas.

“Daí concluíram que a Amazônia devia estar exportando esse vapor para outras regiões do continente e irrigando outras bacias hidrográficas que não a do Amazonas. Análises preliminares feitas à época nas águas de chuva coletadas na cidade do Rio de Janeiro detectaram sinais de que parte dela vinha do interior do continente, não do oceano contíguo. E, mais especificamente, que havia passado pela Amazônia. Esse grupo foi o primeiro a sugerir que chuvas na América do Sul fora da Amazônia poderiam ser alimentadas pelo transporte continental de vapor.” (NOBRE, 2014, p. 18).

Outro grave resultado será no processo de escoamento, como mencionado anteriormente, pois sem as árvores o solo se torna compacto e quase impermeável, o que ocasiona o escoamento de quase toda a porção de água que foi fornecida pela chuva indo parar no oceano e se misturando com a água salgada, podendo causar enchentes dependendo da região e por conta desse empecilho outro déficit acontecerá no abastecimento das bacias subterrâneas da região.

Sabe-se que qualquer ação negativa que a floresta amazônica venha a continuar sofrendo acarretará consequências graves na região atingida e em outras áreas que dependem da dinâmica já existente nessa floresta, então, poderá faltar água sim, em alguns lugares. Esta falta seria de uma forma mais permanente, não apenas uma variação de um ano para outro como aconteceu anteriormente.

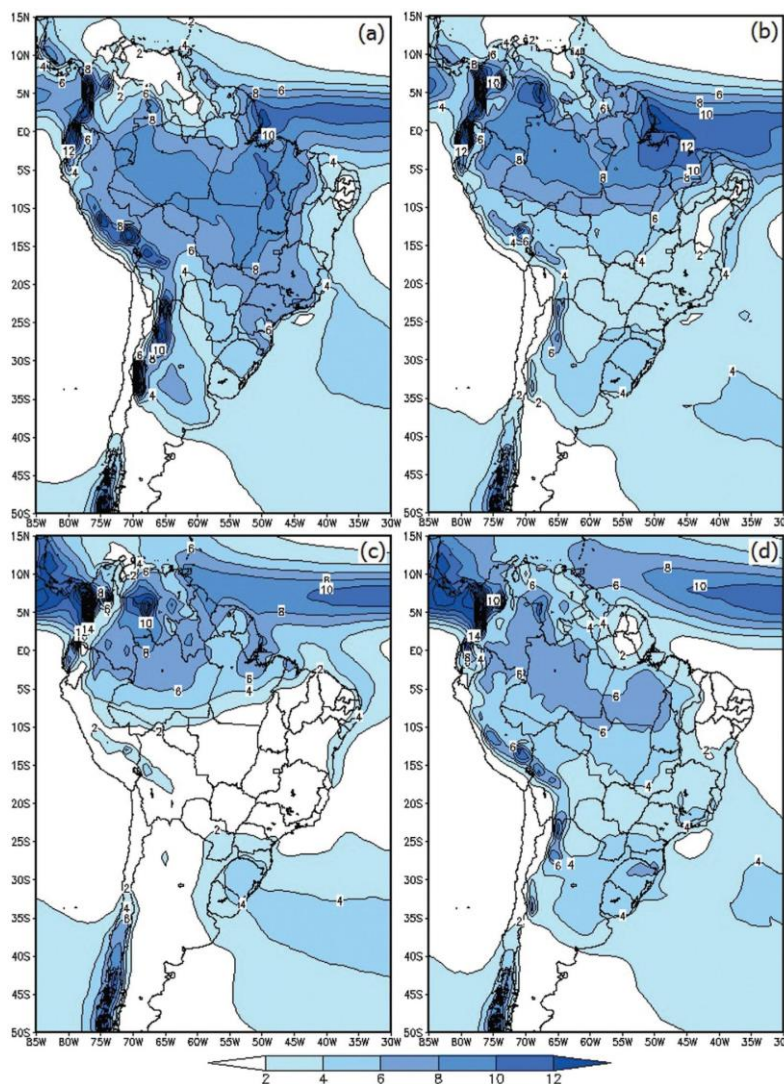
As chuvas que resultam da condensação deste vapor de água retornam para a atmosfera parcialmente, aproximadamente 30%, através da evapotranspiração dos sistemas florestais da região. Outra parte flui através do Rio Amazonas. Existe uma forte recirculação de vapor d'água nessa região por conta da imensa cobertura vegetal e de sua geomorfologia. A água que precipita na região é uma mistura do vapor de água primário, aquele que tem origem no oceano atlântico, com o vapor de água que é produzido pela evapotranspiração dos sistemas florestais e da evaporação direta de superfícies livres.

“Parte do vapor d'água exportado escapa para o oceano Pacífico, passando por cima da cordilheira dos Andes no canto noroeste da bacia amazônica, na Colômbia. A maior parcela da água transportada, porém, vai para o Centro-Sul do Brasil e para o Paraguai, Uruguai e Argentina. Certo volume também atravessa o oceano Atlântico e chega ao sul da África. Esse transporte de água para outras bacias, em especial para a bacia do rio da Prata, dá ao desmatamento amazônico um nível de impacto que tem sido pouco considerado quando se definem as políticas para a região.” (FEARNSIDE, 2015, p. 04).

Em escala sazonal, a figura 12 apresenta o início da estação chuvosa, ou forte atividade convectiva, no sul da Amazônia durante a primavera. A evapotranspiração

proveniente da floresta amazônica representa uma das principais fontes de vapor d'água para a bacia e para outras regiões do continente sul-americano, exercendo um papel fundamental no processo de geração de precipitação. Além disso, a contribuição da evapotranspiração local para a precipitação sobre a bacia amazônica representa uma porção significativa do balanço de água regional e exerce papel de destaque no ciclo hidrológico amazônico, influenciando os padrões espaciais de umidade do solo, a produtividade e a ocorrência de eventos extremos, tais como enchentes e secas (Rocha et al., 2017).

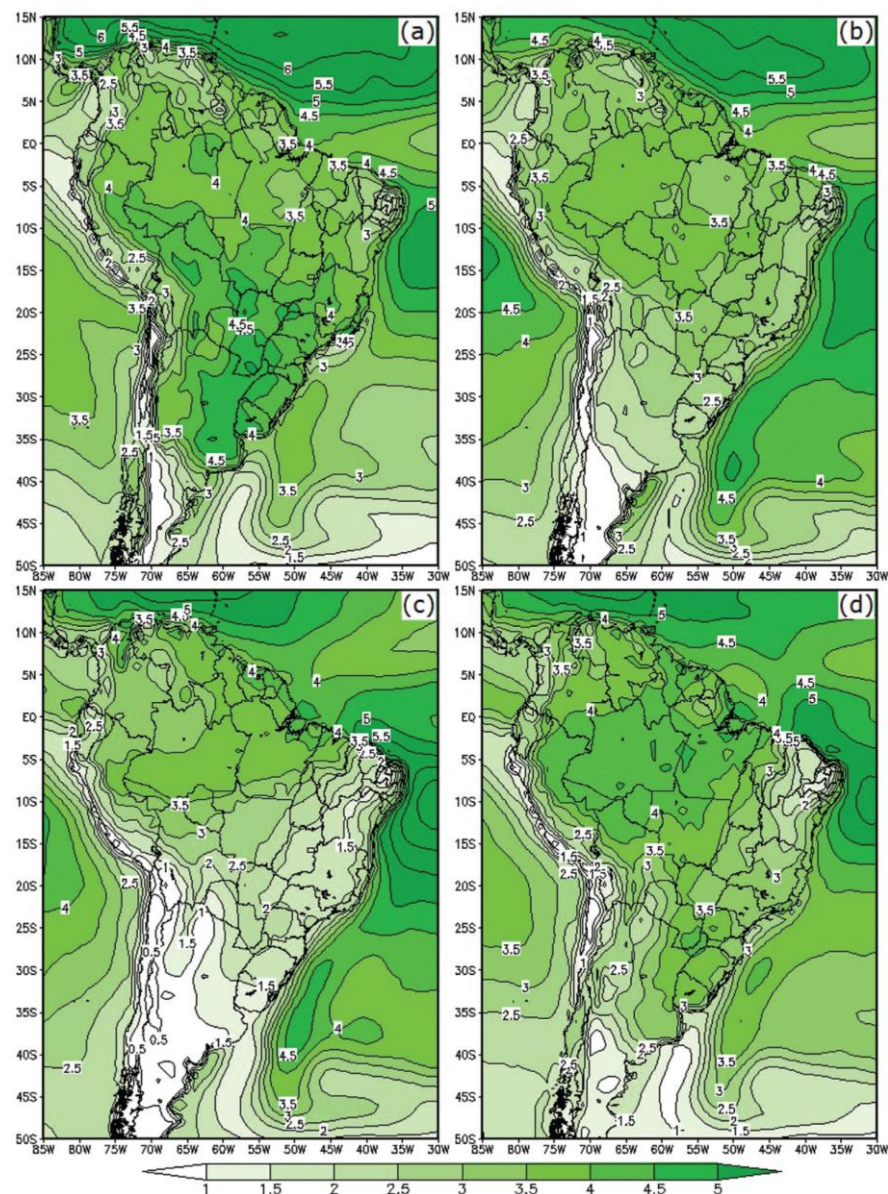
Figura 12: Precipitação média sazonal (mm dia^{-1}) sobre a América do Sul utilizando as reanálises do ERA-Interim (ECMWF), para o período de 1980 a 2005: (a) verão – DJF; (b) outono – MAM; (c) inverno – JJA; (d) primavera – SON.



Fonte: ROCHA, 2017.

A figura 13 apresenta os altos índices de evapotranspiração na bacia amazônica em SON e DJF estão associados à maior disponibilidade de energia durante as estações de primavera e verão, respectivamente. Durante o outono e inverno austral, devido à variação sazonal da ZCIT e o deslocamento da banda de nebulosidade para o norte, diminui a atividade convectiva sobre a Amazônia central e meridional, aumentando a radiação solar incidente à superfície e, conseqüentemente, a evapotranspiração. (Rocha et al., 2017).

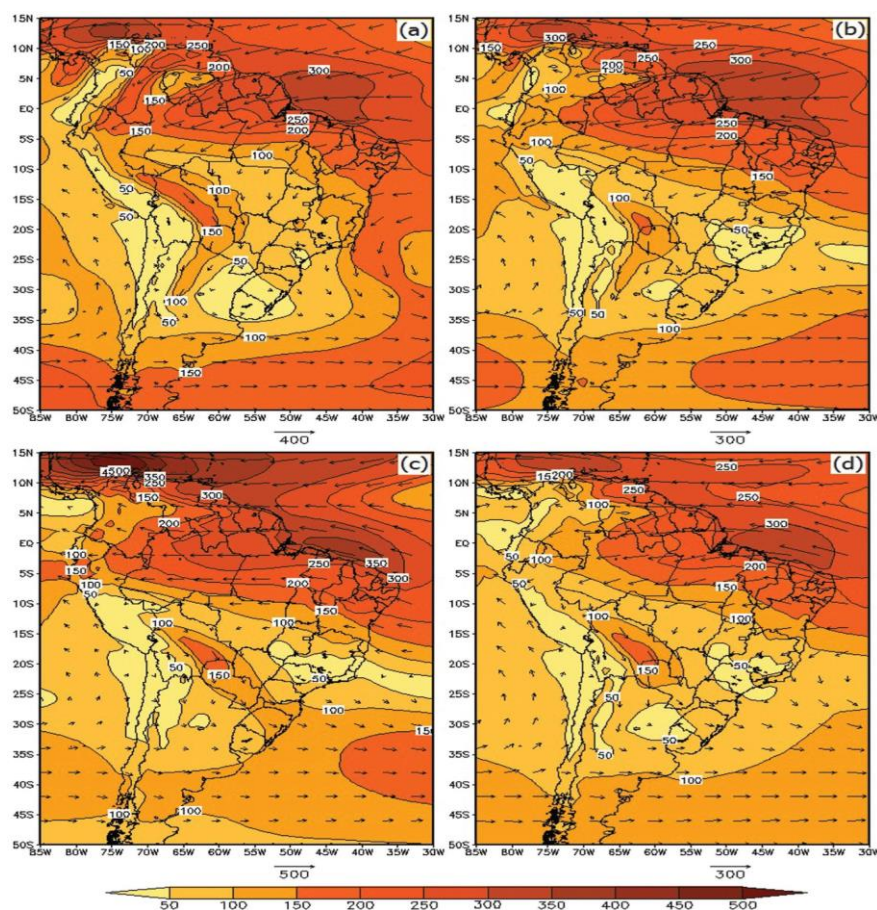
Figura 13: Evapotranspiração média sazonal (mm dia⁻¹) sobre a América do Sul utilizando as reanálises do ERA-Interim (ECMWF), para o período de 1980 a 2005: (a) verão – DJF; (b) outono – MAM; (c) inverno – JJA; (d) primavera – SON.



Fonte: ROCHA, 2017.

A figura 14 apresenta os campos médios sazonais do fluxo de vapor d'água integrado verticalmente sobre a América do Sul. Uma importante característica da circulação equatorial durante o verão e outono são os ventos alísios que transportam umidade para o interior da bacia amazônica, associados à maior pressão atmosférica no Oceano Atlântico tropical norte. esse fluxo de vapor d'água proveniente do Atlântico equatorial é a principal fonte de umidade para a Amazônia. Quando os ventos alísios encontram os Andes o fluxo de vapor d'água é desviado para sudeste e a umidade, por sua vez, é transportada da Amazônia para o Centro-Sul do Brasil, bacia do Prata e norte da Argentina através do jato de baixos níveis (JBN) canalizado à leste da cadeia de montanhas (Fig. 15a). (Rocha et al., 2017).

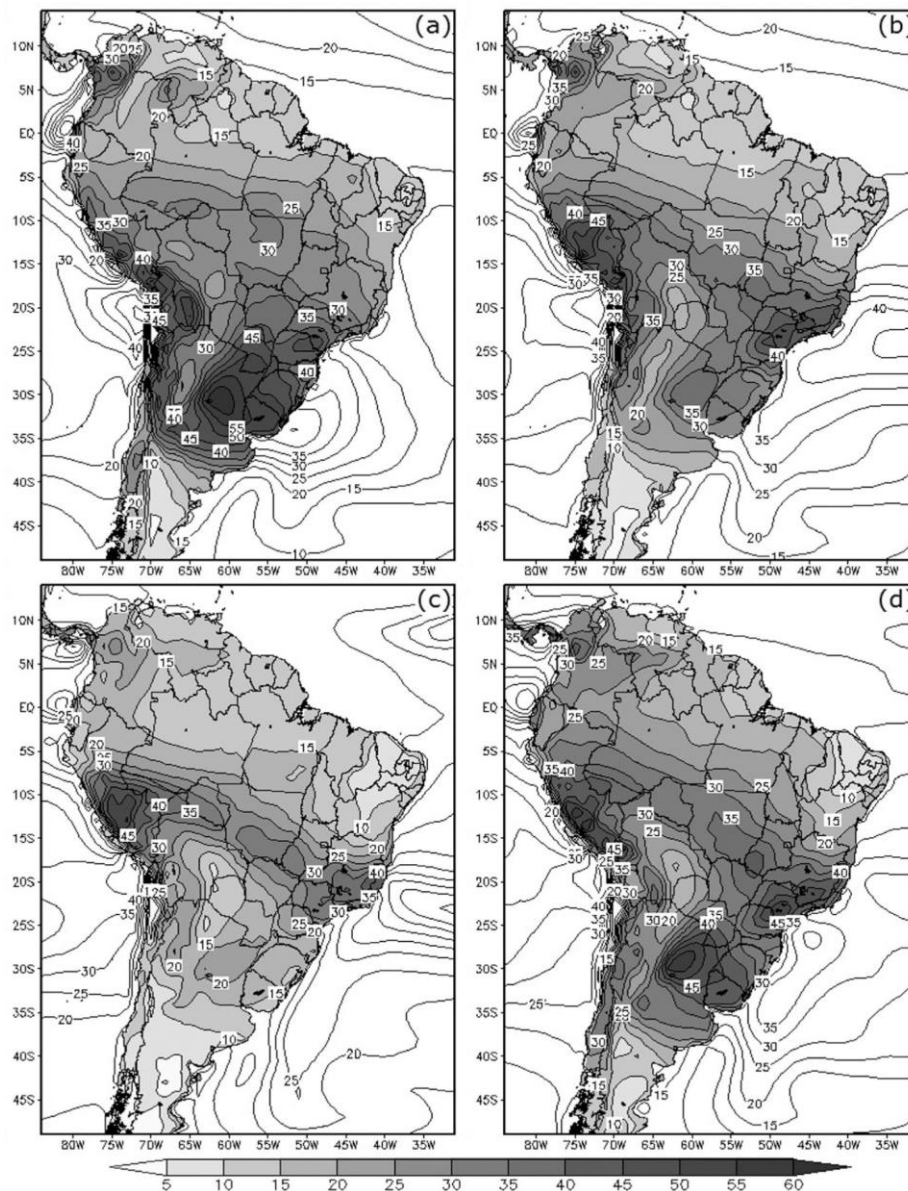
Figura 14: Média sazonal do fluxo de vapor d'água integrado verticalmente ($\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1}$) sobre a América do Sul utilizando as reanálises do ERA-Interim (ECMWF), para o período de 1980 a 2005: (a) verão – DJF; (b) outono – MAM; (c) inverno – JJA; (d) primavera – SON.



Fonte: ROCHA, 2017.

A figura 15 apresenta os campos médios sazonais da reciclagem de precipitação sobre a América do Sul. De modo geral, a reciclagem de precipitação é mais intensa sobre a porção centro-sul do continente, sendo diretamente influenciada pela evapotranspiração dessa região. De modo geral, a reciclagem de precipitação é mais intensa sobre a porção centro-sul do continente, sendo diretamente influenciada pela evapotranspiração dessa região. (Rocha et al., 2017).

Figura 15: Média sazonal da reciclagem de precipitação (%) sobre a América do Sul utilizando as reanálises do ERA-Interim (ECMWF), para o período de 1980 a 2005: (a) verão – DJF; (b) outono – MAM; (c) inverno – JJA; (d) primavera – SON.



Fonte: ROCHA, 2017.

De forma geral, a reciclagem de precipitação na bacia amazônica foi da ordem de 20%, com valores variando entre 15% na porção norte e 40% na porção sul. Os resultados mostram que, do total da precipitação na bacia amazônica, cerca de 20% são decorrentes do processo de evapotranspiração local, indicando que, a contribuição local para a precipitação total representa um percentual significativo no balanço de água regional e desempenha um importante papel no ciclo hidrológico amazônico.

Os aspectos climatológicos da reciclagem de precipitação mostram que a contribuição advectiva é mais importante para a precipitação sobre a Amazônia, enquanto na região Centro-Sul do continente a contribuição local tem importante papel na precipitação.

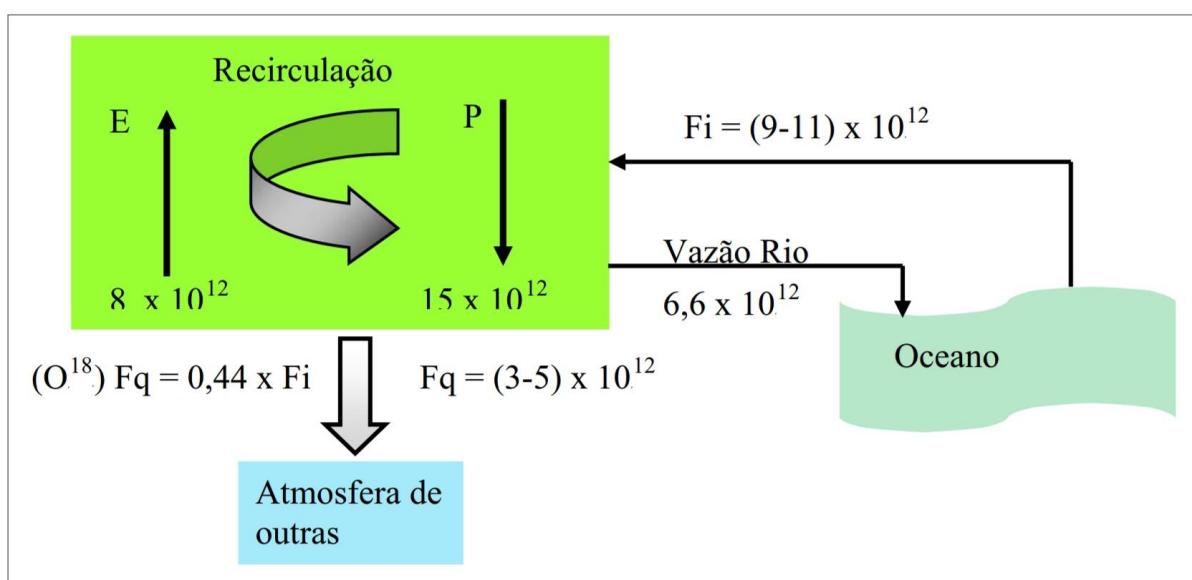
“Observou-se que, geralmente, a bacia amazônica se comporta como um sumidouro de umidade da atmosfera, recebendo vapor d’água tanto do transporte de origem oceânica quanto da evapotranspiração da floresta por meio do processo de reciclagem de precipitação. Em escala regional, a Amazônia representa uma importante fonte de umidade para outras regiões da América do Sul, contribuindo para o regime da precipitação.” (Rocha et al, 2017, p. 396).

Contudo, as variabilidades e mudanças no sistema climático devido tanto às variações naturais, inerentes ao próprio sistema, quanto às antropogênicas, tais como o aumento na concentração de gases do efeito estufa na atmosfera e as mudanças no uso e cobertura da terra, por exemplo, desflorestamento, atividades agrícolas, desertificação e urbanização, podem afetar a dinâmica dos ecossistemas amazônicos, reduzindo sua capacidade de absorver o carbono da atmosfera, aumentando a temperatura à superfície, modificando o ciclo hidrológico regional, influenciando os padrões espaciais de umidade do solo e a ocorrência de eventos extremos (secas e enchentes) e, conseqüentemente, afetando a reciclagem de precipitação.

“O transporte de umidade para a região depende da dinâmica atmosférica e das fontes de origem da umidade. A evapotranspiração, por sua vez, depende da disponibilidade de umidade na área ou abaixo da superfície (zona insaturada), que é evaporada diretamente ou através da transpiração da vegetação. Conseqüentemente, qualquer alteração de uso e cobertura da terra e do clima que modifiquem esses processos pode afetar a reciclagem de precipitação, assim como a precipitação total sobre a região.” (Rocha et al, 2017, p. 392).

O esquema da Figura 16 indica os fluxos para os diferentes componentes do ciclo hidrológico. Com base no estudo do balanço de O^{18} do vapor d'água que entra na região (Figura 16) e nas águas do Rio Amazonas (Salati et al., 1979), foi estimado que uma grande parte (0,44 F_i) do vapor que entra na região pelos ventos Alísios deixa a bacia hidrográfica. Esse fluxo é da ordem de 3 a 5 $\times 10^{12}$ m³ por ano. Parte desse vapor d'água dirige-se para a Região Centro-Sul do continente sul-americano. (SALATI, 2006).

Figura 16: Bacia Amazônica. Balanço hídrico – fluxos em m³/ano.



Fonte: SALATI, 2006

“Em decorrência da forte interação entre a atmosfera e os sistemas florestais na Amazônia, fica evidente que o desmatamento acabará por alterar os componentes do balanço hídrico diminuindo a produção do vapor d'água por evapotranspiração e aumentando, numa primeira fase, a vazão dos rios, pelo aumento do escoamento superficial nas áreas desmatadas. Isso implica uma diminuição dos recursos hídricos disponíveis no sistema solo-planta na região, reduzindo o tempo de residência da água nos ecossistemas considerados, bem como diminuindo a oferta de vapor d'água para outras regiões.” (SALATI, 2006, p. 117).

As árvores que nascem no lugar das que morrem são menos densas em termos de madeira, com isso, a biomassa presente na floresta diminui e a quantidade de carbono antes estocado pode passar para a atmosfera, o que pode produzir um impacto sobre o efeito estufa. Cria-se então, um ciclo vicioso, em que mais árvores morrem do que nascem, até a floresta atingir um ponto de não retorno em que ela não

conseguiria se autossustentar frente aos impactos que recebe, seja de ordem antrópica ou climática. (NOBRE, 2014).

“Vários fatores deletérios combinam seus efeitos, de modo que secas resultantes de pressão externa fazem estrago maior do que o usual, atrapalhando a capacidade de regeneração da floresta. O primeiro e principal desses fatores é o próprio desmatamento. Sem floresta, desaparecem todos os seus serviços para o clima, o que por sua vez afeta a parte de mata que restou. Remover florestas quebra a bomba biótica de umidade, debilitando a capacidade de trazer ar úmido e chuvas para a região. No processo de remoção com queima, a fumaça e a fuligem causam pane no mecanismo de nucleação de nuvens, criando nuvens poluídas e dissipativas que não produzem chuvas. Sem precipitação na estação seca, a floresta acaba secando além do limite em que se torna inflamável, o fogo entra na mata, queima raízes superficiais e mata árvores grandes. Todos esses efeitos do desmatamento se potencializam.” (NOBRE, 2014, p. 26).

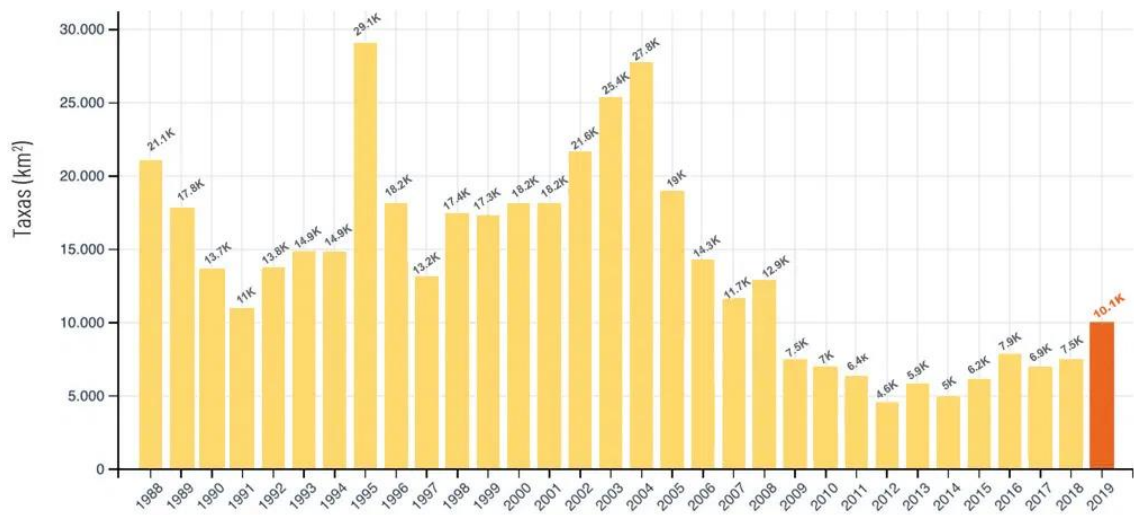
Isso tudo pode ser evitado com baixos custos sociais e econômicos para o país, pois grande parte do desmatamento é causado por conta das grandes fazendas, que sustentam poucas pessoas diretamente. Com a preservação, contribuímos para evitar o descontrole do efeito estufa, manter o ciclo hidrológico natural (rios voadores), que se mostra essencial para a vida como a conhecemos nas suas regiões de influência, e para a biodiversidade.

A questão do transporte de água da Amazônia para o Centro-Sul do país ilustra claramente como manter grandes áreas de floresta amazônica é de maior interesse para o Brasil.

“O elemento fundamental para reduzir a velocidade do desmatamento, e um dia pará-lo, é a vontade política para fazer isto. Fluxos monetários dos serviços ambientais da redução da velocidade do desmatamento poderiam prover a motivação para isto, assim como a motivação poderia vir dos impactos diretos do Brasil, tais como a perda de provisão de vapor de água para os principais centros de população do País na região Centro-Sul.” (FEARNSIDE, 2006, p. 399).

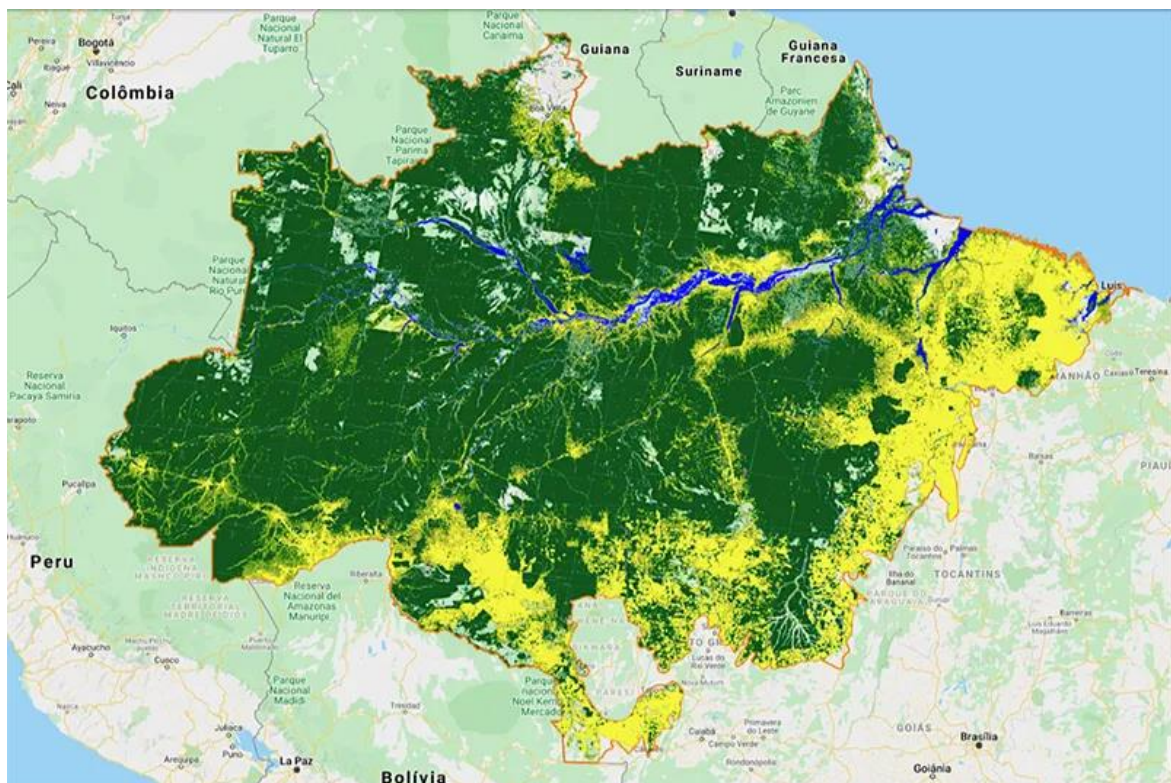
Pode-se observar nas imagens (figura 17 e 18) o histórico de desmatamento na Amazônia, mapeado pelo projeto PRODES, do INPE. Verde é floresta; amarelo são áreas já desmatadas em algum momento desde 1988; branco são áreas naturais de vegetação não florestal ou cobertas por nuvens.

Figura 17: Taxas oficiais de desmatamento na Amazônia, calculadas pelo PRODES



Fonte: PRODES, 2020

Figura 18: Mapa do histórico de desmatamento da Amazônia.



Fonte: TerraBrasillis/Prodes/Inpe, 2020

O desmatamento é a maior fonte de emissão de gases do efeito estufa no Brasil, que contribuem para o aquecimento global, e a preservação da floresta é absolutamente crucial para a manutenção dos processos biológicos e climáticos que

levam chuva para as regiões Centro-Oeste e Sudeste, irrigando lavouras e abastecendo reservatórios essenciais para a segurança hídrica, energética e alimentar do País. (ESCOBAR, 2020).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Buscou-se com essa pesquisa reunir e expor algumas bibliografias que tratam sobre o tema escolhido para que assim, o leitor possa ter referências variadas sobre o assunto através de citações, dados, imagens e alguns tópicos elaborados após a realização desta revisão para demonstrar a importância deste tema, que é muito relevante na atualidade.

Buscou-se também demonstrar através das pesquisas e apontamentos destes autores, a relação entre a umidade produzida pela Amazônia através da evapotranspiração e o fenômeno chamado de Rios Voadores, que transportam essa umidade para outras regiões através dos ventos alísios, o que se prova fundamental para a manutenção do regime de chuvas no Centro-Sul do Brasil. Assim como as possíveis consequências de um desmatamento exacerbado da Floresta Amazônica para o acontecimento deste fenômeno e os recursos hídricos de sua região de influência.

Percebe-se após a realização deste trabalho que existem diversos pesquisadores e artigos que evidenciam há décadas que este fenômeno é fundamental para a manutenção de um equilíbrio climático e hídrico na região estudada.

A tecnologia necessária para a pesquisa e desenvolvimento de análises mais precisas para entender em detalhes como este fenômeno funciona são recentes, portanto, vê-se necessário a continuação dos estudos sobre ele, apesar desta revisão ter apontado que já existem pesquisas tratando sobre o tema desde a década de 70.

Todavia, entende-se que o desmatamento exacerbado e alteração do bioma amazônico por conta da ação antrópica pode alterar o funcionamento deste fenômeno, assim como toda a dinâmica climática que conhecemos na região estudada e, portanto, na distribuição hídrica feita pelos rios voadores que contribuem com o regime de chuvas da região Centro-Sul do Brasil, evitando secas mais longas e severas como a registrada em São Paulo entre 2014-2015.

Segundo FEARNSIDE (2015), em 2003, os reservatórios que fornecem a São Paulo atingiram um nível de apenas 5% de sua capacidade, levando ao racionamento de água e a possibilidade de esgotamento das reservas, mas, felizmente, a chuva

chegou antes de acabar a água por completo. A situação em 2015 foi pior, pois a época chuvosa em São Paulo praticamente acabou com os reservatórios ainda quase secos.

Conclui-se a partir do estudo de revisão realizado que muitas pesquisas indicam que a umidade da Amazônia tem grande relevância para o regime de chuvas no Centro-Sul do Brasil através do fenômeno dos Rios Voadores, e por tanto, para o equilíbrio hídrico da região. A degradação do Bioma Amazônico pode causar impactos neste fenômeno, o que pode levar a uma série de consequências por conta da diminuição do índice pluviométrico nesta região.

Porém, não é possível afirmar que somente estes fatores influenciam em períodos de grande estiagem, já que as chuvas dependem de uma série de fatores climáticos para ocorrerem. Contudo, segundo FEARNSIDE (2015), a quantificação exata do transporte de água da Amazônia para áreas como São Paulo ainda exigirá muitas pesquisas, mas o que já se sabe é suficiente para indicar a necessidade de uma mudança radical nas políticas nacionais para a Amazônia.

Espera-se que este assunto seja levado a sério, pois mostra-se clara a importância do fenômeno estudado para a manutenção de uma dinâmica climática equilibrada, principalmente para as gerações futuras. É necessária uma mudança de mentalidade da população sobre a conservação da natureza e sobre as políticas públicas que cercam este tema e sua área de atuação.

Como dito novamente por FEARNSIDE (2015), A questão do transporte de água da Amazônia para o centro-sul do país ilustra claramente como manter grandes áreas de floresta amazônica é de maior interesse para o Brasil. Manter a floresta amazônica de fato beneficiaria o resto do mundo, mas isso não altera o fato de que o maior prejudicado com perda dos serviços ambientais da floresta amazônica é o próprio Brasil. É, portanto, do interesse do Brasil usar todos os mecanismos disponíveis para prevenir a perda de floresta amazônica.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C.A et al.: **Köppen's climate classification map for Brazil**. Meteorologische Zeitschrift, Vol. 22, No. 6, 711–728, 2013.
- BLUM, Winfried Erich Hubert. **Ecosistemas florestais: ciclo dos bioelementos**. Floresta, v. 9, n. 1, 1978.
- CAVALCANTI, Iracema F. A. et al. **Tempo e clima no Brasil**. São Paulo: Oficina de textos, 2009.
- CORREIA, F. W. S.; ALVALA, R. C. S.; MANZI, A. O. **Impacto das modificações da cobertura vegetal no balanço de água na Amazônia: Um estudo com modelo de circulação geral da atmosfera (MCGA)**. Revista Brasileira de Meteorologia, v. 21, n. 3a, p. 153-167, Ago. 2006. (INPE-14708-PRE/9679). Disponível em: <<http://urlib.net/rep/6qtX3pFwXQZGivnK2Y/PR5Ex>>.
- CPTEC. **El Niño e La Niña**. Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/>. Acesso em: 08 jun.2021
- ESCOBAR, Herton. Desmatamento da Amazônia dispara de novo em 2020. **Jornal da USP**, São Paulo, 07/08/2020. Disponível em: <https://jornal.usp.br/ciencias/desmatamento-da-amazonia-dispara-de-novo-em-2020/>. Acesso em: 10/08/2021
- FEARNSIDE, P.M. 2020. Desmatamento na Amazônia brasileira: História, índices e consequências. p. 7-19. In: Fearnside, P.M. (ed.) **Destruição e Conservação da Floresta Amazônica**, Vol. 1. Editora do INPA, Manaus, Amazonas. 368 p. (no prelo).
- FEARNSIDE, P.M. **Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle**. Acta Amazonica [online]. 2006, v. 36, n. 3 [Acessado 10 Junho 2021] , pp. 395-400. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0044-59672006000300018>>. Epub 12 Jan 2007. ISSN 1809-4392. <https://doi.org/10.1590/S0044-59672006000300018>.
- FEARNSIDE, P.M. **Rios Voadores e a água de São Paulo**: Série completa. Amazônia Real, 2015.
- FEARNSIDE, P.M. s/d. **Floresta amazônica e clima**. Cap. 10 In: H. Nussenzveig (ed.) **O Futuro da Terra**. Editora da Fundação Getúlio Vargas, Rio de Janeiro.
- FISCH, Gilberto; MARENGO, José A.; NOBRE, Carlos A. **Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia**. Acta amazônica, v. 28, n. 2, p. 101-101, 1998.
- GAN, Manoel Alonso; RODRIGUES, Luiz R.; RAO, Vadlamudi B. **Monção na América do sul**. Chapter, v. 19, p. 297-312, 2009.
- IBAMA / LINHARES, Sérgio & GEWANDSZNAJDER, Fernando. **Biologia Hoje – Vol 3**. São Paulo: ed. Ática, 1998.

IBGE. **Biomás brasileiros**. Disponível em: <https://educa.ibge.gov.br/jov%20ens/conheca-o-brasil/territorio/18307-biomas-brasileiros.html>. Acesso em: 29 jul.2021.

IBGE. **Mapa da Amazônia legal**. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/28089-ibge-atualiza-mapa-da-amazonia-legal>. Acesso em: 04 ago.2021

IBGE. **Rios do Brasil**. Disponível em: <https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/territorio/18305-rios-do-brasil.html>
<https://oceanografia.ufes.br/sites/oceanografia.ufes.br/files/field/anexo/J%20c3%9aLIA%20TAVARES%20SALVIATO.pdf>. Acesso em: 25 mai.2021

INPE. **PRODES - AMAZÔNIA**. Disponível em: <http://www.obt.inpe.br/OBT/assuntos/programas/amazonia/prodes>. Acesso em: 20 jul.2021.

LAIPELT, Leonardo dos Santos. **GEESEBAL: UMA FERRAMENTA GOOGLE EARTH ENGINE PARA ESTIMATIVA DE SÉRIES TEMPORAIS DE EVAPOTRANSPIRAÇÃO** / Leonardo Laipelt dos Santos. -- 2020. 67 f.

LUTGENS, Frederick K; TARBUCK, Edward J. **The Atmosphere: An Introduction to Meteorology**. 9ª Edição. Illinois Central College: Pearson, 2004.

MARQUES, Ari de Oliveira, Ribeiro, Maria de Nazaré Góes e Salati, Eneas **EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE FLORESTAS DA REGIÃO AMAZÔNICA** * * Trabalho inteiramente subvencionado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). . Acta Amazonica [online]. 1983, v. 13, n. 3-4 [Acessado 10 Junho 2021] , pp. 519-529. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1809-439219831334519>>. ISSN 1809-4392. <https://doi.org/10.1590/1809-439219831334519>.

MARTHA JUNIOR, Geraldo B.; CONTINI, Elisio; NAVARRO, Zander. **Caracterização da Amazônia Legal e macro-tendências do ambiente externo**. Embrapa Estudos e Capacitação-Documents (INFOTECA-E), 2011.

NOBRE AD, 2014, **O Futuro Climático da Amazônia**, Relatório de Avaliação Científica. Patrocinado por ARA, CCST-INPE, e INPA. São José dos Campos, Brasil, 42p. Disponível online em: <http://www.ccst.inpe.br/wp-content/uploads/2014/10/Futuro-Climatico-da-Amazonia.pdf>

NOBRE, Carlos A; SAMPAIO, Gilvan; SALAZAR, Luis. **Mudanças climáticas e Amazônia**. Cienc. Cult. , São Paulo, v. 59, n. 3, pág. 22-27, setembro de 2007. Disponível em <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252007000300012&lng=en&nrm=iso>. acesso em 01 de agosto de 2021.

REBOITA, Michelle Simões et al. **Entendendo o tempo e o clima na América do Sul**. Terrae Didática, v. 8, p. 34-50, 2012. Disponível em:

<<http://www.ige.unicamp.br/terraedidatica/v8-1/pdf81/s3.pdf>>. Acesso em: 14 nov. 2014.

REBOITA, Michelle Simões et al. **Regimes de precipitação na América do Sul: uma revisão bibliográfica.** Revista Brasileira de Meteorologia [online]. 2010, v. 25, n. 2 [Acessado 18 Julho 2021] , pp. 185-204. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0102-77862010000200004>>. Epub 24 Set 2010. ISSN 1982-4351. <https://doi.org/10.1590/S0102-77862010000200004>.

ROCHA, Vinícius Machado et al. **Reciclagem de Precipitação na Bacia Amazônica: O Papel do Transporte de Umidade e da Evapotranspiração da Superfície.** Revista Brasileira de Meteorologia [online]. 2017, v. 32, n. 3 [Acessado 1 Agosto 2021] , pp. 387-398. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/0102-77863230006>>. ISSN 1982-4351. <https://doi.org/10.1590/0102-77863230006>.

ROSS, J. L. S.; FIERZ, M. de S. M.; NEPOMUCENO, P. L. M.; DE MELO, M. A. **Macroformas do Relevo da América do Sul.** Revista do Departamento de Geografia, [S. l.], v. 38, p. 58-69, 2019. DOI: 10.11606/rdg.v38i1.158561. Disponível em: <https://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/158561>. Acesso em: 1 ago. 2021.

SALATI, Eneas e Ribeiro, Maria de Nazaré Góes. **Floresta e clima.** Acta Amazonica [online]. 1979, v. 9, n. 4 suppl 1 [Acessado 10 Junho 2021] , pp. 15-22. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1809-43921979094s015>>. ISSN 1809-4392. <https://doi.org/10.1590/1809-43921979094s015>.

SALATI, Eneas, Santos, Ângelo Augusto dos e Klabin, Israel. **Temas ambientais relevantes. Estudos Avançados** [online]. 2006, v. 20, n. 56 [Acessado 10 Junho 2021] , pp. 107-127. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0103-40142006000100009>>. Epub 10 Jun 2008. ISSN 1806-9592. <https://doi.org/10.1590/S0103-40142006000100009>.

SALVIATO. **Análise do padrão de vento superficial e sua relação com a ressurgência ao longo da costa do espírito santo e norte fluminense.** Disponível em:

<https://oceanografia.ufes.br/sites/oceanografia.ufes.br/files/field/anexo/J%3c3%9aLIA%20TAVARES%20SALVIATO.pdf>. Acesso em: 03 jul.2021.

VILA Nova, N. A., Salati, E. e Matsui, E. **Estimativa da evapotranspiração na Bacia Amazônica** (* * — Trabalho realizado com o auxílio da CNEN e da FAPESP (Processo-Física 73/479) e coordenado pelo DPCT da CNEN.). Acta Amazonica [online]. 1976, v. 6, n. 2 [Acessado 1 Agosto 2021] , pp. 215-228. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1809-43921976062215>>. ISSN 1809-4392. <https://doi.org/10.1590/1809-43921976062215>.