

UNIVERSIDADE FEDERAL DE JUIZ DE FORA
INSTITUTO DE CIENCIAS HUMANAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA



**FREQUÊNCIA E SEVERIDADE DE QUEIMADAS FRENTE AOS
EVENTOS ENOS E AMO DESDE 2003 ATÉ 2014 NA GRAN
SABANA- PARQUE NACIONAL CANAIMA-VENEZUELA.**

RUTH ESTEFANIA SALAZAR-GASCÓN

JUIZ DE FORA

2016

RUTH ESTEFANIA SALAZAR-GASCÓN

**FREQUÊNCIA E SEVERIDADE DE QUEIMADAS FRENTE AOS
EVENTOS ENOS E AMO DESDE 2003 ATÉ 2014 NA GRAN
SABANA- PARQUE NACIONAL CANAIMA-VENEZUELA.**

Dissertação apresentado ao programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal de Juiz de Fora como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Geografia.. Linha de pesquisa: Espaço e Ambiente. Dinâmicas Socio-Ambientais.

Orientadora: Prof.^a Cássia de Castro Martins Ferreira

Instituto de Ciências Humanas

Universidade Federal de Juiz de Fora

JUIZ DE FORA

2016

*A las generaciones que vendrán y a mi madre Tierra
Apök, Iroma, Tuná, Tannö itöy... Waküpe-man!*

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer ao Universo por me permitir ter a experiência de realizar meus estudos nesta universidade, aos meus pais, minha irmã e família pelo Amor incondicional e suas orações.

À minha orientadora Cássia de Castro Martin Ferreira cujo apoio foi fundamental ao ânimo e na valoração de meu trabalho.

A meus amigos e namorado que, mesmo longe, ficaram perto de mim nos momentos mais difíceis: Litza, María Garbiela, Adriana, Sheira, Daniel, Franciel, Jazmin, Norita e Jackson, são definitivamente meus anjos.

Ao Código Danza, meu estimado grupo de dança, por me contagiar com a energia e os milagres que envolvem a organização de cada show, permitindo que eu fizesse parte dessa luz que os caracteriza. Obrigada, Amalia Franco, amiga e mentora por deixar que eu estivesse lá junto com vocês mesmo na distância.

À La Sabana, pelas experiências que me brinda em suas terras. Aos projetos Apök, Riesgo e Cambio Climático por ser uma escola de vida.

Ao Programa da Organización de los Estados Americanos (OEA), ao Grupo Coimbra de Universidades Brasileiras (GCUB) e à CAPES, por me oferecerem bolsa de estudo durante estes dois anos. Ao Programa de Pós graduação da Geografia da UFJF por fornecer alguns dos recursos para apresentação de trabalhos em eventos acadêmicos.

Ao Sr. Leon Willams do Corpo de Bombeiros de San Ignacio de Yururani-Gran Sabana-Venezuela, aos engenheiros Julio Serrano e Deyeleen Ortega, de CORPOELEC Bolivar e Caracas, respectivamente. Os quais me apoiaram na obtenção de literatura e dados para o desenvolvimento desta pesquisa. À Armada Brasileira por fornecer as cartas sinóticas que foram consultadas neste estudo. Ao PPGEIO por brindar a oportunidade de aceitar em seu programa estudantes estrangeiros.

Aos meus amigos de caminho por terras brasileiras Milena, Inés, Wandroey, Victor, Vanessa, Cida, Márcia, Oscar, Gualberto, Vivi e Pavel, Santiago, Erick, Mariano, Mathusalam, Geovanny, Leonardo, Samuel, Mario, Daniel, Silvia, Paola, Rosa, César, Marcos, Rosinni, Andrés, Emmanuel, Steve, Camila, Felipe, Carlos Krepp, Jessica Barbosa, Marcelo, Shaine, Wellington, Jahilton, Leandro, Beatriz, Aline, Jonas, Fernanda, Sra. Rita e Sr. Cristovão; ao pessoal da Capoeira Jireh e da ONG IBPeron por compartilhar momentos de aprendizado e carinho. Especialmente a Laura de Assis, Deliane Sartori, Raquel Tenorio e Gustavo Ribeiro por ter a paciência para ler e corrigir

algumas partes do texto. A Paola, Rosa e César pelo apoio dos últimos meses. A Cristina e Higor meus apreciados cogumelos intelectuais por tanta aprendizagem, viagens e reflexões. À Daiane e Débora pela paciência, disposição em me ajudar e parceria em momentos difíceis e de alegria; ao Yan pelo apoio moral e o ânimos sempre acima. Aos companheiros de turma Timothy, Waltercin, Lilian, Vitor, Dayana, Thais, Bruno, Aparecida, Jader, Lucas e Yuri por contribuir no clima ótimo das aulas que contribuíram com conhecimentos para meu crescimento.

Aos professores do programa Roberto, Cássia, Elias, Denisse, Zaidan e Carlos, por compartilhar conhecimentos e vivências que levarei comigo e valorizo grandemente.

Ao Brasil por ser tão gentil comigo, permitindo conhecer sua língua, seus paisagens, sua comida, sua dança, seu jeito e sua cultura com muita cordialidade. Por tudo e mais... Obrigada!

RESUMO

Frequência e severidade de queimadas frente aos eventos ENOS e AMO desde 2003 até 2014 na Gran Sabana- Parque Nacional Canaima-Venezuela.

O Parque Nacional Canaima (PNC) está localizado no sudeste da Venezuela e sua fundação foi promovida para conservação da parte alta da Bacia do Rio Caroní, aonde se localizam as nascentes dos principais Rios que abastecem a Central Hidroelétrica Simón Bolívar (Represa Del Guri) a qual fornece aproximadamente 72% da energia hidroelétrica Nacional. No setor oriental do PNC está localizada a região da GS, que apresenta a maior quantidade de visitantes pelo turismo e tem a maior população de moradores indígenas Pemón dentro de uma área protegida na Venezuela, os quais utilizam o fogo como parte de sua cultura. Nas últimas décadas tem se observado um aumento considerável na frequência de anomalias climáticas e dos incêndios na GS, o que tem sido apontado pelos gestores como o principal agente na diminuição do fornecimento de água na Represa Del Guri. Portanto, o objetivo do trabalho foi avaliar a frequência e severidade das queimadas que aconteceram na Gran sabana (GS) - Parque Nacional Canaima (PNC) entre 2003 e 2014 em relação aos eventos climáticos extremos como ENOS (El Niño- La Niña/Oscilação do Sul) e AMO (Oscilação do Atlântico Norte) e às dinâmicas próprias da vegetação. Foram usados dados dos focos de calor, dados de pluviosidade, imagens de satélites e dados das anomalias nas Temperaturas da Superfície do Mar (TSM) no Oceano Pacífico. Estimaram-se: correlações de Pearson (r) entre as frequências de queimadas VS as anomalias nas TSM; (r) anomalias na pluviosidade para cada estação VS anomalias nas TSM; Índice Normalizado de Queimadas (INQ); Índice de Vegetação por Diferencia Normalizado (NDVI); quantidade e extensão de cicatrizes de queimadas e mudanças na cobertura do solo. Constatou-se que AMO, em sua fase quente, afeta intimamente a ubiquação da ZCIT e altera a Célula de Hadley aumentando as precipitações na GS; anomalias fase positiva/negativa do ENOS alteram intimamente a Célula de Walker, inibindo/promovendo a pluviosidade e incremento/diminuição na extensão dos períodos de secas na GS; ENOS em fase negativa e AMO em fase quente, simultaneamente, fomentam um incremento nos volumes de precipitação na GS; secas prolongadas contribuem na degradação dos sistemas arbóreos, na expansão dos sistemas herbáceos e no incremento da frequência de queimadas; AMO, La Niña, ou ambas, contribuem para a expansão dos sistemas arbustivos e, em menor grau, na recuperação dos sistemas arbóreos; a distribuição das cicatrizes de queimadas encontra-se fortemente associada às mudanças nos padrões culturais de subsistência da população local. Conclui-se que a severidade e frequências das queimadas na Gran Sabana são um processo multifatorial e multiescalar que acontecem como produto da sincronia de fatores ecossistêmicos (vegetação), sociais (proximidade aos centros populacionais) e climáticos (ENOS e AMO).

Palavras chaves: Parque Nacional Canaima, Queimadas, ENOS, AMO; cobertura do solo; sensoriamento remoto.

ABSTRACT

Frequency and severity of fires across the events ENSO. and AMO. from 2003 to 2014 in Gran Sabana - Canaima National Park Venezuela.

The Canaima National Park (PNC) is located in the southeast of Venezuela and its foundation was promoted to the conservation of the Bacía of the Río Caroní, where are the sources of the main rivers that feed the Hydroelectric Central Simón Bolívar (Guri Dam) which provides approximately 72% of the National hydroelectric energy. In the eastern sector of the PNC is located the region of GS, which has the highest number of visitors for tourism and has the largest population of indigenous Pemón residents within a protected area in Venezuela, which use the fire as part of their culture. The last decades has reported an increase frequency of climatic anomalies and fires at Gran Sabana (GS), which has been appointed by the managers as the main agents in the reduction of the supply of water at the Guri dam. Therefore, the objective of this work is to evaluate the frequency and severity of bushfires that occurred in the GS PNC between 2003 and 2014 in relation to extreme weather events as ENSO (El Niño-La Niña/Southern Oscillation) and AMO (Multidecadal Atlantic Oscillation) and the dynamics of the vegetation. Were used data from the sources of heat, rainfall data, satellite imagery, and data from the anomalies in Sea Surface temperatures (SST) in the Pacific Ocean. Estimated: Pearson correlation (r) between fire frequencies VS. the SST anomalies; (r) anomalies in rainfall for each season VS SST: anomalies, normalized Index Burned (INQ), vegetation index (NDVI), Normalized Differentiates amount and extent of burned scars; and changes in land cover. It was found that: AMO in its warm phase, affects insignificantly the population of the ITCZ and changes the cell Hadley increasing precipitation in GS; anomalies positive phase/negative ENSO alter insignificantly the cell Walker, inhibiting/promoting rainfall and an increase/decrease in the length of dry periods in GS; ENSO negative phase and AMO warm phase simultaneously encourage an increase in rainfall volumes in GS; prolonged droughts contribute to the degradation of arboreal systems, the expansion of herbaceous systems and increases the frequency of fires; AMO, La Niña, or both, contribute to the growth of shrubs systems and to a lesser extent, to the recovery of arboreal systems; the distribution of burned scars is strongly associated with changes in cultural patterns of livelihood of the local population. It is concluded that the severity and frequency of fires in the Gran Sabana is a multifactorial process and multiscale that happen as a product of sync ecosystem factors (vegetation), social (proximity to population centers) and climate (ENSO and AMO).

Key words: Canaima National Park, Fires, ENSO, AMO; ground cover; remote sensing.

LISTA DE TABELAS

TABELA I: QUEIMADAS NA VEGETAÇÃO NO MUNICÍPIO GRAN SABANA.....	20
TABELA II: REGIÃO DO PACÍFICO EQUATORIAL ONDE SE LOCALIZAM AS DIFERENTES REGIÕES DO EL NIÑO.....	30
TABELA III: ESTAÇÕES CLIMÁTICAS CONSIDERADAS NESTE ESTUDO	48
TABELA IV: COEFICIENTE DE PEARSON E TIPO DE CORRELAÇÃO.....	49
TABELA V: IMAGENS USADAS PARA CALCULAR NDVI E COBERTURA DO SOLO.....	51
TABELA VI: IMAGENS USADAS PARA DETERMINAR CICATRIZES DE QUEIMADAS.....	51
TABELA VII: Nº CICATRIZ DE QUEIMADAS E ÁREA QUE ABRANGE EM 2004 E 2014	55
TABELA VIII: % ÁREA NA MUDANÇA DO COBERTURA DA TERRA	59
TABELA IX: COEFICIENTE DE PEARSON (R) ENTRE A FREQUÊNCIA DE FOCOS DE QUEIMADAS E ANOMALIAS CLIMÁTICAS.....	67

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: LOCALIZAÇÃO DA BACIA DO RÍO CARONÍ, PARQUE NACIONAL CANAIMA E ÁREA DE ESTUDO.DENTRO DO ESPACIO GEOGRÁFICO VENEZUELANO.	14
FIGURA 2: VISTA DO LOCAL DE ESTUDO: (A) MOSAICOS FLORESTAIS -SAVANA DAS TERRAS ALTAS DA VENEZUELA GUAYANA (GRAN SABANA), (B) VISTA AÉREA DAS PARCELAS EXPERIMENTAIS, (C) FOGO CONTROLADO EM PARCELAS EXPERIMENTAIS INICIADOS PELA "BRIGADA DE ATAQUE INICIAL CARLOS TODD", EDELCA , (D) SISTEMA DE PEMÓN DE QUEIMADAS CONTROLADAS EM PEQUENAS MANCHAS DE CERRADO PARA EVITAR INCÊNDIOS CATASTRÓFICOS JUNTAMENTE TRANSIÇÕES FLORESTAIS -SAVANA (FOTOS : 2 (A) POR S. FLANTUA ; 2 (B) PELA " BRIGADA DE ATAQUE INICIAL CARLOS TODD "	16
FIGURA 3: ESQUEMA DA CIRCULAÇÃO GERAL DA ATMOSFERA	24
FIGURA 4: DESLOCAMENTO DA ZCIT NO VERÃO BOREAL (HEMISFÉRIO NORTE, FAIXA VERMELHA) E NO VERÃO AUSTRAL (HEMISFÉRIO SUL, FAIXA AZUL).	26
FIGURA 5: VISTA ESQUEMÁTICA DA GRAN SABANA, DESDE EL KM 88 ATÉ SANTA ELENA DE UAIREN ...	28
FIGURA 6: PADRÃO CLIMÁTICO NORMAL (SUPERIOR) E PADRÃO CLIMÁTICO DO EL NIÑO (INFERIOR)	31
FIGURA 7: PADRÃO CLIMÁTICO DURANTE EVENTO EL NIÑO (EZQUERDA) E DURANTE LA NIÑA (DIREITA)	32
FIGURA 8: REGIÕES DO EL NIÑO NO PACÍFICO EQUATORIAL.	32
FIGURA 9: OSCILAÇÃO MULTIDECADAL DO ATLÂNTICO NORTE EM SUAS FASES POSITIVA (DIREITA) E NEGATIVA (ESQUERDA)	32
FIGURA 10: MECANISMOS RESPONSÁVEIS PELA OCORRÊNCIA DO PROCESSO DE RETROALIMENTAÇÃO POSITIVO DAS QUEIMADAS.....	34
FIGURA 11: RECUPERAÇÃO DA BIOMASSA ACIMA DO SOLO APÓS O INCÊNDIO DURANTE O PERÍODO DE AMOSTRAGEM DE 4 ANOS.....	35
FIGURA 12: ÁREA DE ESTUDO	40
FIGURA 13:PLUVIOSIDADE MEDIA MENSAL NA ÁREA DE ESTUDO.....	43
FIGURA 14: PAISAGENS GEOMORFOLÓGICAS NA ÁREA DE ESTUDO	44
FIGURA 15: PAISAGEM GEOMORFOLÓGICA IDENTIFICÁVEIS NA ÁREA DE ESTUDO. VISTA DO PUTARÍ TEPUY.	45
FIGURA 16: DISTRIBUIÇÃO DA VEGETAÇÃO NA ÁREA DE ESTUDO.....	46
FIGURA 17: NÚMERO DE FOCOS DE QUEIMADAS TOTAIS REGISTRADO NO PERÍODO 2003-2014	52
FIGURA 18: NÚMERO DE FOCOS DE QUEIMADAS DETECTADOS NO PERÍODO DE CHUVAS (SUPERIOR) E SECAS (INFERIOR) DESDE 2003 ATÉ 2014.	53
FIGURA 19: ÍNDICE NORMALIZADO DE QUEIMADAS (INQ) 2003-2014.....	54
FIGURA 20: DISTRIBUIÇÃO DOS FOCOS DE QUEIMADAS NA ÁREA DE ESTUDO DESDE 2003 ATÉ 2014 ...	56
FIGURA 21: CICATRIZ DE QUEIMADAS DETECTADAS PARA ÁREA DE ESTUDO EM 2004 E 2014.....	57
FIGURA 22: MODELO DIGITAL DE ELEVAÇÃO PARA ÁREA DE ESTUDO.	58
FIGURA 23: ÍNDICE NORMALIZADO DA VEGETAÇÃO (NDVI) ESTIMADO PARA A ÁREA DE ESTUDO.....	62
FIGURA 24: PLUVIOSIDADE MENSAL DESDE 2003-2014 NA ÁREA DE ESTUDO.	64
FIGURA 25: ANOMALIAS NA TSM (TEMPERATURA NA SUPERFÍCIE DO MAR) PARA ESTIMAÇÃO DO ENOS (REGIÃO EL NIÑO 1+2, NIÑO 3, NIÑO 4 E NIÑO 3+4) E AMO (REGIÃO DO OCEANO ATLÂNTICO NORTE -NAO PELAS SIGLAS EM INGLÊS) DESDE 2002 ATÉ 2014.	66
FIGURA 26: COEFICIENTE DE PEARSON (R) EM CADA ESTAÇÃO UTILIZADA PARA AVALIAR A INFLUÊNCIA DAS ANOMALIAS ENOS (REGIÃO DO EL NIÑO 1+2, NIÑO 3, NIÑO 4, NIÑO 3+4) E AMO (NOA) NA ÁREA DE ESTUDO.....	68
FIGURA 27: ESQUEMA DA INFLUÊNCIA DO ENSO DO PACÍFICO (CIRCULAÇÃO DE WALKER E CIRCULAÇÃO DE HADLEY) E AMO/NAO (DIANTE A CIRCULAÇÃO HADLEY) SON A TSM EQUATORIAL.	70

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AMO	<i>Atlantic Multidecadal Oscillation</i> (Oscilação Multidecadal do Atlântico)
ATNOR	Atlântico tropical norte
CVG	<i>Corporación Venezolana de Guayana</i> (Corporação Venezuelana da Guiana)
CORPOELEC	<i>Corporación Eléctrica Nacional, S. A-</i> (Corporação Elétrica Nacional Sociedade Anónima)
EDELCA	<i>Electrificación Del Caroní</i> (Electrificación do Caroní)
ENOS	El Niño /Oscilação do Sul
GS	Gran Sabana
INPE	Instituto Nacional de Pesquisa Espacial
INQ	Índice Normalizado Queimadas
IOS	Índice de Oscilação do Sul
IVIC	Instituto Venezolano de Investigações Científicas
LABPROECO	Laboratório de Comunidades y Processos Ecológicos
LIT	Linhas de Instabilidade Tropical
MEC	Massa Equatorial Continental
MEN	Massa Equatorial do Norte
NAO	<i>North Atlantic Ocean</i> (Oceano do Atlântico Norte)
NOAA	<i>National Oceanic Administration Atmospheric</i> (Administração Nacional Oceânica e Atmosférica)
NDVI	<i>Normalized Difference Vegetation Index</i> (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada)
PNC	Parque Nacional Canaima
TSM	Temperatura Superficial do Mar
UNESCO	Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura.
USGS	<i>United States Geological Survey</i> (Serviço Geológico dos Estados Unidos)
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
1.1. PROBLEMATIZAÇÃO	12
1.2. ANTECEDENTES E JUSTIFICATIVA.....	18
1.3. PROBLEMAS	21
1.4. HIPÓTESE	21
1.5. OBJETIVOS	22
1.5.1. Objetivo Geral.....	22
1.5.2. Objetivos Específicos	22
2. REVISÃO DA LITERATURA	23
2.1. CIRCULAÇÃO GERAL DO PLANETA.....	23
2.2. EFEITOS DA TOPOGRAFIA NA DINAMICA REGIONAL.....	27
2.3. ANOMALIAS CLIMÁTICAS	28
2.4. EFEITOS DAS QUEIMADAS.....	33
3. MATERIAIS E MÉTODOS	39
3.1. ÁREA DE ESTUDO	39
3.2. DADOS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	47
4. RESULTADOS	52
4.1. FOCOS DE QUEIMADAS.....	52
4.2. COBERTURA DO SOLO	59
4.3. DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DAS CHUVAS	63
4.4. ANOMALIAS CLIMÁTICAS	65
4.5. CORRELAÇÕES	65
5. DISCUSÃO	69
6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES	76
BIBLIOGRAFIA	78
ANEXOS	86

1. INTRODUÇÃO

Como contextualização inicial, a pesquisadora realiza trabalhos na área de estudo desde 2009, associada a projetos de investigação do Laboratório de Comunidades y Procesos Ecológicos (LABPROECO) na Universidade Simón Bolívar (USB) intitulados: “Bases ecológicas y conocimiento tradicional Pemón del fuego: soluciones locales para problemas globales del cambio climático” e “Factores de riesgo em la reducción de habitats del Parque Nacional Canaima: vulnerabilidad y herramientas para el desarrollo sostenible” e ao projeto do Instituto Venezolano de Investigaciones Científicas (IVIC) intitulado: “Impacto del Cambio climático y de la ocupación humana en los mosaicos sabana-bosque de la Cuenca Del Río Orinoco: um enfoque transdisciplinario”. A proposta de pesquisa de graduação foi desenvolvida em uma das comunidades indígenas da região e denominado: “*Efecto de agricultura itinerante Pemón sobre las propiedades físico-químicas de los suelos em Kavanayén, Gran Sabana*”.

Ao longo da experiência com os pesquisadores e com as comunidades indígenas da região, levantou-se um questionamento quanto ao uso das queimadas, tais como: frequência e periodicidade nos últimos anos. Estes eventos podem estar associados tanto às mudanças no clima e uso da terra quanto às políticas de manejo e conservação dentro das áreas protegidas no Estado Venezuelano.

Por ser o Parque Nacional Canaima-Estado Bolívar-Venezuela uma área reconhecida mundialmente por sua beleza natural e interesse em aplicar as técnicas ligadas ao sensoriamento remoto, foi desenvolvido este projeto visando compreender a dinâmica dos incêndios frente à ocorrência de anomalias climáticas do El Niño e Oscilação Multidecadal do Atlântico.

1.1. PROBLEMATIZAÇÃO

Na Venezuela, a primeira área de conservação foi fundada no governo de Carlos Andrés Pérez. O Parque Nacional Canaima (PNC) foi o segundo criado, no dia 12 de junho de 1962, com a finalidade de conservação das nascentes que abastecem o Rio Caroní, originalmente abarcando uma área de

1.000.000 ha. Posteriormente, pelo decreto nacional de 01 de Outubro de 1975 esta área foi expandida em 3.000.000 ha. Em 1991 foi publicado o Plano de Ordenamento e regramento do uso, que compreende 1.812.000 ha do PNC (Gaceta oficial No. 34.758), área que compreende o setor “Gran Sabana”, enquanto o restante do PNC continuou com os lineamentos sobre Administração e Manejo dos Parques Nacionais de 1989 e a Lei Orgânica para a Ordenação do território de 1983. Torres e Martin (2007, p.4, tradução nossa) apontam que o PNC foi reconhecido como patrimônio mundial da humanidade pela Organização das Nações Unidas para Educação, Ciência e Cultura (UNESCO) em 1994 por cumprir quatro critérios, que são:

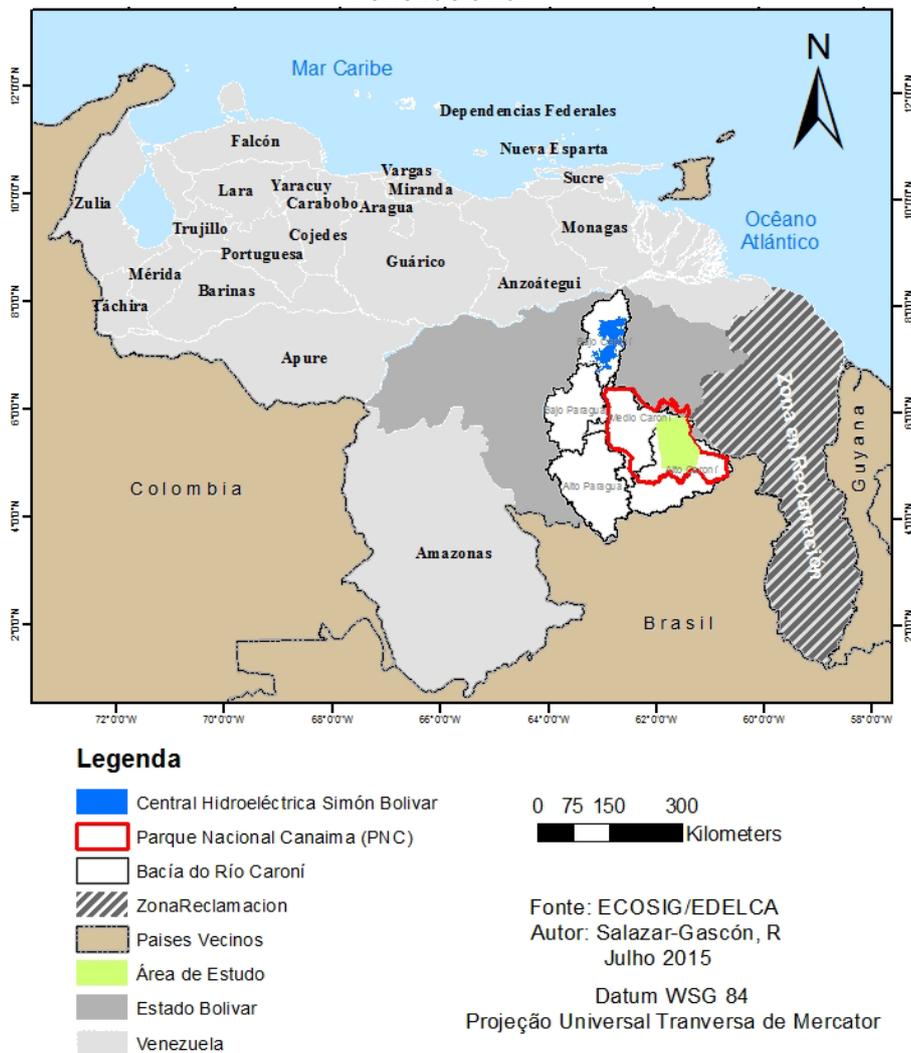
- 1) É uma amostra relevante que representa as maiores etapas da história da evolução da terra
- 2) É um exemplo sobressalente que representa significativos processos geológicos e biológicos atuais na evolução e desenvolvimento de ecossistemas terrestres, aquáticos e de comunidade de plantas e animais.
- 3) Contém fenômenos naturais superlativos, raros e únicos, bem como características e áreas de excepcional beleza.
- 4) É o habitat onde sobrevivem populações de espécies de plantas e animais raros ou em perigo de extinção.

Segundo Peña e Viera (2014) na legislação venezuelana não existe definido o conceito de “área protegida”, tendo regiões denominadas dentro desta designação como ABRAE (Áreas Bajo Regimen de Administración Especial), as quais abrangem regiões desde reservas de biosfera, parques nacionais até zonas de interesse militar e/ou turístico que nada tem a ver com a conservação de espaços naturais. Este fato fez com que administração por parte dos gestores destas áreas também se tornasse bastante complexa. Apresentam-se, dentro do PNC, a gestão conjunta e pouco definida por parte de o Instituto Nacional de Parques Nacionais (INPARQUES), por ser considerado um Parque Nacional com moradores e que tem um uso público o que implica a visita de turistas; Eletrificação do Caroní (CORPOELEC), que em principio têm a função do monitoramento e conservação dos ecossistemas para o melhor funcionamento da Central Hidroelétrica; as Forças Armadas da

Venezuela, pela localização estratégica do Parque na divisa com território Brasileiro e, finalmente, os governos regionais e organizações indígenas, como a Alcaldías do Estado Bolívar, Federação indígena do estado Bolívar e Governação do Estado Bolívar (C.V.G. Electrificación Del Caroní, EDELCA, 2001).

O PNC encontra-se localizado no Alto Caroní ao sudeste da Venezuela (Figura 1) e possui importância econômica e estratégica, já que dentro de seus limites se encontram as nascentes dos rios que abastecem a Bacia do Rio Caroní, onde se instalou a central hidroelétrica Simón Bolívar, a qual fornece 72% da energia hidroelétrica nacional (EDELCA, 2008).

Figura 1: Localização da Bacia do Río Caroní, Parque Nacional Canaima e Área de estudo.dentro do espacio geográfico Venezuelano.



Dentro do PNC está localizada a região denominada “Gran Sabana” (GS), caracterizada pela alta biodiversidade e endemismo de espécies, esta região é formada pelos mosaicos de vegetação compostos pelas florestas de montanha, savanas e arbustos submesotérmicos, com florística complexa e zonas de transição ambientais. Savanas dominadas por gramíneas e ciperáceas são predominantes e ocupam maior área na Gran Sabana, enquanto que florestas ribeirinhas e de terra-firme são distribuídas em forma de manchas.

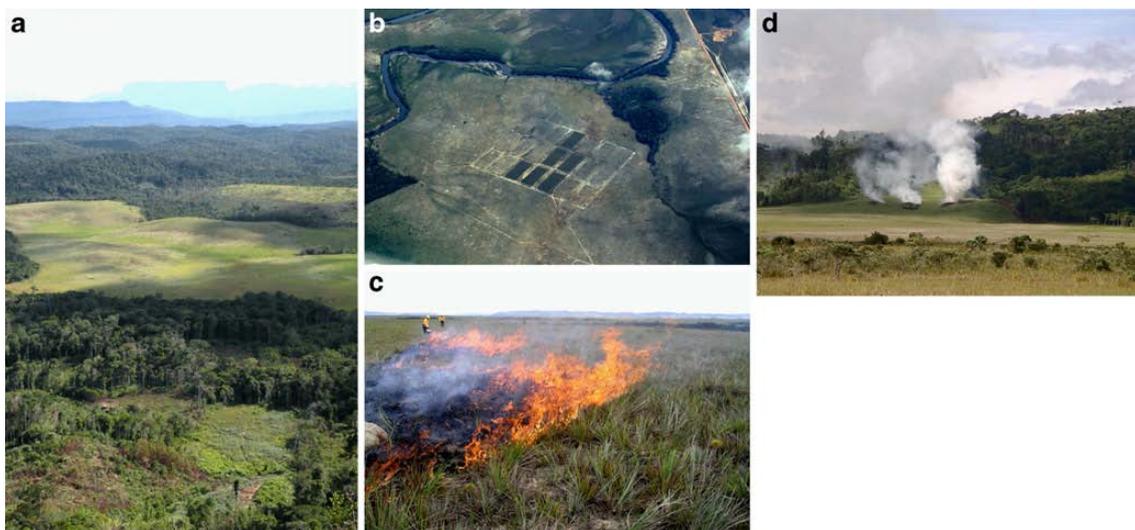
O PNC conta com moradores indígenas da etnia Pemón, os quais se dividem em 3 variantes dialetais: Kamaracoto, Arekuna e Taurepan (HUBER et all, 2001). Segundo Rodriguez (2004), estes habitantes pertencem aos Caribes do subgrupo Roraimá, os quais habitam nesta zona desde a chegada dos missionários espanhóis no início do século XVII, tendo seus maiores assentamentos no planalto da Gran Sabana. Tradicionalmente fazem uso dos recursos naturais para seu sustento, sendo que o fogo faz parte de sua cultura principalmente na prática de agricultura itinerante em áreas dominadas por bosques (BILBAO et all., 2010).

Segundo Bilbao et all. (2010) a origem da GS sem a presença de árvores, localizada em uma área úmida, têm sido controversa, na qual alguns pesquisadores apontam que esta savana é de origem antropogênica, baseada em um regime de queimadas contínuas (CHRISTOFFEL, 1939; DEZZEO et all, 2004). Esta hipótese é destacada por não haver registros de incêndios causados por fatores naturais na contemporaneidade. As comunidades que lá residem, principalmente os Pemón, há muitos anos desenvolveram um complexo sistema de queimadas nas áreas de savana, que envolve a queima de pequenas manchas (Figura 2), produzindo um mosaico de savana com manchas em diferentes estágios de sucessão.

Toda a área possui a influência de um clima predominante tropical chuvoso com precipitações que variam entre os 1.800 e 2.500 mm por ano, pelo que se poderia esperar que apresentasse uma cobertura florestal contínua como apontam Huber et. all.(2001). No entanto, a alta frequência de fogo na região (2000-3000 incêndios anuais), que queimam uma área de 5.700 – 7,500 ha (GÓMEZ et all, 2000; ABLAN et all, 2005), poderiam produzir um processo

de savanização e/ou degradação, associado à vegetação florestal com o consequente aumento das savanas (BILBAO et all., 2010; HUBER et all.2001). Bilbao et all (2010) destacam que quase 70% dos incêndios detectados começam na área coberta por savanas e se alastram para a fronteira entre savana e floresta, causando degradação florestal. Bilbao et all (2010) afirma ainda que os incêndios no PNC, são de origem antrópica, pois os relâmpagos não são considerados uma importante causa de incêndios nos trópicos, visto que as trovoadas ocorrem principalmente durante a estação chuvosa.

Figura 2: Vista do local de estudo: (a) mosaicos florestais -savana das terras altas da Venezuela Guayana (Gran Sabana), (b) Vista aérea das parcelas experimentais, (c) fogo controlado em parcelas experimentais iniciados pela "Brigada de Ataque Inicial Carlos Todd", EDELCA , (d) sistema de Pemón de queimadas controladas em pequenas manchas de cerrado para evitar incêndios catastróficos juntamente transições florestais -savana (fotos : 2 (a) por S. Flantua ; 2 (b) pela " Brigada de Ataque Inicial Carlos Todd "



Fonte: EDELCA ; 2 (c) e (d) B. Bilbao et al. (2010)

As sucessivas queimadas periódicas da savana e da floresta, provocadas por ação antrópica, podem invadir as áreas de florestas, resultando em uma retração da floresta, principalmente em anos mais secos. Desta forma, a cobertura vegetal na região poderia ser considerada como uma fase de transição, em um longo processo de savanização, originalmente produzida por incêndios e condicionada pela baixa resistência da floresta (BILBAO et all, 2010). Porém, Rodriguez (2004, 2007) afirma que esta hipótese nos fornece uma visão de curto prazo da dinâmica savana/floresta na GS e que a

investigação científica apoiou a visão parcial do fogo como componente prejudicial na constituição da vegetação no Parque Nacional Canaima.

Entretanto, na região encontram-se também savanas de longa data como se evidencia nos estudos palinológicos desenvolvidos por Leal (2010) e Rull (1992, 1999). Segundo Edén (1974) e Rull (2004) estas savanas podem ser relictos de períodos áridos acontecidos durante o Pleistoceno contemporâneo com as Glaciações do Hemisfério Norte, a qual também é apoiada por Shubert et al. (1986), Briceño e Shubert (1990). Rull (1992) propõe que exclusão de elementos arbóreos durante o Holoceno médio acontece como consequências de mudanças climáticas, especificamente mudanças na relação precipitação/evapotranspiração.

Por outra parte, a ideia da conversão de bosques em savana, por causa de fogo, é de data mais recente e aponta ao homem como principal (e único) gerador de incêndios na zona pelas suas atividades de subsistência (RODRIGUEZ, 2004; DEZZEO et al., 2004; RODRIGUEZ E SLETTO, 2009; LEAL, 2010). No entanto, Leal (2010) afirma que tanto o processo de degradação de bosques como o processo de degradação das savanas, produtos das queimadas produzidas pelas comunidades locais, não têm podido ser demonstrado.

Como aponta Rodriguez (2004) este é um foco que preocupa as políticas de administração do PNC, pois este é um sistema de retroalimentação positivo que promove o incremento das savanas em detrimento das áreas florestadas, aumento dos processos erosivos nos solos, deposição de sedimentos em leitos dos rios, diminuição da cobertura arbórea sobre rios, dessecação e diminuição na entrada da água nos rios e perda de biodiversidade nos ecossistemas.

Este fato afeta não só os serviços ambientais oferecidos pelo PNC, mas também influencia no aspecto econômico, na produção de energia hidroelétrica nacional e contribui para maior dependência das comunidades indígenas do Estado Venezuelano para sua subsistência, já que muitas políticas se concentram na supressão do fogo nestas comunidades, levando a perda do conhecimento sobre o uso do fogo e, conseqüentemente, maior dependência delas ao estado para abastecimento dos alimentos necessários para sua

subsistência (BILBAO et al., 2010).

Além disso, nas últimas décadas tem-se registrado um incremento nas frequências dos eventos ENOS (El Niño, Oscilação do Sul e La Niña) e AMO (Oscilação Multidecadal do Atlântico), fato que poderia influenciar na quantidade e intensidade das queimadas no PNC, já que os períodos de secas geram uma retroalimentação positiva ao potencializar o processo das queimadas (FEARNSIDE, 2006).

1.2. ANTECEDENTES E JUSTIFICATIVA

As mudanças nos padrões do clima têm sido de grande interesse para os estudos dos cientistas nas últimas décadas, sendo que os recentes desastres e catástrofes associados a fenômenos climáticos atípicos/extremos têm levado à perdas de vidas humanas, gerado grandes perdas econômicas e, neste ponto, podemos incluir a biodiversidade de ecossistemas no planeta. Os eventos do El Niño, La Niña e Oscilação do Sul conhecidos como eventos ENOS, são assinalados como principais responsáveis por essas situações em diversas regiões do planeta, seja no agravamento das secas ou na intensificação das chuvas, gerando danos e prejuízos a diversas localidades (ARAGUAYÁN, s/f; FEARNSIDE, 2006). Porém, estudos recentes na Amazônia apontam as influências do fenômeno de Oscilação Multidecadal do Atlântico (AMO) em algumas anomalias apresentadas na América do Sul (ROJAS E ALFARO, 2000; BORMA E NOBRE, 2013; NOBRE et al., 2013).

Os estudos sobre as alterações nas condições climáticas, produto de tais eventos, servem como contribuição para a tomada de medidas encaminhadas, ao mitigar os efeitos contraproducentes gerados a partir deles. Alguns estudos estão baseados apenas em avaliar a existência ou não do impacto, outros têm foco nos efeitos sobre determinados pontos e, por esta razão, Cárdenas et al. (2002) apontam que os estudos verdadeiramente úteis e consistentes devem: (1) demonstrar que existe um impacto real sobre as condições do clima; (2) quantificar o impacto; (3) estudar a distribuição espacial do mesmo. Assim, eles dariam uma melhor orientação na tomada de decisões dirigidas à mitigação dos efeitos considerados.

Existem principalmente três eventos climáticos responsáveis pela variação na dinâmica e regime de precipitações da região, sendo estes ENOS e AMO. O ENOS que conjuga os eventos *El Niño/La Niña* e a *Oscilação do Sul*, que se referem às anomalias nas temperaturas superficiais médias do oceano e atmosfera no Pacífico equatorial, enquanto o AMO é o ciclo de aquecimento superficial das águas do Atlântico Tropical Norte (NOBRE et al., 2013).

Na Venezuela, no ano 2010, devido às secas fortes registradas Tudares e Trejo (2013) desenvolveram uma pesquisa para avaliar se as ocorrências dos eventos ENOS provocam ou não um efeito na diminuição das precipitações na Bacia do Rio Caroní. Eles concluem que a bacia se encontra sob a influência dos eventos ENOS, que são persistentes no tempo, têm maior influência quando ocorre o fenômeno *El Niño* e *La Niña* do que quando ocorre a *Oscilação do Sul*. Portanto, o aquecimento anômalo das águas do Pacífico Equatorial apresenta maior influência nas precipitações do que a oscilação ao nível atmosférico. Esta conclusão também é apoiada pelos apontamentos de Obregon e Nobre (sf), os quais expõem que a região amazônica apresenta maior correlação quando há variações nas temperaturas dos oceanos Pacífico e Atlântico em termos de quantidade de precipitações em relação aos eventos de *Oscilação do Sul*.

Uma das maiores preocupações do Programa de Controle de Incêndios da Vegetação de EDELCA (Electrificación Del Caroní) está centrado no uso do fogo pelas comunidades locais e seu efeito sobre o Ciclo hidrológico da Bacia do Rio Caroní e principalmente no período de vida da represa, sendo que EDELCA têm investido um grande esforço em projetos de educação ambiental para as comunidades indígenas que moram na região (RODRÍGUEZ, 2004).

No entanto, segundo dados reportados pelo programa de controle de Incêndios de vegetação EDELCA, para o período 1989-2007, nas temporadas de janeiro a junho de cada ano, foram detectados 26.539 queimadas de vegetação no setor nordeste do PNC, no município Gran Sabana, afetando em maior proporção as savanas (74,8%), helechales (9,3%), matorral secundários (8,6%), matorral primário (5,7%) e as florestas primárias e secundárias (1,3%), sendo que as florestas foram os mais afetados nos últimos dois anos. Foram combatidas aproximadamente 3.691 queimadas de vegetação nesse período,

apresentando um incremento entre os anos 2001 a 2006 (Tabela I; EDELCA, 2008).

Pelo descrito anteriormente, compreender o comportamento da frequência e severidades de queimadas, em relação aos impactos na vegetação frente às variações climáticas dos eventos ENOS e AMO que têm acontecido nos últimos anos, pode fornecer informação relevante para os gestores dessa importante área protegida, contribuindo para a preservação dos cursos de água que abastecem o Rio Caroní e os ecossistemas, como também para o aproveitamento e otimização dos recursos naturais usados pelas comunidades indígenas necessários para sua subsistência, uma vez que muitas práticas tradicionais indígenas de agricultura itinerante na região estão consideradas em estado de ameaça, devido ao incremento da demanda dos recursos naturais associados às alterações demográficas e sócio-culturais das comunidades indígenas Pemón, como: altas taxas de crescimento, mudanças nos padrões de assentamento e perda do conhecimento ancestral sobre o uso terra (FEARNSIDE, 2006; BILBAO et al, 2010).

Tabela I: Queimadas na vegetação no Município Gran Sabana.

Ano	Nº Incendios		Superfícies adeitadas pelo tipo de vegetação (ha)								
	Detectados	Combatidos	Floresta primaria	Floresta secundaria	Morichal	Morichal primario	Morichal secundario	Savannas	Arbustal	Helechal	Total
1989	2.241	353	0,0	1,9	0,0	40,0	344,5	3.890,4	0,0	0,0	4.276,8
1990	2.401	359	0,0	13,3	10,0	553,0	430,5	6.097,0	0,0	0,0	7.103,8
1991	2.389	312	0,0	7,5	0,0	49,0	447,0	2.833,7	0,0	0,0	3.337,2
1992	1.362	386	0,0	25,5	1,0	141,3	1.212,3	4.318,8	0,0	0,0	5.698,9
1993	1.014	358	0,5	19,0	1,0	134,0	278,4	2.130,8	0,0	0,0	2.563,7
1994	1.703	322	9,8	21,0	2,5	219,3	362,5	1.935,0	0,0	0,0	2.550,1
1995	377	98	0,0	3,0	0,0	28,0	223,8	2.128,6	0,0	0,0	2.383,4
1996	331	44	0,0	1,0	0,0	64,9	86,0	351,5	1,0	29,5	533,9
1997	1.298	189	0,0	15,0	0,0	116,0	86,0	727,7	3,0	201,5	1.149,2
1998	404	56	3,0	0,0	0,0	1.020,0	960,0	8.826,1	7,0	956,8	11.772,9
1999	1.195	183	0,5	6,5	0,0	23,5	43,5	447,2	11,0	89,5	621,7
2000	913	19	0,0	0,0	0,0	0,0	7,5	69,5	1,5	5,0	83,5
2001	1.054	96	76,0	53,5	0,0	1.186,0	198,5	1.775,7	11,0	1.709,5	5.010,2
2002	1.492	91	18,3	9,8	9,3	18,0	56,0	321,8	44,2	142,0	619,4
2003	1.186	144	28,5	14,3	5,0	15,0	392,8	889,8	200,2	484,5	2.030,1
2004	1.898	185	5,3	5,0	3,5	15,0	81,0	1.594,3	56,5	225,0	1.985,6
2005	2.093	143	5,0	15,0	3,0	44,0	146,8	1.408,5	81,0	382,0	2.085,3
2006	1.750	227	115,0	0,0	2,0	5,0	56,8	6.301,5	0,0	344,0	6.824,3
2007	1.438	126	172,0	256,8	2,0	236,5	459,0	5.228,5	83,8	1.420,3	7.858,9
Total	26.539	3.691	433,9	468,1	39,3	3.908,5	5.872,9	51.276,4	500,2	5.989,6	68.488,9

Fonte: CVG EDELCA. Programa de control de incêndios de vegetação del Municipio Gran Sabana (EDELCA, 2008)

1.3. PROBLEMAS

Levando em conta esse panorama, as seguintes questões são colocadas:

- Como são distribuídas e as frequências de queimadas frente às variações ENOS e AMO no período de 2003 até 2014?
- A severidade das queimadas sobre a Vegetação teve variação frente aos eventos ENOS e AMO? Quais são as áreas mais afetadas?

1.4. HIPÓTESE

A presente pesquisa procura fazer uma análise de como se encontram afetadas a frequência e severidade das queimadas no PNC frente à atuação dos eventos ENOS e AMO. Tendo como hipótese inicial que, eventos ENOS que promovem períodos mais prolongados de secas na região, seriam registrados mais eventos de queimadas e, conseqüentemente, haveria um aumento das mesmas, já que os períodos de secas más prolongados promovem a perda de umidade da vegetação, aumentando a quantidade de material combustível disponível que, diante um evento de fogo, facilita a combustão. No entanto, as ocorrências de eventos AMO poderiam diminuir a incidência de grandes queimadas na região pelo aumento de chuvas que restabeleceriam a umidade da vegetação e, em consequência, evitaria a combustão completa do material vegetal.

O presente trabalho se encontrará estruturado da seguinte forma: no primeiro capítulo descreve-se o embasamento teórico e as dinâmicas climáticas, os regimes de fogo e o comportamento da vegetação frente aos eventos de fogo. No segundo capítulo será apresentada a descrição física da área de estudo, além dos dados, materiais e procedimentos aplicados nesta pesquisa. No terceiro capítulo apresentam-se os resultados mais relevantes da pesquisa, que serão discutidos no quarto capítulo. E, finalmente, no quinto capítulo apresentar-se ás principais conclusões e considerações finais do trabalho.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo Geral

Avaliar a frequência e a severidade das queimadas ocorridas entre 2003 e 2014 na Gran Sabana (GS)- Parque Nacional Canaima (PNC)- Venezuela frente às variações ENOS e AMO.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Identificar e avaliar os padrões de frequências de queimadas na GS.
- Identificar e avaliar as áreas das cicatrizes de queimadas para determinar a severidade das mesmas na GS.
- Avaliar as mudanças dos padrões de cobertura da terra estudando a dinâmica da vegetação entre 2003 e 2014 mediante análises baseadas em classificações não supervisionadas da cobertura da terra e no índice NDVI.
- Avaliar como as variações ENOS e AMO afetam os regimes de pluviosidade e queimadas na área de estudo.

2. REVISÃO DA LITERATURA

No seguinte capítulo foram abordados os conceitos teóricos que visam dar ao leitor a bagagem necessária para a compreensão das dinâmicas climáticas gerais e regionais, assim como os fatores que influenciam nas precipitações e queimadas na Gran Sabana.

2.1. CIRCULAÇÃO GERAL DO PLANETA

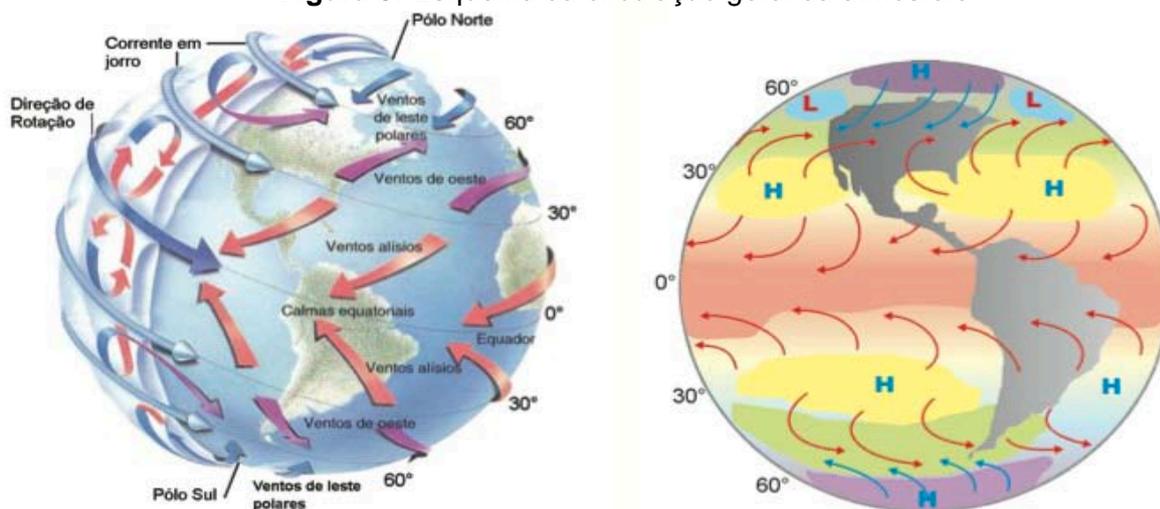
A atmosfera do planeta Terra é constituída por uma concentração de gases, no que se destacam: nitrogênio (N_2), oxigênio (O_2), dióxido de carbono (CO_2), água (H_2O), dentre outros, que são aquecidos de forma diferenciada pelos raios do sol. Esse aquecimento diferenciado da atmosfera deve-se principalmente à forma, inclinação e movimentos de rotação/translação do planeta Terra em torno do Sol, provocando diferenças na quantidade de energia recebida em cada localidade do planeta. Considerando que baixas latitudes (Equador) recebem mais energia que as zonas polares, se inicia um desequilíbrio energético permanente que reflete na expressão de temperaturas e pressões diferenciadas, as quais permitem que o sistema global “reaja” e coloque em andamento a Circulação Geral da Atmosfera e Oceanos em procura de um equilíbrio (MARTELO, 2003; MENDOÇA E DANNI-OLIVEIRA, 2007; CALVANCANTI et. all, 2009).

Martelo (2003) define a circulação geral da atmosfera como se apresenta na Figura 3, conjunto de movimentos do ar na escala planetária e sinóptica, que têm como função no sistema climático compensar as desigualdades na quantidade de energia que é recebida na superfície diante uma redistribuição do calor latente (evapotranspiração), calor sensível (aquecimento) e momento angular (células de circulação; FISCH et all, 1998).

Os diferenciais energéticos constituem assim zonas de altas e baixas pressões, polar, subtropical e equatorial, influenciadas pela altura, umidade e temperatura do ar que permitem a formação dos ventos, os quais são produto do gradiente de pressão superficial na atmosfera e apresentam um deslocamento desde as altas pressões até as baixas pressões. Este

deslocamento é influenciado pelo movimento de rotação, que desvia a trajetória dos ventos em direção zonal (leste-oeste predominantemente) e permite também a aparição da vorticidade, uma propriedade dos fluidos em rotação (MARTELO, 2003; MENDOÇA E DANNI-OLIVEIRA, 2007; BORMA E NOBRE, 2013).

Figura 3: Esquema da circulação geral da atmosfera



Fonte: ENADE, 2016

O aquecimento diferencial do planeta encontra-se afetado também pela presença das massas continentais e oceânicas, sendo que as massas continentais são aquecidas muito mais rápido que as massas oceânicas, razão pela qual alguns autores apontam que a alta variabilidade climática, o desenvolvimento da biosfera e as oscilações nas temperaturas dos oceanos Atlântico e Pacífico ocorrem em resposta a este fato. Adicionalmente, a presença de grandes cordilheiras como os Andes, Himalaia, entre outras, influenciam a circulação da alta troposfera (MARTELO, 2003; POVEDA et al., 2006; CALVANCANTI et. al, 2009; BORMA E NOBRE, 2013).

Ao longo de todo o planeta são encontradas zonas de altas e baixas pressões que afetam de maneira característica cada região como resultado de numerosos processos físicos, químicos e biológicos que acontecem em diversos componentes do sistema climático que são: hidrosfera, litosfera, atmosfera e biosfera (BORMA E NOBRE, 2013).

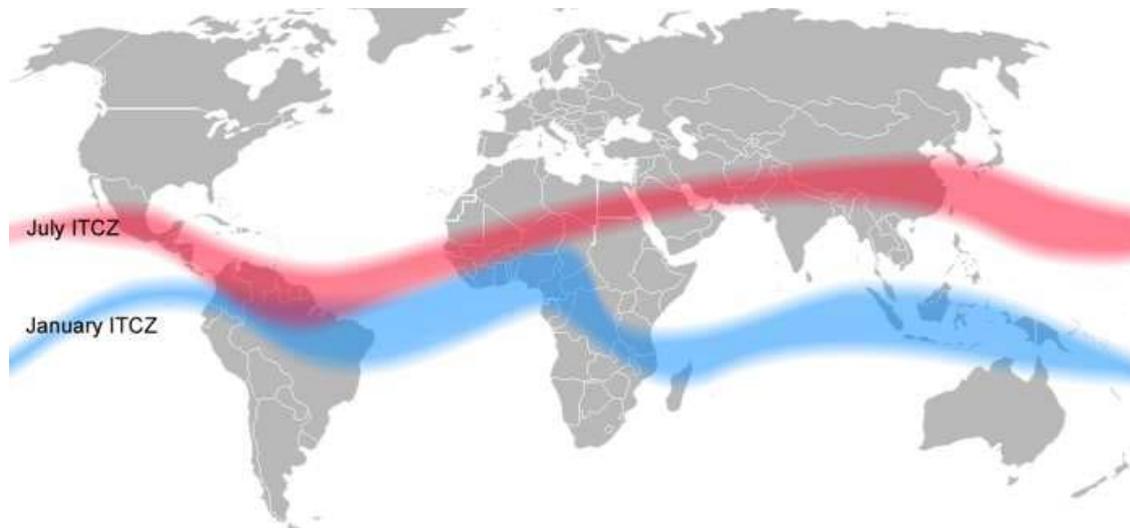
Esta variabilidade climática pode ser modulada por fatores externos, como a desigual distribuição da energia no planeta, mudanças na quantidade

de energia recebida pelo Sol produto das manchas solares, aumento da quantidade de gases efeito estufa, mudança no uso da terra que modificam os fatores de albedo e rugosidade, que troca o balanço radiativo ao nível local. Dentre os fatores internos estão os vulcões e o ozônio estratosférico. Os vulcões geram grande quantidade de aerossóis troposféricos que afetam o balanço radiativo e são importantes na formação de nuvens. Estas, por sua vez, são um elemento chave na troca energética da terra pelo controle do processo de reflexão e radiação da onda longa pela absorção do infravermelho, diante da água líquida contida nas nuvens e o vapor da água. O ozônio estratosférico, controla por absorção a quantidade de radiação UV que chega à terra e, finalmente, a influência do esfriamento/aquecimento da estratosfera pela absorção sobre o infravermelho (MARTELO, 2003).

Em termos climáticos, Venezuela é influenciada principalmente pelas baixas pressões equatoriais conhecida como *Zona de Convergência Intertropical (ZCIT)*, pelas células de circulações de Walker e Hadley, pelas altas pressões do Atlântico subtropical ou Anticiclone dos Açores e pelas *Linhas de instabilidade tropical*, sendo a *massa equatorial do Norte (MEN)* e a *massa equatorial Continental (MEC)* as que modulam parte do clima na região (ARAGUAYÁN, s/f; SERRA E RATISBONNA, 1959; CÁRDENAS et al., 2002; MENDOÇA E DANNI-OLIVEIRA, 2007; REBOITA et al., 2010; BORMA E NOBRE, 2013).

A ZCIT se forma ao longo do Equador terrestre como produto da confluência dos ventos alísios do Nordeste e Sudeste. Esta faixa tem como característica principal movimentos ascendentes do ar quente carregado de umidade proveniente dos oceanos, condições estas que promovem a formação de nuvem do tipo cúmulos nimbus, produzindo assim, grandes volumes de precipitação na região onde ela se encontra posicionada. É importante destacar que esta faixa apresenta deslizamentos latitudinais ao longo do ano, promovido pelo aquecimento diferencial das épocas de inverno e verão nos hemisférios Norte e Sul respectivamente, como se apresentam na Figura 4, sendo que no continente americano têm seu deslizamento mais ao norte nos 15° Latitude Norte no verão e aos 12° Latitude Sul no inverno do hemisfério norte (MENDOÇA E DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Figura 4: Deslocamento da ZCIT no verão boreal (hemisfério norte, faixa vermelha) e no verão austral (Hemisfério sul, faixa azul).



Fonte: Wikimedia commons, 2016

Essa movimentação da ZCIT permite que na Venezuela tenha estações de chuvas no período de maio até começo de dezembro e secas desde janeiro até final de abril (CÁRDENAS et al., 2002; EDELCA, 2008).

As circulações de Hadley e Walker são de grande importância, visto que regulam boa parte do balanço energético do planeta, sendo a *circulação de Hadley* uma célula de circulação meridiana norte-sul sobre as baixas latitudes; enquanto a *Circulação de Walker* é uma circulação zonal resultado das diferenças de pressão atmosférica na superfície entre os hemisférios leste e oeste. Ambas circulações Hadley/Walker encontram-se influenciadas pelas mudanças na precipitação produto do aquecimento adiabático (ocorre quando uma massa de ar desce e seu volume diminui enquanto a temperatura e energia interna aumentam) nos padrões da *Temperatura na Superfície do Mar (TSM)* que enfraquecem, intensificam e/ou deslocam a circulação atmosférica geral nos planos meridional e zonal (MARTELO, 2003; MENDOÇA E DANNI-OLIVEIRA, 2007; BORMA E NOBRE, 2013).

As *Linhas de Instabilidade Tropical (LIT)* formam-se pela circulação da brisa marinha proveniente da costa atlântica e são caracterizadas por apresentar conglomerados de nuvens cúmulos nimbus que podem chegar a níveis de mesoescala, tendo dimensões de comprimento e larguras médios de

aproximadamente 1500 km. e 170km. Além disso, produzem altas precipitações e são formadas durante todo o ano com uma frequência maior nos meses de abril e agosto. Devido à diminuição do contraste térmico entre oceano e o continente, na noite elas podem se dissipar, mas se restabelecem no dia seguinte tendo duração por um período máximo de 24 horas (FISH et all., 1998; BORMA E NOBRE, 2013).

A *MEN* tem sua origem na zona das correntes retilíneas de temperatura superficial homogênea dos alísios do NE, os quais atingem o continente depois de uma longa trajetória marítima, afastados da subsidência anticiclônica do centro de ação das Açores. As calmarias ocupam uma área quente constituindo as zonas de convergência onde domina a forte convecção térmica e mecânica com abundante precipitação em pancadas e elevada umidade. Pelo que esta massa apresenta elevadas temperaturas e umidade com pronunciada instabilidade convectiva (SERRA E RATHBONNA, 1959).

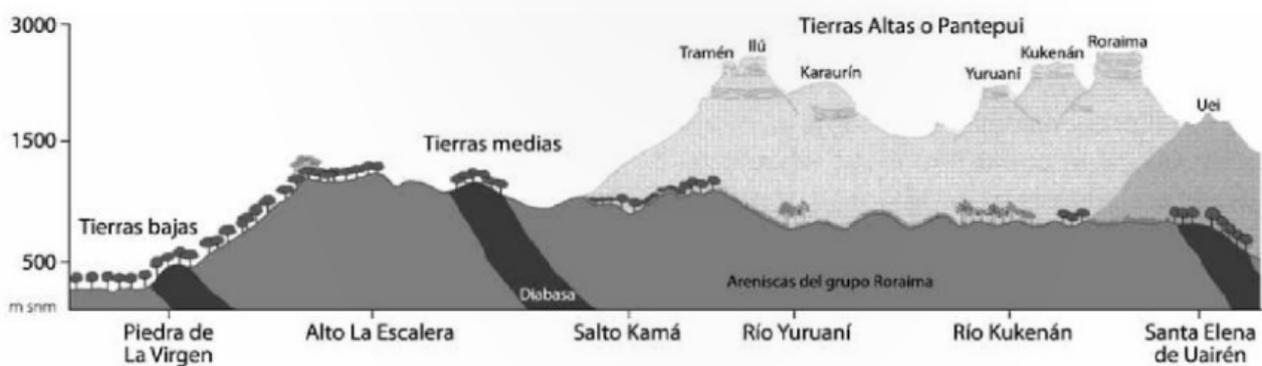
A região de origem da MEC se caracteriza pela superfície de savanas, florestas, calmarias e ventos fracos continentais sobre toda depressão geográfica e o maciço brasileiro como alta umidade relativa. Sua instabilidade se apresenta principalmente no verão, porque o continente torna-se, nesta época, um centro aquecido para onde afluem os ventos oceânicos de norte e de leste, criando a moção que origina na MEN mais fria do hemisfério norte e vem a constituir em terra a MEC, pelo que esta apresenta elevada temperatura e umidade (SERRA E RATHBONNA, 1959).

2.2. EFEITOS DA TOPOGRAFIA NA DINAMICA REGIONAL

Além da influência do sistema de circulação geral da atmosfera no planeta, a região sul da Venezuela, especificamente a GS, apresenta grandes platôs elevados de topos planos conhecidos como “Tepuy”, nome dado na língua indígena Pemón as formações com alturas que variam desde os 1500 até os 3000 m.s.n.m. (Figura 5). Os Tepuyes são superfícies que pertencem ao Escudo das Guianas e que foram originadas pelos processos diferenciais de erosão (BRICEÑO E SCHUBERT, 1990; POVEDA et all, 2006; EDELCA 2008; RIVERA-LOMBARDI, 2009).

Em particular, os Tepuyes promovem precipitações de tipo orogênico na região, já que sua presença gera uma mudança na direção dos ventos que em geral são de baixa intensidade, os quais vêm carregados de umidade e causam precipitações. Estas formações geram modificações na incidência da quantidade de radiação recebida, produto do sombreamento das nuvens geradas pelos altos processos de convecção na região (HUBER et al. 2001; EDELCA, 2008; FLANTUA, 2008; DELGADO et al. 2009; RIVERA-LOMBARDI, 2009).

Figura 5: Vista esquemática da Gran Sabana, desde el Km 88 até Santa Elena de Uairen



Fonte: RIVERA-LOMBARDI, 30 p. 2009

Evidência desse processo em nossa área de estudo se mostra ao observar os dados de precipitação no ANEXO I, especificamente nas estações Kavanayen (1235 m.s.n.m), Parupa (1207 m.s.n.m) e Sierra de Lema(1334 m.s.n.m.), as quais recebem uma influencia dos ventos do nordeste carregados de umidade que promovem maiores valores de precipitações na Sierra de Lema, diminuindo a quantidade de umidade que logo pode ser distribuída nas duas estações que se localizam logo após da serra, no que se refere à direção do vento naquele setor (ver figura 21 no apartado de resultados).

2.3. ANOMALÍAS CLIMÁTICAS

Como propõe Cavalcanti et al. (2009) as chuvas de uma região são um fator fundamental na definição do clima local, já que elas se produzem como resultados de vários eventos com escalas de tempo e espaço muito diversos; as chuvas num local podem, ainda, afetar o tempo em outras regiões, sendo

chamados de Teleconexões os mecanismos pelos quais ocorrem essa interação na distância, sendo baseado em 3 processos principais : as ondas atmosféricas, a continuidade de massa e as mudanças de fase da água (gasosa a líquida e/ou sólida)

Devido à grande diversidade de escalas espaciais e temporais na qual se produzem as interações e processos climáticos numa escala global, pode-se dizer que a atmosfera é o subsistema que responde mais rápido às mudanças, em aproximadamente um mês. Já nos oceanos, devido à alta inércia, esta resposta pode ser verificável em nível de décadas. Nessa ordem de ideias, é possível perceber que os 100 metros sobre a superfície dos oceanos tende a mudar mais rápido do que as águas mais profundas, pois sua influência na variabilidade dos sistemas acontece a nível intrasazonal (MARTELO, 2003). Dentro dos fenômenos associados às anomalias climáticas pode-se ressaltar o ENOS e AMO.

O ENOS é um fenômeno oceano-atmosférico que envolve as águas superficiais do Oceano Pacífico tropical com a atmosfera circundante. O termo é usado para falar sobre os fenômenos do EL NIÑO e OSCILAÇÃO DO SUL que ocorrem no oceano Pacífico, os quais são eventos que geralmente sucedem em sintonia e que, por isto, se potencializam entre eles (FISCH, 1998; CÁRDENAS et al., 2002; MARTELO, 2003; MENDOÇA E DANNI-OLIVEIRA, 2007; BORMA E NOBRE, 2013; NOBRE et al., 2013; DEBORTOLI, 2014).

A *Oscilação do Sul* é uma variação no balanço do campo de pressão na superfície entre duas regiões do Pacífico, sendo que o *índice de oscilação do sul* (IOS) é a medida da diferença entre as anomalias de pressão em superfície de Taiti e Darwin, localizado no Pacífico central e na Austrália respectivamente (CÁRDENAS et al., 2002; MARTELO, 2003; BORMA E NOBRE, 2013).

El Niño, por sua vez, se apresenta quando existem anomalias quentes das temperaturas da superfície do mar (TSM) no Pacífico Tropical por um período superior a 6 meses, este aquecimento vem acompanhado do enfraquecimento na intensidade dos ventos alísios do nordeste, influenciando assim a célula de Walker sobre o Pacífico equatorial, provocando um deslocamento das zonas de subsidência, produto de uma inversão no campo de pressão no Pacífico Central como se apresenta na Figura 6 (CÁRDENAS et

all., 2002; DEBORTOLI, 2014).

La Niña se manifesta quando estas anomalias são de resfriamento sobre as TSM no Pacífico, com uma intensificação nos movimentos dos ventos alísios com direção oeste, conservando os campos de pressões, levando maior quantidade de umidade nas costas de Austrália e Indonésia como se apresenta na Figura 7 (CÁRDENAS et al., 2002; DEBORTOLI, 2014).

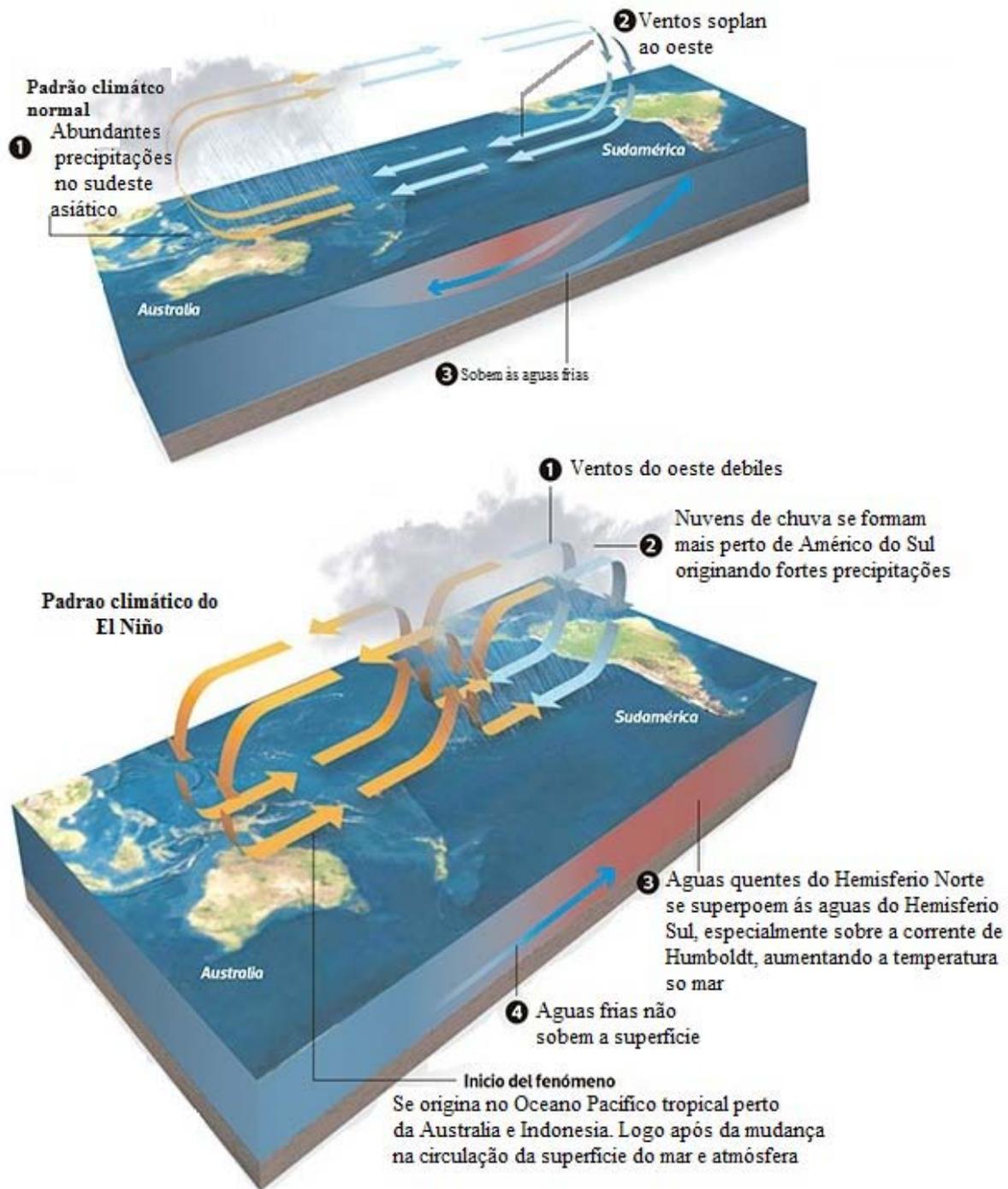
É importante ressaltar que *El Niño* se caracteriza também pela magnitude que atinge as anomalias da TSM (temperatura superficial do mar) em diferentes regiões do Pacífico Equatorial como se apresentam na Tabela 2 e na Figura 8.

O AMO ou *Oscilação Multidecadal do Atlântico* refere-se ao ciclo de aquecimento superficial das águas do Atlântico tropical norte (ATNOR) como mostrado na Figura 9. Este ciclo afeta significativamente a quantidade de precipitações na região, pois ela também gera perturbações na célula de Hadley, diminuindo a intensidade dos ventos alísios que reduzem a quantidade de massas de ar úmidas provenientes do Atlântico e promovem o deslocamento da ZCIT fora de sua posição média. Além disso, o aquecimento do Atlântico Equatorial também influencia nas dinâmicas da precipitação na região (BORMA E NOBRE, 2013; NOBRE et al., 2013).

Tabela II: Região do Pacífico equatorial onde se localizam as diferentes regiões do El Niño

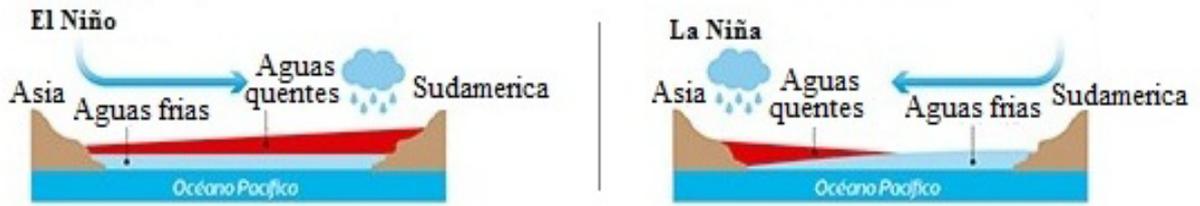
Região no Pacífico	Latitude	Longitude
Niño 1+2	0-10°S	90-80°W
Niño 3	5°N-5°S	150-190°W
Niño 4	5°N-5°S	, 160-150°W
Niño 3+4	5°N-5°S	170-120°W

Figura 6: Padrão climático normal (superior) e padrão climático do El Niño (inferior)



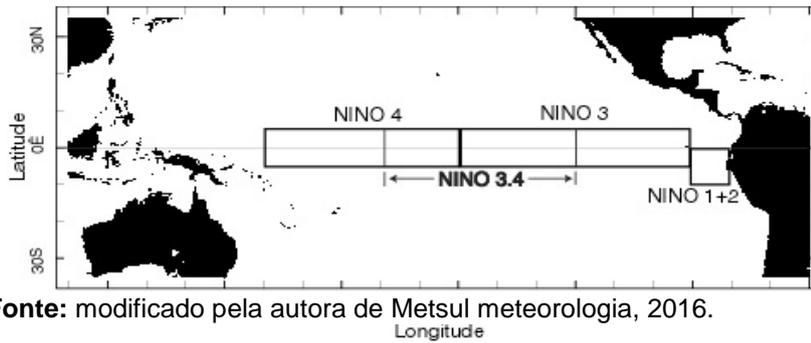
Fonte: modificado pela autora de La Tercera, 2015.

Figura 9: Padrão climático durante evento El Niño (esquerda) e durante La Niña (direita)



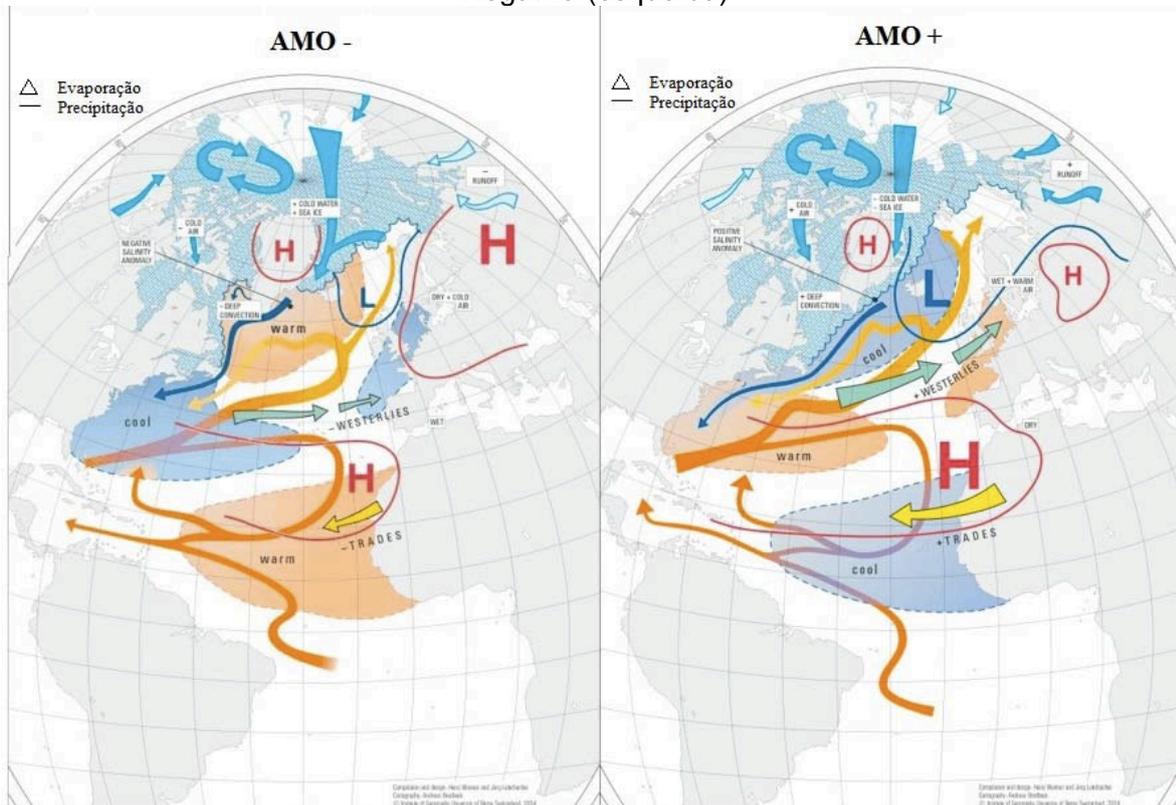
Fonte: modificado pela autora de La Tercera, 2015

Figura 7: Regiões do El Niño no Pacífico Equatorial.



Fonte: modificado pela autora de Metsul meteorologia, 2016.

Figura 8: Oscilação Multidecadal do Atlântico Norte em suas fases Positiva (direita) e Negativa (esquerda)



Fonte: modificado pela autora de Ossfoundation, 2016

2.4. EFEITOS DAS QUEIMADAS

Nas últimas décadas os estudos sobre queimadas têm aumentado, pois elas geram distúrbios nos ecossistemas e nos climas regionais onde acontecem (BILBAO et al., 2009; DE CARVALHO NETO et al., 2011; NOBRE et al., 2013).

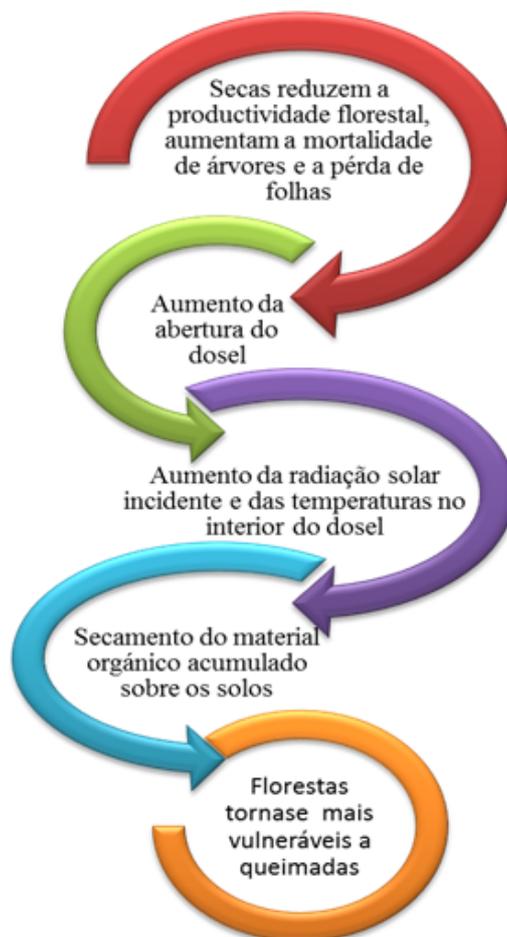
No nível dos ecossistemas é sabido que nem todos são afetados de maneira negativa frente ao fogo, sendo que os ecossistemas antropicamente modificados e sujeitos a este tipo de perturbação possuem adaptações que aumentam a probabilidade de sobrevivência da vegetação, entre as que se podem ressaltar: capacidade de rebrota, espessura das cascas, dormência das sementes e mecanismos de dispersão (DEZZEO et al., 2004; NOBRE et al., 2013).

Climaticamente as queimadas afetam os albedos na superfície, nas propriedades físico-químicas da atmosfera, na disponibilidade dos recursos hídricos, entre outros (DE CARVALHO NETO et al., 2011), tendo particular importância nos ciclos de retroalimentação positiva entre as secas observadas nas últimas décadas, destacando as secas de 2005 e 2010, e o aumento nos focos de queimadas, como se mostra na Figura 10.

Na GS o regime de queimadas encontra-se associado às atividades antrópicas culturais e de sobrevivência das comunidades indígenas da etnia Pemón, as quais tem influenciado estes mosaicos levando em alguns casos à degradação da vegetação florestal e perda de solo fértil que, conseqüentemente, refletem no aumento das savanas (HUBBER et al., 2001; BILBAO et al., 2009).

É importante resaltar que as queimadas na região não têm uma dinâmica anual. Bilbao et all. (2009) apontam que o período de regeneração da vegetação para que ocorra um novo evento de queimadas deve ser de no mínimo três anos, logo após um primeiro evento como se mostra na Figura 11. Neste trabalho, fez-se 31 queimadas experimentais em 21 parcelas e se obteve que os pontos cinzas representam as parcelas que não têm biomassa total ou material morto suficiente para voltar a apresentar uma queimada; os pontos brancos representam as parcelas onde a biomassa aérea total foi hipoteticamente suficiente para suportar uma re-queima, mas a biomassa era demasiada verde para permitir a propagação do fogo (ou seja, a relação mortos/vivo foi menor que 1); finalmente, os pontos pretos representam as parcelas que formar re-queimada 3 ou 4 anos após o último fogo quando biomassa acima do solo atingiu mais de 600 g m^{-2} (área acima da linha

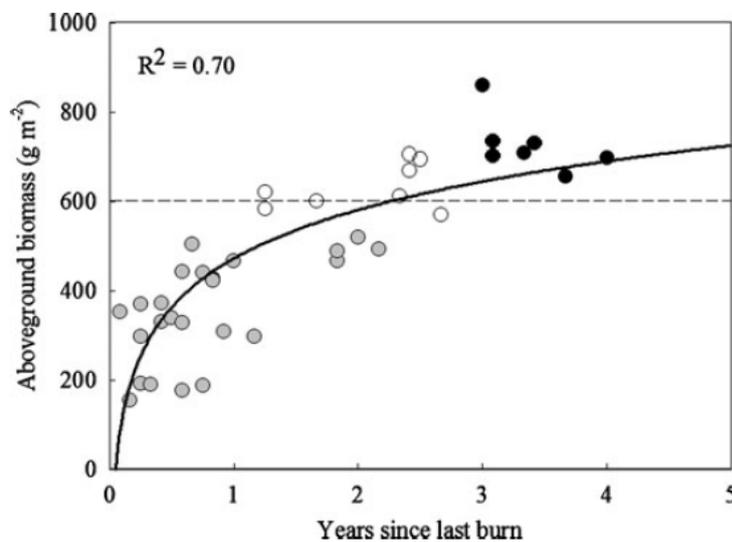
Figura 10: Mecanismos responsáveis pela ocorrência do processo de retroalimentação positivo das queimadas.



Fonte: Elaborado pela autora baseado em Nobre et all. (2013).

pontilhada), e proporção da vegetação mortos/ vivo foi maior que 1. Os principais fatores que influenciam o comportamento do fogo são os combustíveis, os fatores climatológicos e a topografia - estes influenciarão na evolução do incêndio. São importantes no comportamento do fogo, como os combustíveis ou a cobertura vegetal se distribuem segundo sua altura e o grau de umidade. Os fatores climatológicos são definidos principalmente pelo aumento da temperatura, pelo grau de umidade e pela velocidade do vento. A topografia pode influenciar nas características dos combustíveis e do clima.

Figura 11: Recuperação da biomassa acima do solo após o incêndio durante o período de amostragem de 4 anos



Fonte: Bilbao et al., p. 8, 2009

Os combustíveis vegetais influenciam o comportamento do fogo em função da variação das propriedades da vegetação. Uma mata densa, cerrada e pouco alterada possui um teor de umidade mais elevado e estável, intercepta maior quantidade de radiação solar direta, conserva mais amena a temperatura do ar e dos materiais combustíveis no seu interior, dificultando a propagação do fogo. Uma mata aberta, alterada está mais sujeita às ações do vento, recebe mais radiação solar direta no solo, é mais seca e conseqüentemente mais propícia a incêndios.

Nas florestas são considerados combustíveis todos os vegetais existentes de diversos tipos, as plantas vivas e seus resíduos, mesmo que no final de um incêndio seja possível observar vegetais que não inflamaram, isso porque, não atingiram a

temperatura de combustão. Constituirão como combustíveis vivos os capins diversos, os cipós, os arbustos, as árvores, etc.. Dentre os combustíveis mortos estarão os troncos, galhos, folhas etc., sendo importante observar a camada formada por diversos restos de vegetação morta e de tamanho reduzido denominados de serapilheira, estrato localizado acima do solo, que proporcionará a fácil instalação do fogo e sua rápida propagação. (Vasconcelos, 2013, 31p.)

Outro elemento importante na propagação do fogo é a quantidade de água dos combustíveis vegetais que irão influenciar impedindo ou não de um incêndio avançar, pois quando os vegetais estão muito hidratados haverá uma possibilidade menor do incêndio se propagar do que quando o vegetal encontra-se desidratado. Para Batista (2000) a umidade é a propriedade mais importante no controle da inflamabilidade dos vegetais. Esta umidade está relacionada ao clima e as condições meteorológicas locais, tendo uma alta variabilidade anual. Desta forma, a umidade está relacionada à umidade relativa do ar, à temperatura do ar e à precipitação.

O grau de umidade da vegetação é “medido pela capacidade que estes materiais têm de reter ou armazenar água” (VASCONCELOS, 2013, 38p) e estão relacionados à umidade relativa do ar e à quantidade de precipitação. A vegetação e a serapilheira, absorvem e acumulam água presente no ambiente; em contrapartida, ela irá liberar esta água para a atmosfera, quando esta estiver com o ar mais seco. Desta forma, períodos de baixa umidade relativa do ar ou seja, períodos secos, implicam em uma maior perda de água pelos vegetais e pela serapilheira mostrando que, sob estas circunstâncias, as queimadas terão mais combustível para se propagar. Segundo Vasconcelos (2013, p.38) “o material combustível úmido absorve grande parte do calor que recebe para secar-se e só entra em combustão a partir do momento em que a quantidade de umidade se torna suficientemente nula e incapaz de impedir a ignição”. Em contrapartida, um material seco entra rapidamente em combustão, por estar mais propenso à variação de temperatura e queda nos volumes de precipitação, perdendo a umidade de forma mais rápida e com mais facilidade.

A precipitação é um dos principais fatores climatológicos que irá influenciar na queimada, portanto, conhecer o ritmo, volume e distribuição, é

importante no controle de incêndios. As precipitações quando são distribuídas de forma regular e sem grandes períodos de estiagem, proporcionam um maior teor de umidade aos vegetais, tornando mais difícil a queima. Por isso, normalmente as queimadas naturais ou antrópicas são mais frequentes nos períodos de estiagem, pois, em função de um período maior com ausência de chuvas, os materiais combustíveis acabam por perder parte da sua umidade por evapotranspiração/evaporação, tornando-se conseqüentemente mais secos e inflamáveis, logo, suscetíveis a queimadas. Portanto, mais do que os totais anuais de precipitação, é fundamental saber a distribuição e concentração estacional. A caracterização de um período seco ou uma estação seca bem definida, aumentam a probabilidade de ocorrência e propagação de incêndios.

Segundo Deppe e Paula (2003) as queimadas estão atreladas à fenômenos naturais e antrópicos, porém a suscetibilidade da cobertura vegetal a incêndios vêm aumentando em função não somente de uma maior ação antrópica sobre estes ambientes, mas também aos efeitos causados pelo aquecimento global e mudanças climáticas como, por exemplo, os eventos ENOS, que propiciam períodos mais significativos de seca.

A temperatura do ar é uma condicionante imprescindível na ignição/início da combustão, assim como na propagação das queimadas. Segundo Batista e Soares (1997) o comportamento do fogo é influenciado pela temperatura, pois quanto maior a temperatura do ar e as partículas de combustível, menor será a quantidade de calor necessária para disparar o processo de combustão.

Segundo Vasconcelos (2013) o relevo também pode favorecer ou dificultar os fluxos de calor e umidade entre áreas vizinhas influenciando o clima regional, sendo elementos da topografia como inclinação, exposição/orientação e altitude de encostas os que favorecem ou não a propagação de incêndios.

As encostas (ative do terreno) são um dos fatores que contribuem para propagação do fogo, de acordo com o grau de inclinação, ou seja, quanto mais acentuado, maior será a velocidade da frente do incêndio. Os incêndios sobem mais facilmente as encostas porque as ondas de calor tendem a subir e também devido ao fato da inclinação positiva contribuir para aproximar as

chamas até os vegetais que estão na parte mais adiante. Assim, o fogo aquece, seca e queima estes combustíveis com mais intensidade que aqueles localizados embaixo. Favorecidas pela inclinação do terreno, as correntes de ar aquecidas (convecção), auxiliadas pelos ventos, sobem aquecendo e secando a vegetação de forma mais ampla do que no plano horizontal, onde só atuam até a altura final das copas (VASCONCELOS, 2013).

Superfícies que possuem orientações norte e sul, com diferentes inclinações, recebem energia solar como se fossem horizontais. Superfícies que possuem orientação leste ou oeste terão menores durações diárias da insolação, devido a um adiantamento do momento do pôr do sol para terrenos leste e atraso no momento do nascer do sol para terrenos oeste. A radiação solar global será a mesma para ambas as orientações na mesma inclinação (TUBELIS e NASCIMENTO, 1984; citado por VASCONCELOS, 2013.).

As informações a respeito das orientações em que os terrenos estão expostos terão grande importância também ao se identificar a predominância da direção dos ventos, já que estes são fatores que contribuirão fortemente no comportamento do fogo (VASCONCELOS, 2013).

De acordo com Batista et al. (2002), a elevação do terreno em relação ao nível do mar é relevante no estudo do risco de incêndio porque tem efeito sobre as condições climáticas do local e, conseqüentemente, sobre as características de umidade do material combustível. Com a elevação da altitude se observa um decréscimo da temperatura acompanhado por um aumento na umidade relativa do ar até determinadas altitudes. Logo, o risco de incêndio florestal é maior nas baixas altitudes (VASCONCELOS, 2013).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

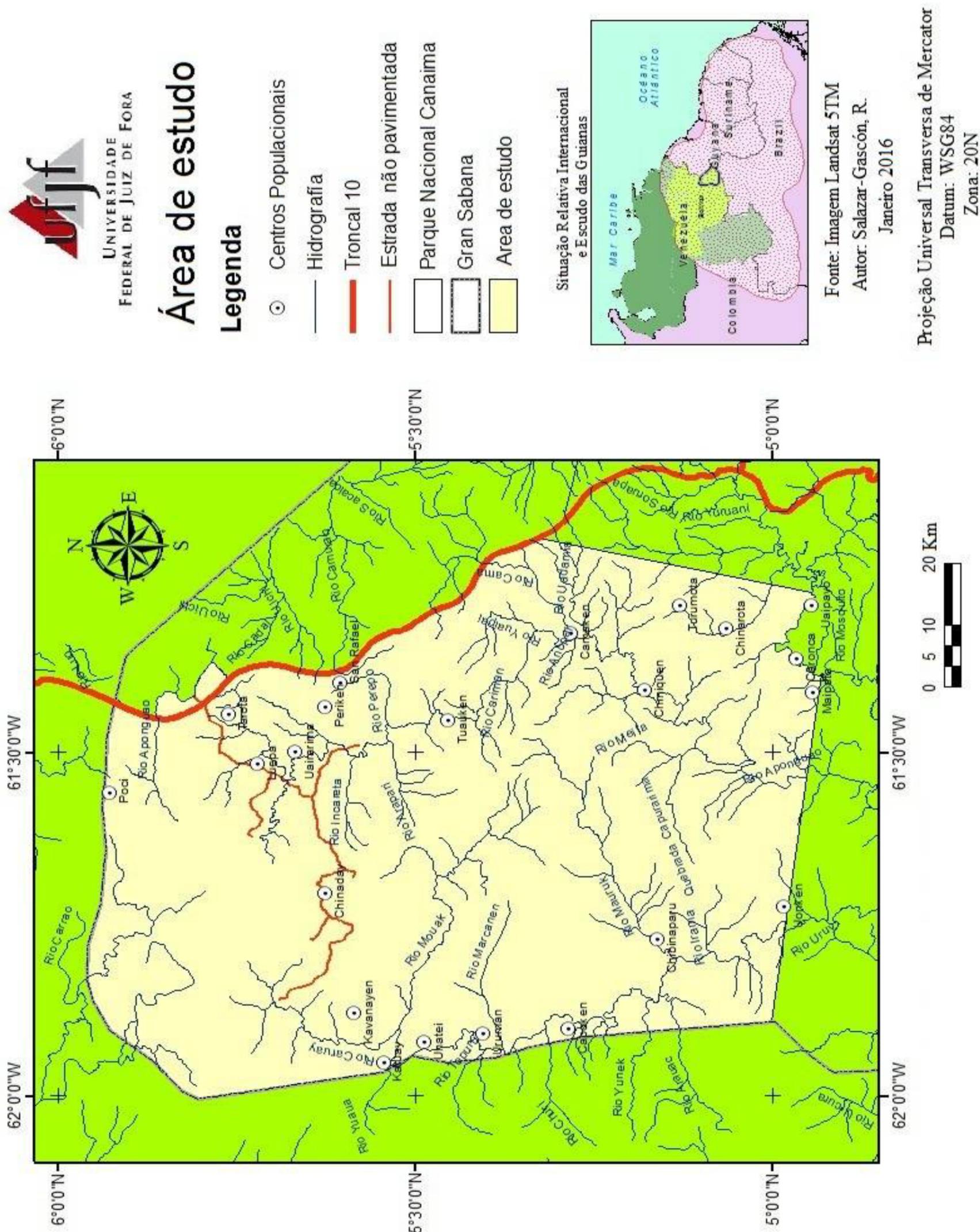
No presente capítulo abordaram-se a descrição física da área de estudo, os métodos aplicados assim como os materiais que foram usados para o desenvolvimento da pesquisa.

3.1. ÁREA DE ESTUDO

A Bacia do Rio Caroní consta de grandes dimensões com uma superfície estimada de 92.170 Km², representando 10% do território Venezuelano e 40% do Estado Bolívar, com uma área equivalente a República Portuguesa. Ao Norte limita com o Rio Orinoco; no Sul limita com a Serra Pacaraima fazendo divisa com Amazônia Brasileira; pelo Leste limita com as bacias dos Rios Cuyuní e Mazaruni, afluentes do Rio Esequibo; e pelo Oeste com as bacias dos Rios Caura, Aro e outros afluentes menores do Rio Orinoco. Esta bacia se destaca pela complexa e variada geologia, grandes desníveis na topografia que criam numerosas cachoeiras e abundante produção de água, o que faz dela ideal para gerar energia hidroelétrica; destaca-se também as formações tabulares de grande contraste que dominam a paisagem denominada pelos locais como “Tepuyes”, que aportam uma beleza singular, além de outros atrativos naturais com alto valor turístico. A bacia do Río Caroní foi dividida pela Electrificación del Caroní (EDELCA) para seu estudo em 5 setores: Bajo Caroní (14,3%), Medio Caroní (18,9%), Alto Caroní (26,6%), Bajo Paragua (16,2%) e Alto Paragua (24%), os quais são utilizados como referencia espacial atendendo a características geomorfológicas e hidrográficas da bacia (EDELCA, 2008).

A região de estudo está representada na Figura 12 e compreende um recorte da Gran Sabana localizada dentro de dos limites PNC, englobando parte dos municípios Gran Sabana, Sifontes e Piar do Estado Bolívar, Venezuela. Uma área que abrange 7.656 km² localizada entre as coordenadas geográficas 5°58' LN (Latitude Norte)- 61° 62'LO (Longitude Oeste) e 4°56'LN- 61° 9 LO.

Figura 12: Área de estudo



Fonte: Elaborado pela autora

Segundo a classificação Köppen, são apresentados dois tipos de zonas climáticas: Tropicais Monções (Am) e predominantemente tropical equatorial (Af), com precipitações médias mensais superiores aos 60 mm, tal como se mostra na Figura 13, e temperaturas de 17 ° a 24 °C as quais variam pela influência das variações na altitude, pela presença dos “Tepuys”, denominação de origem indígena Pemón aos platôs elevados característicos desta região do Escudo das Guianas (HUBER et al. 2001; FLANTUA, 2008; DELGADO et al., 2009).

Em termos de litologia, é dividido em duas áreas pertencentes à província geológica Roraima depositado em Grupos Cuchiveros e Pastora. A primeira é uma camada estratificada de rochas descontínuas sedimentares depositadas sobre o embasamento ígneo-metamórfico do Escudo das Guianas; a segunda é caracterizada pela presença irregular de afloramentos de rochas intrusivas que penetravam as camadas de rochas sedimentares durante os períodos do Paleozóico e Mesozóico. Estes afloramentos são, predominantemente, diferentes tipos de diabásio e granito em menor grau, o solo formado a partir dessas rochas intrusivas é considerado mais fértil e muitas vezes cobertos com bosques densos (HUBBER, 2001; ELCORO E VERA, 1986).

Segundo Rivera-Lombardi (2009) as distintas superfícies de erosão reconhecidas em diferentes níveis de altitude são produto da ação de várias forças e ciclos de erosão associados a eventos climáticos e tectônicos do passado e presente que permitem distinguir uma paisagem geomorfológica como se apresenta na Figura 14. Na figura 15, podemos encontrar esta paisagem caracterizada pela presença de altiplanicies, outeiros, sopé e vale.

Os solos formados pelos processos de alteração dos distintos tipos de rochas em condições climáticas variáveis e das mudanças na cobertura do solo, pertencem a diferentes ordens, tendo maior predomínio ultissolo e entissolo. Porém, devido ao baixo conteúdo de bases no material de origem e as elevadas taxas de alterações, pode-se afirmar que estes tipos de solo classificados entre pobres a muito pobres em nutrientes, especialmente em fósforo (P), cálcio (Ca) e nitrogênio (N), apresentando baixa capacidade de troca catiônica e pH ácido (entre 3 e 4) com elevadas acumulações de alumínio no subsolo que afetam o balanço de nutrientes da vegetação que neles se

estabelecem, tendo como característica ressaltante a presença de raízes pouco aprofundadas.

No entanto, as condições mais adequadas a nutrientes e acidez se apresentam nos solos formados a partir de material parental ígneo como diabasa intrusivas, gabros e rochas vulcânicas que favorecem o estabelecimento de cobertura vegetal arbórea e, aparentemente, apresentam maior resistência às intervenções antrópicas que aqueles desenvolvidos em solos predominantemente pobres (HUBER, 1995; HUBER, 2001; BILBAO et al., 2011).

Em contrapartida, a distribuição e extensão espacial da vegetação são consideradas altamente heterogêneas e variáveis pela presença de manchas de bosques com distintas altitudes e diferentes níveis de complexidade estrutural em associação a bosques secundários e vegetação arbustiva, tais como matorrales (matagal) e/ou helechos (samambaia dominados por *Pteridium sp.*), todos eles dentro de uma matriz de savana aberta como se apresenta na Figura 2 (a). Sendo que estas variações nem sempre apresentam relação com as mudanças nas variações do relevo ou textura do solo (HERNÁNDEZ, 1994; DEZEEO et al., 2004; BILBAO et al., 2011). Na Figura 16 pode-se apreciar diferentes formas de vida consideradas a partir dos diferentes estratos da vegetação: arbóreo, arbustivo, herbáceos dominantes em cada localidade.

As savanas não apresentam componente arbóreo e encontram-se dominadas principalmente pelas famílias Poaceae (19,8%), Cyperaceae (13,2%), Asteraceae (10,4%) e Meleostomataceae (8,5%) destacando as espécies: *Trachypogon spicatus*, *Axonopus anceps*, *Bulbostylis paradoxa*, *Lagenocarpus rigidus*, *Rynchospora sp.*, *Hypolytrum pulchrum*, *Echinolaena inflexa*, *Mesosetum sp.*, *Panicum micranthum*, *Axonopus aureus*, *Paspalum lanciflorum*, *Scleria cyperina*, *Radiella sp.* entre outros (BARUCH, 2005; RAMIREZ ET AL, 2007).

Pluviosidade média mensal desde 2003 até 2014

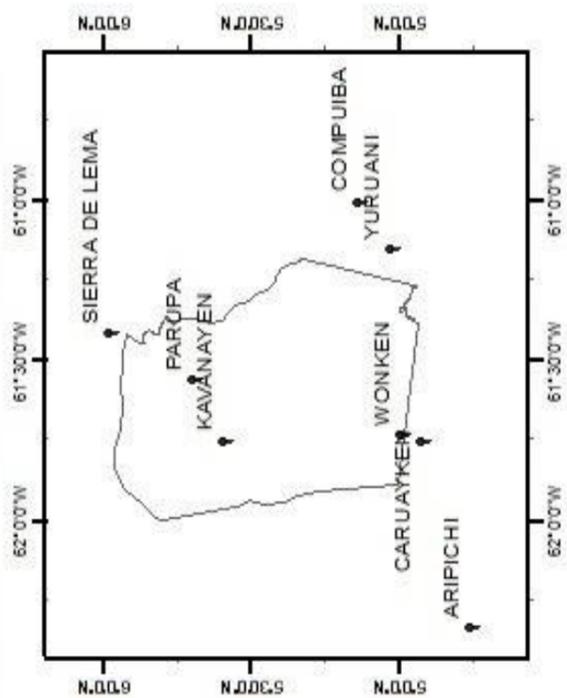
Gran Sabana- Parque Nacional Canaima

Venezuela

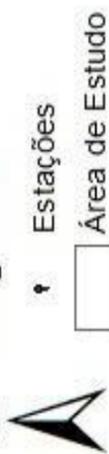


UNIVERSIDADE
FEDERAL DE JUIZ DE FORA

Localização das estações pluviométricas na área de estudo



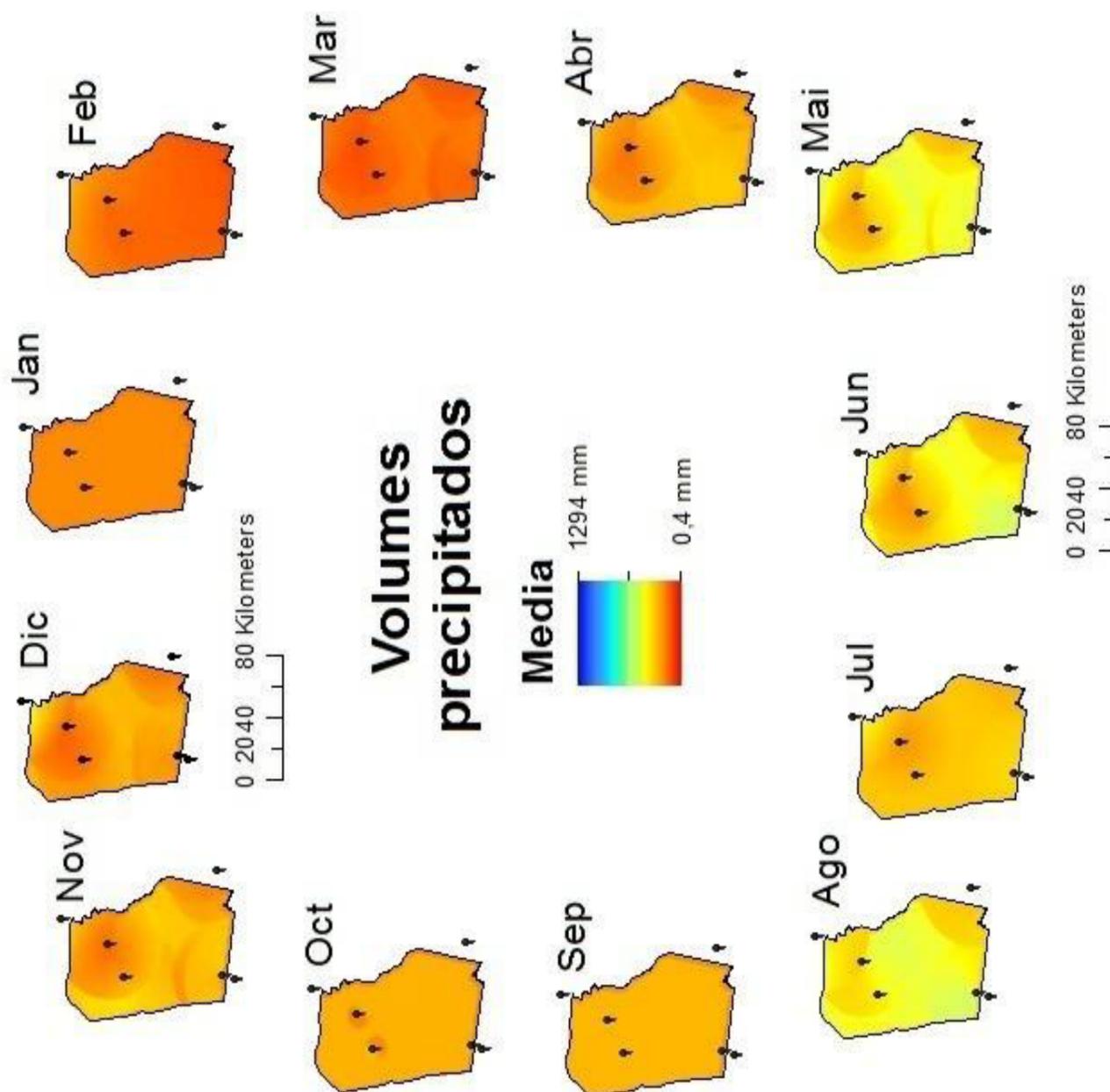
N
Legend



Fonte: Estações CORPOELEC
Autor: Salazar-Gascón, R.

Julho 2015

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum WSG84
Zona 20 N

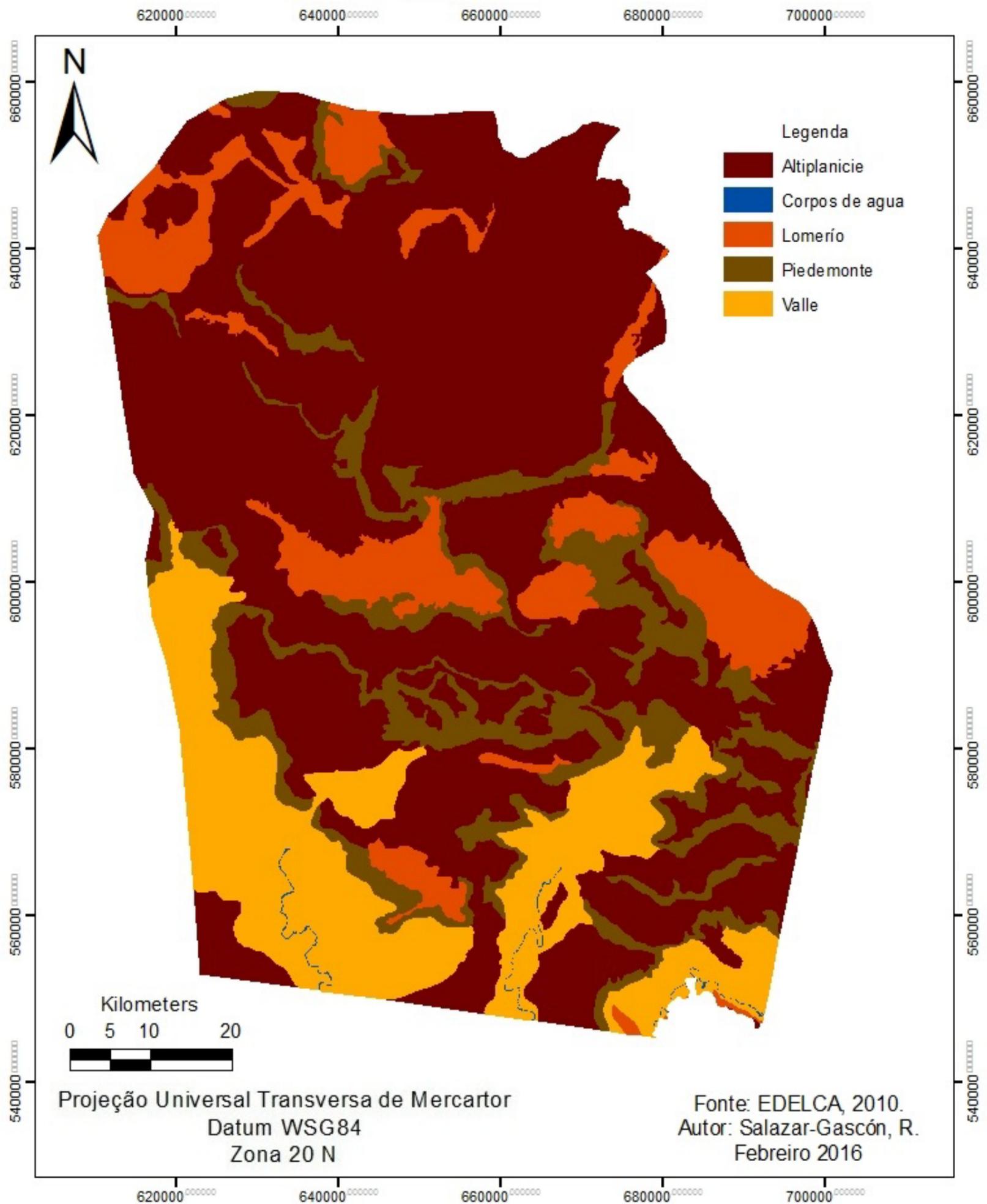


Fonte: Elaborado pela autora

Figura 13: Pluviosidade média mensal na área de estudo

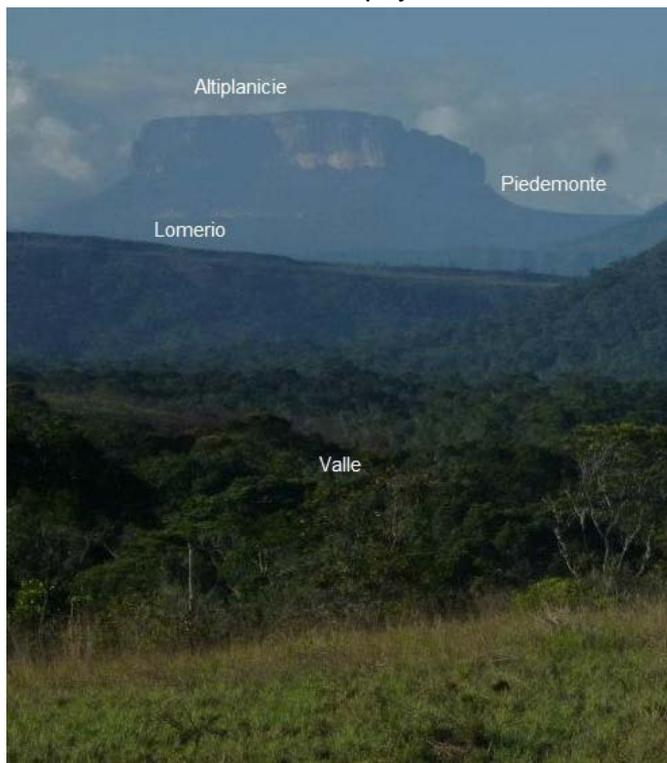
Figura 14: Paisagens geomorfológicas na área de estudo

Paisagem geomorfológica Gran Sabana-Parque Nacional Canaima Venezuela



Fonte: Elaborado pela autora

Figura 15: Paisagem geomorfológica identificáveis na área de estudo. Vista do Putari Tepuy

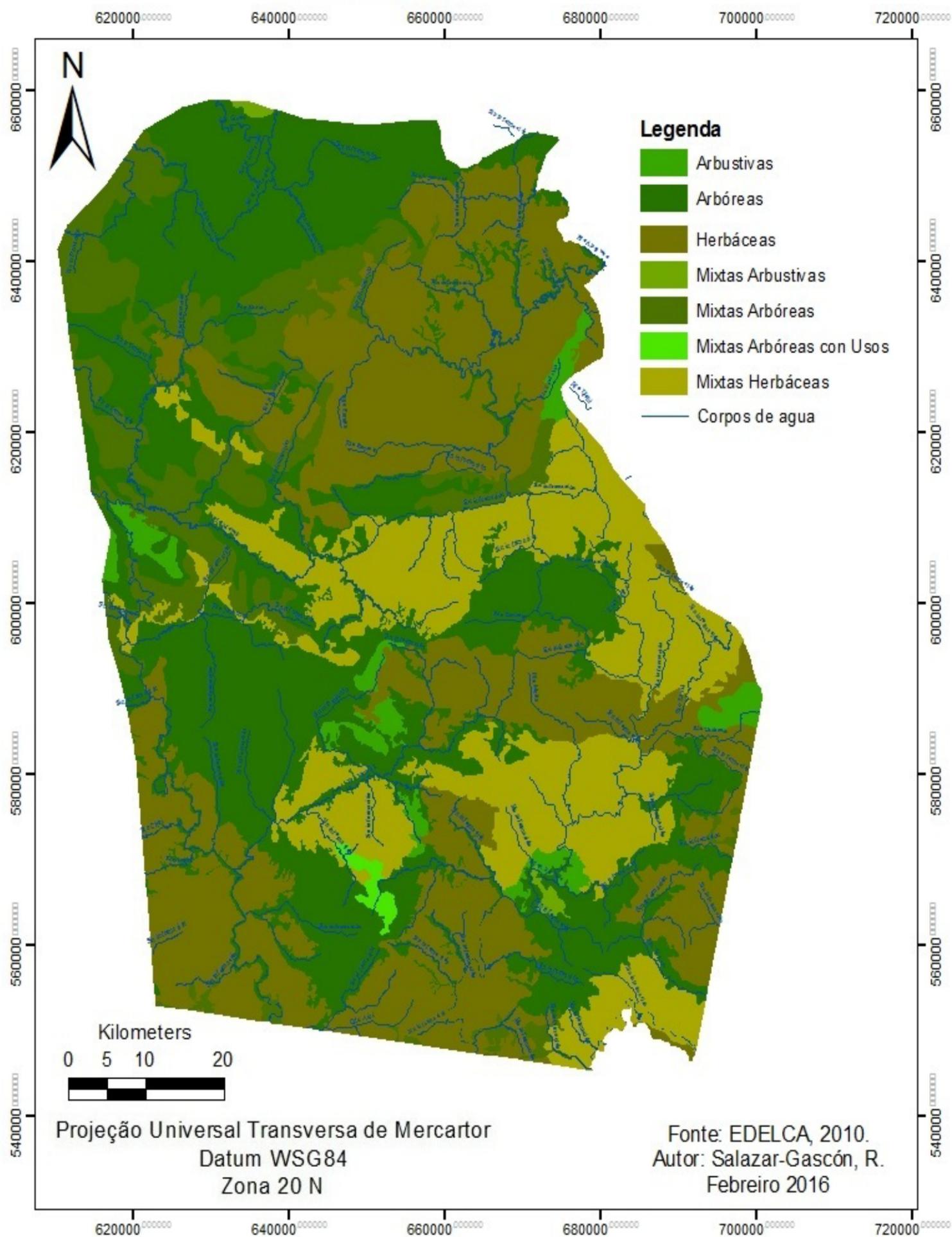


Fonte: Elaborado da autora (2013)

O componente arbóreo está geralmente distribuído de forma descontínua e apresenta diferentes tamanhos, encontrando-se associado a substratos de diabaso e arenito, sendo que os bosques de galeria, aqueles que se encontram associados aos corpos de água, se apresentam principalmente nos vales da região (HUBER, 1986; HUBER et al., 2001). É importante destacar que todos os bosques sempre-verdes tipo montano sub mesotérmico entre os 800-1500 m.s.n.m., apresentam um maior impacto pelas comunidades locais, já que são ideais para o estabelecimento dos “Conucos” ou parcelas de uso agrícola, onde se cultivam produtos de rápido crescimento como mandioca, milho, inhame, entre outros, e geralmente se encontram próximos a corpos de água (FLANTUA, 2008). Porém, as manchas de buritizais, comunidades dominadas por *Mauritia flexuosa*, consideradas formas de vida arbóreas se encontram em zonas de menor elevação (LEAL, 2010).

Figura 16: Distribuição da vegetação na área de estudo

Formas de vida Gran Sabana-Parque Nacional Canaima Venezuela



Os matagais encontram-se frequentemente em altitudes intermédias entre 1000-1500 m.s.n.m. apresentando seu crescimento preferivelmente em substrato rochoso derivado de arenito e, em alguns casos, encontra-se sobre profunda areia branca, tendo que sua densidade e altitude dependem muito do substrato, pois em geral se encontram uniformemente espaçados, considerando que os matagais sobre solos arenosos mostram uma tendência a se fechar em pequenas ilhas separadas por áreas de areias brancas descobertas. Têm-se como gêneros dominantes *Visma*, *Miconia* e outros gêneros da família Melastomatácea (HUBER, 1989).

Existe outro tipo de vegetação tipo arbustiva dominada por samambaias pirófilas, tendo como espécies dominantes *Pteridium sp.*, *Dicranopteris flexuosa*, *Sticherus sp.*, em menor grau, dicotiledôneas de baixo crescimento (HUBER, 1986; HERNÁNDEZ E FÖLSTER, 1994; BILBAO et al., 2011). Este tipo de vegetação pode ser encontrado de forma isolada na matriz de savana; no entanto, se encontram mais frequentemente associadas à zonas de borda entre savana e bosque. Estas zonas de transição, que podem estender-se por vários metros ou acontecer de formas bruscas, são conhecidas como ecótonos. (HUBER, 1986; HERNÁNDEZ E FÖLSTER, 1994; BILBAO et al., 2011).

3.2. DADOS E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

As estações consideradas neste estudo se mostram na Tabela III, os dados foram interpolados pelo método de Krigagem Linear, utilizando a ferramenta de Kriging disponível no software ARCGIS 10.1. Os dados de pluviosidades acumulada para cada estação foram organizados num eixo Norte-Sul como se apresenta na Figura 12 de acordo com as estações utilizadas neste trabalho (Anexo I).

Os índices das anomalias climáticas de ENOS (nas regiões do El niño 1+2 Niño 3, Niño 4, Niño3+4) e AMO (no Oceano Atlântico Norte) foram obtidos pelo *Clima Prediction Center do National Weather Service* desde Janeiro de 2002 até dezembro de 2014.

Tabela III: Estações climáticas consideradas neste estudo

Localização (UTM/WSG84)			Nome da estação	Altitude (m.s.n.m.)	Data de registro	
X	Y	HUSO			Começo	Final
675259	659772	20N	Sierra de lema	1334	04/08/1988	18/04/2015
659408	628460	20N	Parupa	1207	21/03/1974	18/04/2015
638264	617384	20N	Kavanayen	1235	01/01/1959	18/04/2015
721124	567286	20N	Compuiba	902	01/01/1992	18/04/2015
704925	554949	20N	Yuruani	874	28/05/1974	18/05/2015
640184	550864	20N	Wonken	817	01/01/1959	18/04/2015
637796	543151	20N	Caruaiken	807	31/07/2001	18/04/2015
573470	524819	20N	Arapichi	434	21/07/1977	18/04/2015

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados de pluviosidade mensais fornecidos por CORPOELEC.

Para apoiar a interpretação dos efeitos das anomalias climáticas na área de estudo, foram usadas as cartas e análise sinóticas fornecidas pela Marinha Brasileira em conjunto com os resumos sinóticos obtidos pelo site: <http://climanalise.cptec.inpe.br/~rclimanl/boletim/>.

A quantidade e distribuição dos focos de queimadas foram avaliados usando os produtos globais de sensoriamento remoto do satélite NOAA (*National Oceanic Administration Atmospheric*) séries 12, 14, 15, 16, 17 e 18 com uma resolução de 1 Km x 1 Km para detecção de focos de calor na superfície terrestre com extensão igual ou maior a 30m², contabilizados desde janeiro de 2003 até de dezembro de 2014 e fornecidos pelo Monitoramento de Queimadas e Incêndios do INPE.

Para estimar a correlação linear entre a quantidade de precipitação e número de focos de queimadas com as anomalias climáticas na área de estudo, foi calculado o coeficiente de Pearson (r) ou coeficiente de correlação produto-momento, o qual proporciona uma média numérica entre duas variáveis o qual se define (1):

$$r = \frac{\sum xy - \{(\sum x)(\sum y)/n\}}{\sqrt{(\sum x^2 - (\sum x)^2/n) * (\sum Y^2 - (\sum Y)^2/n)}} \quad (1)$$

Onde “x” e “y” representam as variáveis que sejam correlacionadas neste estudo (Precipitação X Anomalia ENOS/AMO e Frequência de incêndios X Anomalias ENO/ AMO) e “n” o número de dados obtidos para cada variável, neste caso 12 meses entre 2003 e 2014, n= 144. Este coeficiente nos proporciona uma resposta se existe relação linear, intensidade, e sentido entre as variáveis que serão consideradas, tendo como referencia uma escala presente na tabela IV (PACHECO et all., 2012).

Tabela IV: Coeficiente de Pearson e tipo de correlação

Pearson(r)	Correlação
r=1	Perfeita positiva
0,8 ≤ r < 1	Forte positiva
0,5 ≤ r < 0,8	Moderada positiva
0,1 ≤ r < 0,5	Fraca positiva
0 < r < 0,1	Ínfima positiva
r=0	Nula
-0,1 < r < 0	Ínfima negativa
-0,5 < r ≤ -0,1	Fraca negativa
-0,8 < r ≤ -0,5	Moderada negativa
-1 < r ≤ -0,8	Forte negativa
r=-1	Perfeita negativa

Fonte: Pacheco et all., 2012

Por sua parte, foi calculado o índice genérico normalizado de ocorrência de queimadas (INQ) proposto por De Carvalho Neto (2011) o qual se define como a razão entre a frequência de focos de incêndio mensal (F_{fi}) pela

frequência máxima (F_{fmax}) observada para o período de estudo para um pixel j como a formula (2):

$$INQ = \frac{F_{fj}}{F_{fmax}} \quad (2)$$

As mudanças na cobertura de solo foram avaliadas com base na metodologia proposta por Xavier-da-Silva e Carvalho (1993) e na proposta de Menese-Tovar (2011) usando o Índice de Vegetação da Diferença Normalizada (NDVI, pelas siglas em inglês) como indicador de degradação de florestas o qual foi calculado no software Quantum Gis (QGis) 2.12.3, segundo a fórmula:

$$NDVI = \frac{(NIR - VIS)}{(NIR + VIS)} \quad (3)$$

Onde NRI corresponde à banda do infravermelho próxima e VIS o espectro visível-vermelho.

O uso do Índice de vegetação da Diferença Normalizada (NDVI – Normalized Difference Vegetation Index) desenvolvido por Rouse et al. (1973) foi escolhido por ser mais sensível à vegetação esparsa. As faixas do vermelho e do infravermelho próximo são mais utilizadas por conter mais de 90% da variação da resposta espectral da vegetação, logo este índice realça o comportamento espectral da vegetação, correlacionando com os parâmetros biofísicos desta (ROSA, 2007). Desta forma, um índice de vegetação é constituído por operações algébricas que envolvem faixas de refletância, permitindo determinar a cobertura vegetal e a sua densidade.

Assim, para determinar a cobertura do solo foi aplicada a correção atmosférica, segmentação e posterior classificação não supervisionada das imagens apresentadas na tabela V, correspondente às temporadas de secas, usando o software ENVI 5.0. Posteriormente, a mudança na cobertura do solo foi calculada com o Software QGis 2.12.3.

É importante ressaltar que a escolha das imagens foi determinada pela melhor resolução encontrada nas áreas de estudo com menor quantidade de

nuvens possíveis, já que por ser uma região próxima ao equador encontra-se, frequentemente, grande quantidade de nebulosidade nas imagens, as quais foram descarregadas pelo site da USGS <http://earthexplorer.usgs.gov/>

Tabela V: Imagens usadas para calcular NDVI e Cobertura do Solo

Ano	Cena	Data	Landsat
2003	056_233	09-04-03	7 TM
2007	056_233	11-03-07	5 TM
2009	056_233	12-02-09	5 TM
2010	056_233	30-01-10	5 TM
2014	056_234	30-03-14	8

Fonte: <http://earthexplorer.usgs.gov/>

No entanto, para avaliar as cicatrizes de queimadas foram selecionadas imagens apresentadas na tabela IV com ínfima cobertura de nuvens também descarregadas pelo site USGS, sendo estimada a cobertura das cicatrizes segundo o princípio Rashmi et al. (2014) com a ferramenta *Semi-Automatic Classification* com o *Spectral Angle Mapping* disponível no Software QGis 2.12.3.

Tabela VI: Imagens usadas para determinar Cicatrizes de queimadas

Ano	Cena	Data	Landsat
2004	056_233	04-08-04	5TM
2014	056_234	30-03-14	8

Fonte: <http://earthexplorer.usgs.gov/>

O modelo digital de elevação foi obtido a partir da imagem SRTM descarregada pelo site USGS, usando a ferramenta do TIN do ArcGis 10.0 com curvas de níveis de 30m.

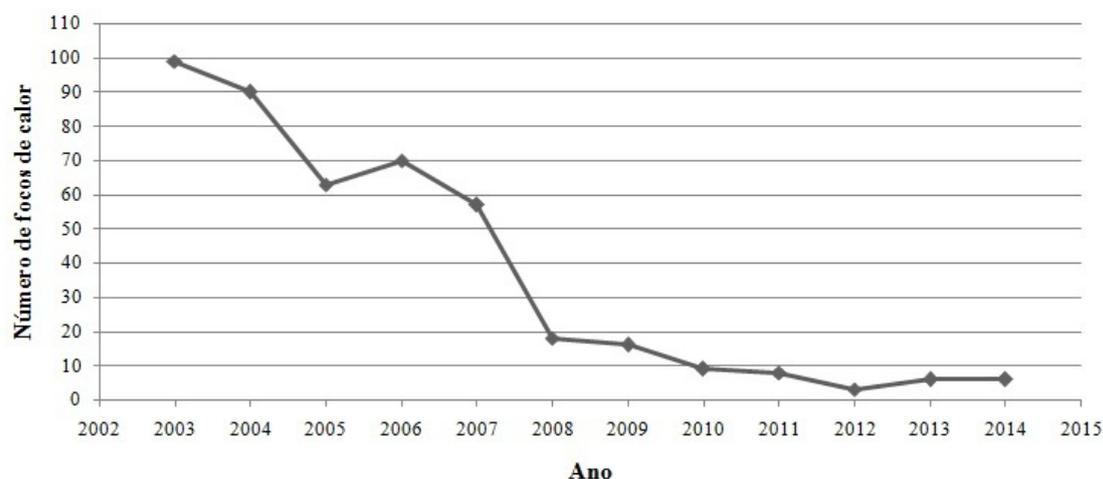
4. RESULTADOS

No presente capítulo se apresentaram os resultados obtidos dentro da pesquisa, procurando ressaltar os pontos das principais relações que se consideram relevantes no objetivo do presente trabalho. Para melhor compreensão de cada um dos fatores considerados se optou pela separação em itens como segue.

4.1. FOCOS DE QUEIMADAS

A partir da análise realizada observou-se que a quantidade de focos de queimadas detectados pelos satélites foi diminuindo ao longo da série temporal estudada, apresentando os máximos valores no ano 2003, 2004 e 2006, e seus valores mais baixos no ano 2012, com quedas no ano 2005 e outra mais significativa a partir do ano 2008 que se manteve mais ou menos estabilizada até o ano de 2014 como se mostra na Figura 17.

Figura 17: Número de focos de queimadas totais registrado no período 2003-2014

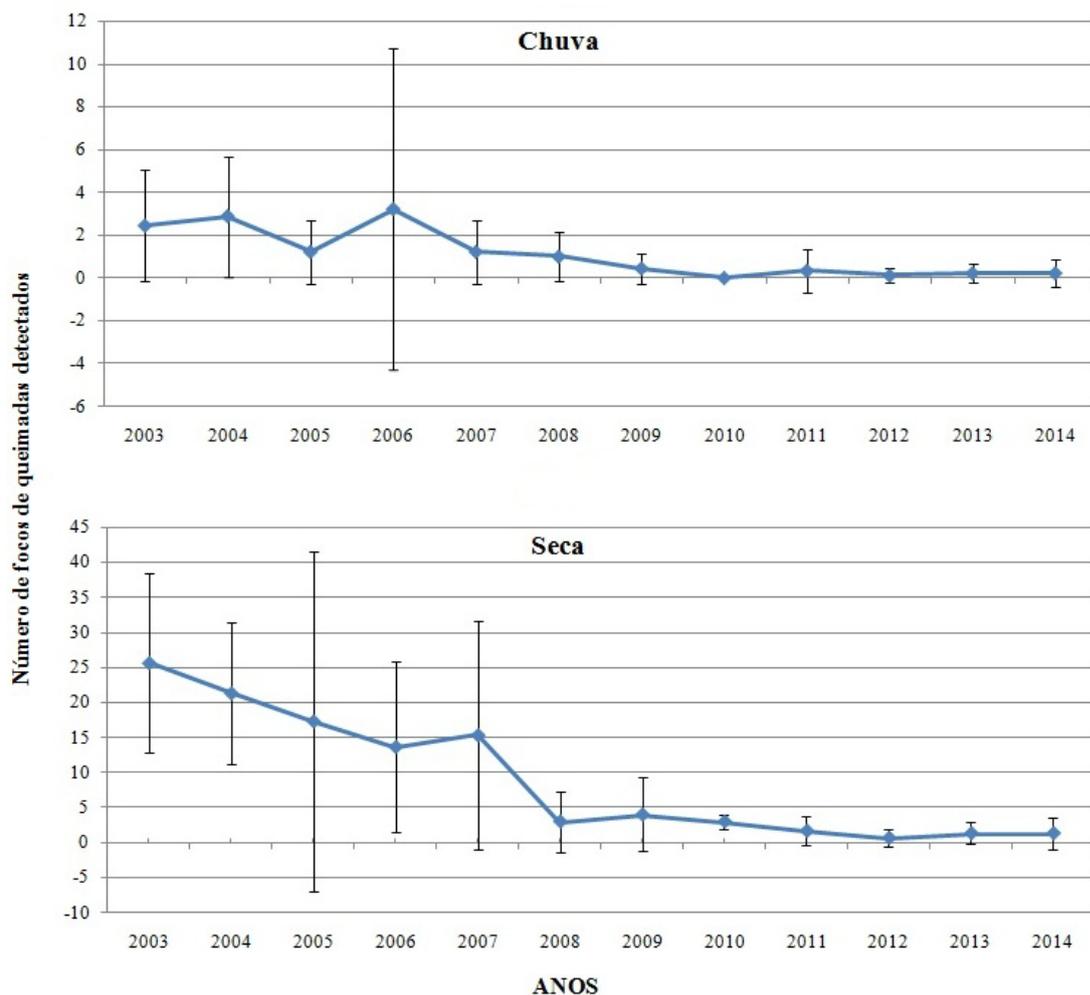


Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados do Satélite NOAA series 12, 14, 15, 16, 17 e 18.

A variabilidade dos focos de queimadas detectados pelo satélite NOAA para cada ano está representado na Figura 18, ressaltando que no período de chuvas do ano 2006 apresentou o valor mais elevado e com uma alta

variabilidade na quantidade de focos de queimadas pelo alto número de incêndios reportados para o mês de abril (Anexo II). Por sua parte, o período de seca apresentou um maior número de incêndios com alta variabilidade desde 2003 até 2007, o que se deve ao ínfimo número de incêndios reportados para o mês de janeiro nesse mesmo período onde destaca-se o ano 2005 com

Figura 18: Número de focos de queimadas detectados no período de chuvas (superior) e secas (inferior) desde 2003 até 2014.

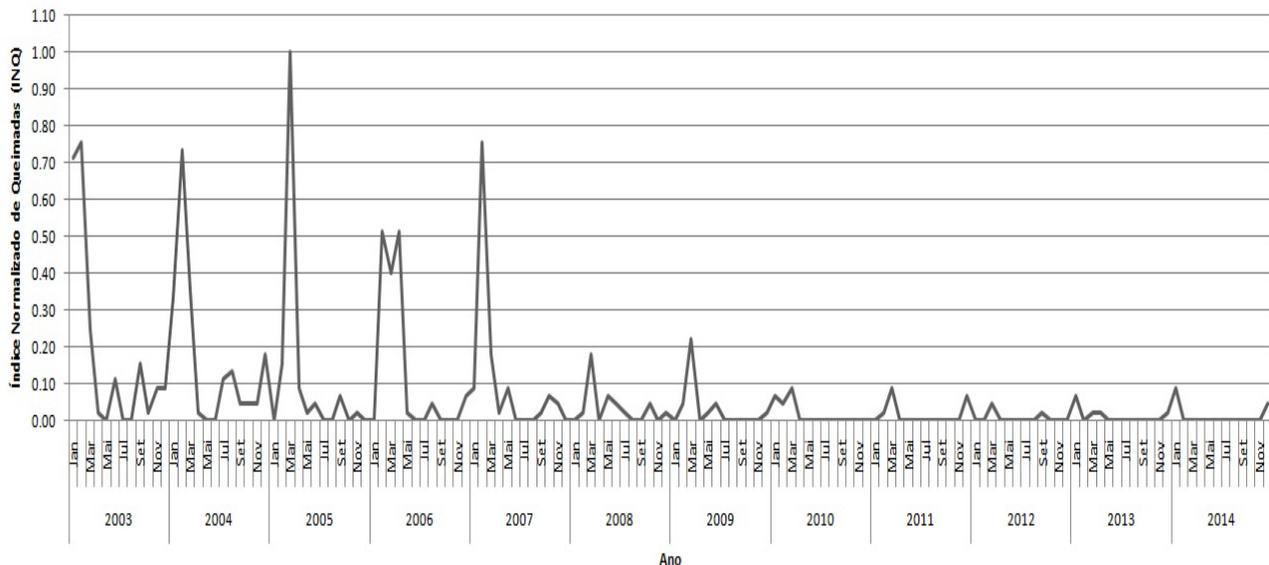


Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados do Satélite NOAA series 12, 14, 15, 16, 17 e 18, nenhum foco de calor detectado nesse mês (Anexo II).

Para o INQ tem-se que no período que abrange entre 2003 e início de 2008 observa-se uma contribuição maior de focos de calor dentro da série temporal de estudo como se mostra na Figura 19, ressaltando que os primeiros trimestres dos anos 2003, 2004, 2005 e 2007 apontaram um maior INQ em

proporção à média da série temporal considerada; porém o ano 2006, apesar de ter valores elevados nos primeiros 5 meses do ano, apresentou uma

Figura 19: Índice Normalizado de queimadas (INQ) 2003-2014



Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados do Satélite NOAA series 12, 14, 15, 16, 17 e 18 pequena queda na metade do período assinalado.

Por outro lado, a Figura 20 mostra a distribuição espacial dos focos de queimadas detectados pelos satélites NOAA, no qual se evidencia que a maioria das queimadas ocorreram na porção leste da área de estudo, e que nos anos 2003, 2004, 2005, 2006 e 2007 a distribuição, mesmo concentrada na porção leste, teve uma abrangência na ocorrência em outra região dentro da área de estudo.

Em seguida, na Figura 21 apresenta-se a distribuição das cicatrizes de queimadas no ano 2004 e 2014 da área de estudo. Aqui se identifica que muitas áreas queimadas se encontram próximas aos cursos de água e aos assentamentos principais, o que evidencia que a presença dos focos de queimadas se relacionam então com o uso. Note-se, especialmente no ano de 2014, que apesar de apresentarem menor quantidade de polígonos como se mostra na tabela VII, existem áreas que abrange maior quantidade de área como aquela que ressalta no centro da área de estudo, a qual pode estar relacionada com áreas usadas recentemente para mineração por parte das comunidades locais.

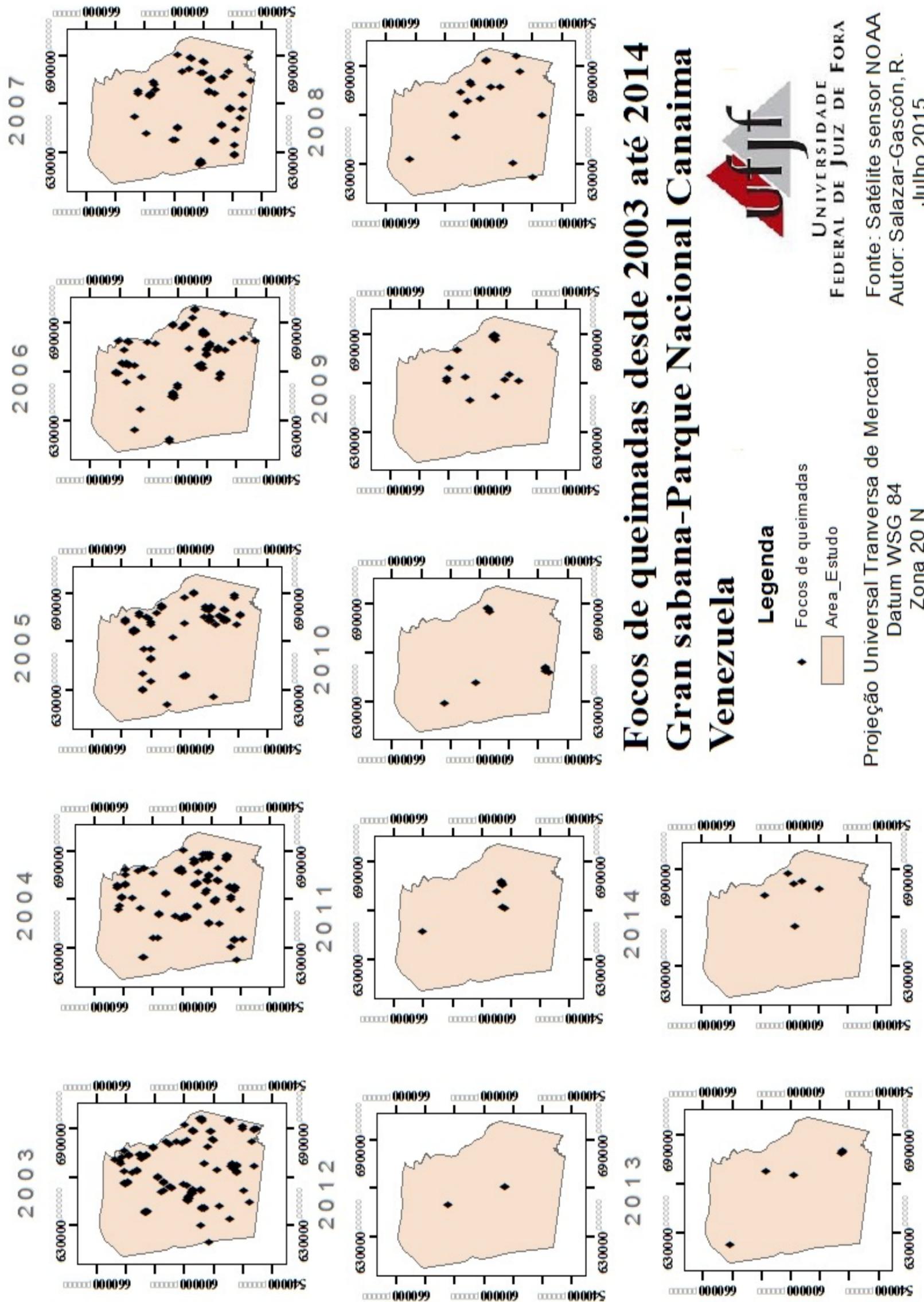
Tabela VII: N^o cicatriz de queimadas e área que abrange em 2004 e 2014

Ano	N ^o Polígonos	Área total (Km ²)
2014	1640	26.05
2004	4492	78.27

Fonte: Elaborada pela autora com Imagens Landsat 5TM (2004) e Landsat 8 (2014)

Finalmente a Figura 22 apresenta o modelo digital de elevação onde se aprecia o relevo da região destacando a zona sudeste e sudoeste com a presença de zonas de vales e à porção nordeste com zonas de maiores elevações, junto com os planaltos aplainados denominados tepuys.

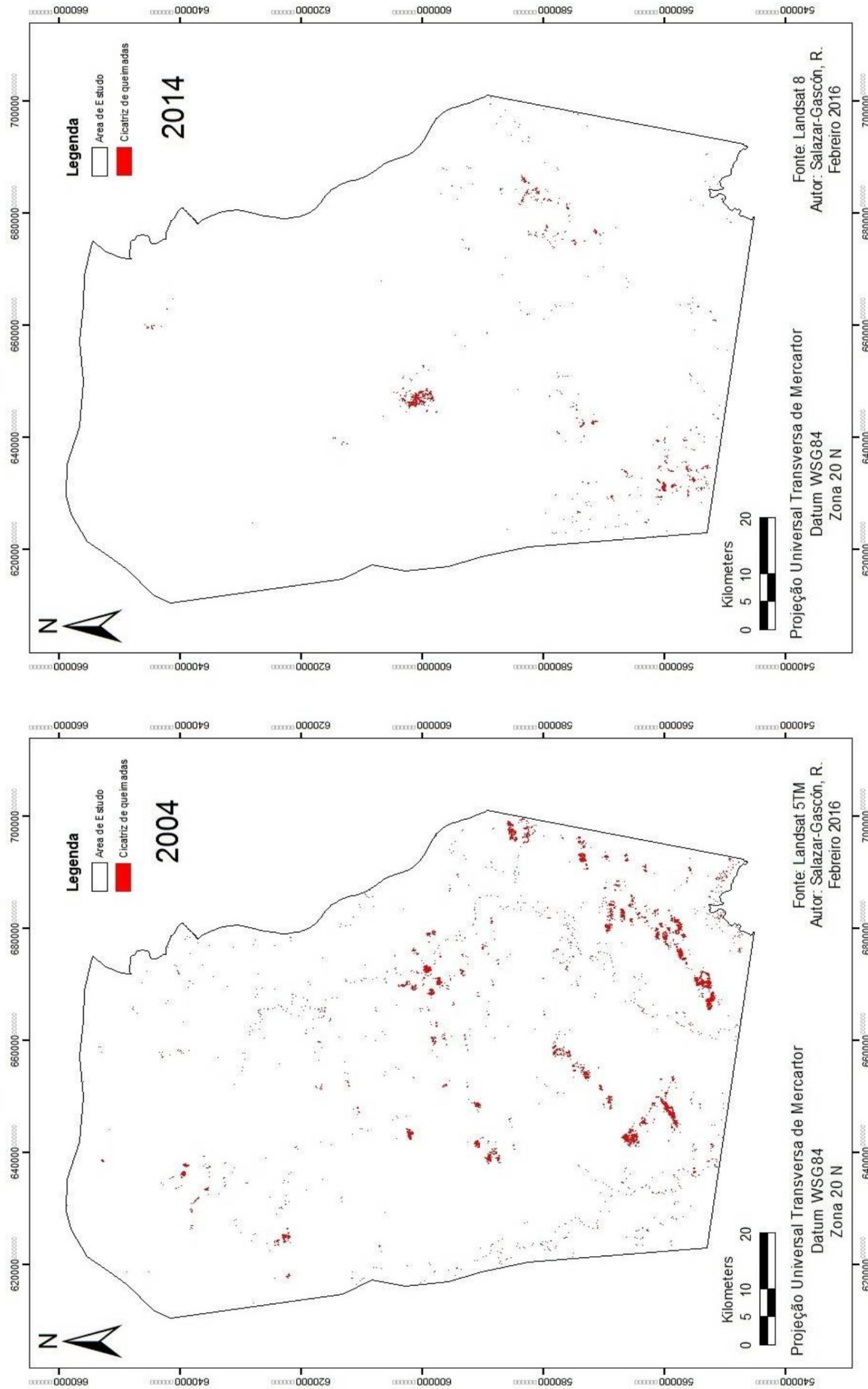
Figura 20: Distribuição dos focos de queimadas na área de estudo desde 2003



Fonte: Elaborado pela autora

Cicatriz de queimadas para ano 2004 e 2014

Gran Sabana-Parque Nacional Canaima-Venezuela

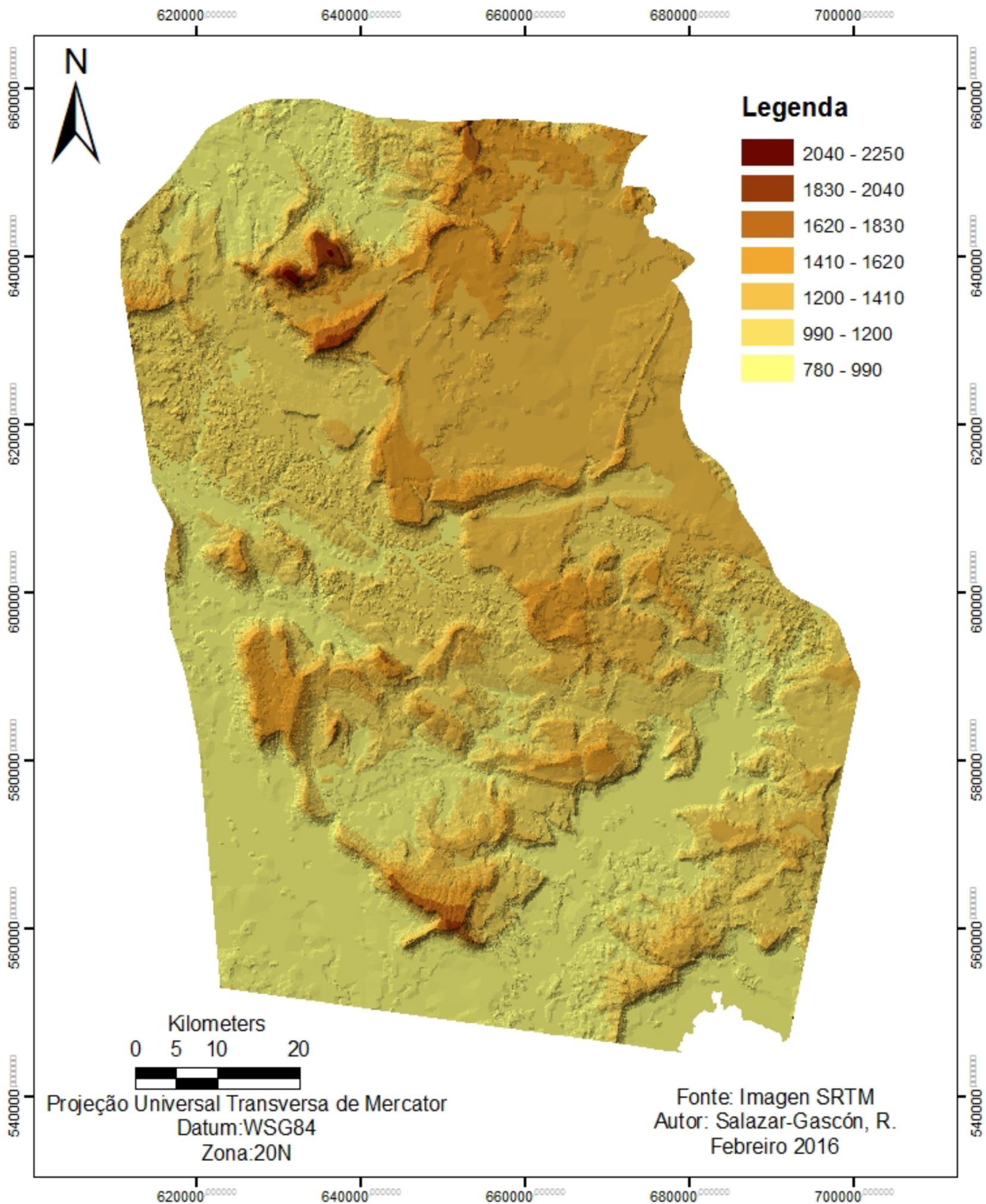


Fonte: Elaborado pela autora

Figura 21: Cicatriz de queimadas detectadas para área de estudo em 2004 e 2014

Figura 22: Modelo Digital de Elevação para área de estudo.

Relevo da Gran Sabana Parque Nacional Canaima-Venezuela



Fonte: Elaborado pela autora

4.2. COBERTURA DO SOLO

A partir da classificação não supervisionada se obteve as mudanças no uso da terra para a área de estudo, os quais se apresentam na Tabela VIII, destacando em 12, 3% a conversão de Mistos Herbáceas a Mistos Arbustivos, entre o ano 2010 e 2014 e 14,3% de Mistos Arbustivos a Mistos Arbóreas entre 2007 e 2009, o que implica num processo de recuperação em termos de sucessão da vegetação. Nessa ordem de ideias, observa-se um processo de degradação da vegetação quando 12,52% mudam de Mistos Arbóreas a Mistos Arbustivos entre 2003 e 2007, 5,6% de Arbóreas a Mistos Arbustivos entre 2007 e 2009 e 7, 11% de Arbóreas a Mistos Herbáceas desde 2009 até 2010. E, finalmente, um estado de conservação do estado original dos bosques quando 6,28% da vegetação arbórea se mantiveram arbórea entre 2007 e 2009.

Tabela VIII: % Área na Mudança do cobertura da terra

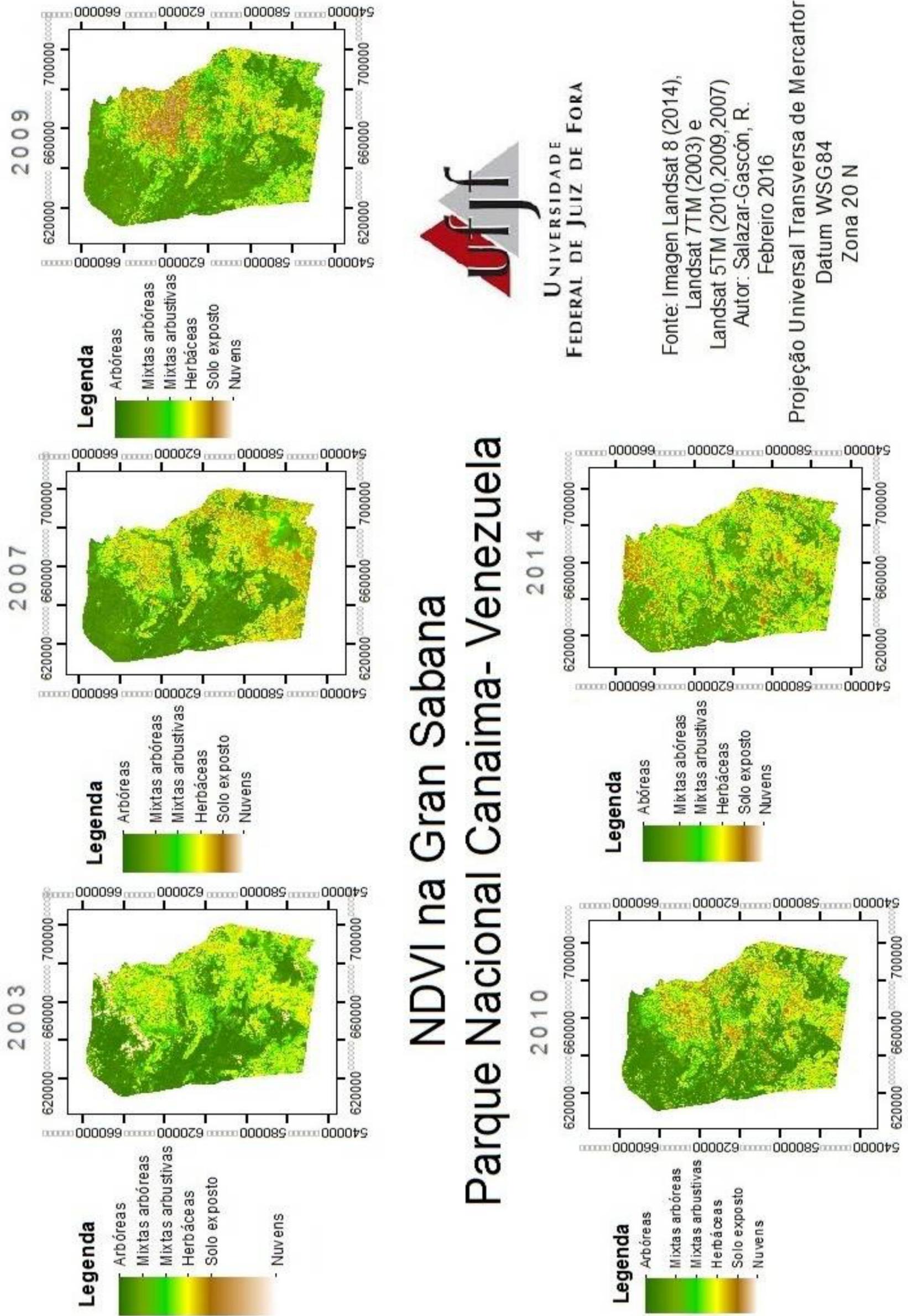
Classes	% Área			
	2003-2007	2007-2009	2009-2010	2010-2014
Arbóreas a Mistos Arbóreas	0.13%	1.23%	0.20%	0.03%
Arbóreas a Mistos Arbustivos	0.01%	5.61%	1.36%	0.05%
Arbóreas a Mistos Herbáceas		0.05%	7.11%	0.02%
Arbóreas a Nuvens		0.02%	1.00%	0.03%
Arbóreas a Sombra de nuvens		1.50%	1.03%	
Arbóreas a corpos de água	0.01%	4.81%	4.99%	0.10%
Arbóreas a Não classificado	0.03%	2.18%	2.75%	0.04%
Arbóreas a Arbóreas	0.01%	6.28%	0.02%	
Mistos Arbóreas a Arbóreas	1.56%		0.05%	1.40%
Mistos Arbóreas a Mistos Arbustivos	12.52%		1.88%	0.65%
Mistos Arbóreas a Mistos Herbáceas	1.54%		3.58%	0.39%
Mistos Arbóreas a Nuvens	0.06%		1.10%	1.71%
Mistos Arbóreas a Sombra de nuvens	0.24%		1.51%	0.21%
Mistos Arbóreas a corpos de água	0.99%		1.00%	0.57%
Mistos Arbóreas a Não classificado	3.78%	0.02%	9.45%	0.95%
Mistos Arbóreas a Mistos Arbóreas	0.00%	0.11%	3.32%	0.17%
Mistos Arbustivos a Arbóreas	2.16%	3.08%	0.05%	0.29%
Mistos Arbustivos a Mistos Arbóreas	0.00%	14.13%	0.08%	1.40%
Mistos Arbustivos a Mistos Herbáceas	1.02%	0.10%	3.71%	0.74%

Mistas Arbustivas a Nuvens	0.03%	1.78%	0.20%	1.71%
Mistas Arbustivas a Sombra de nuvens	0.08%	1.29%	0.90%	0.21%
Mistas Arbustivas a corpos de água	0.89%	1.48%	6.05%	0.57%
Mistas Arbustivas a Não classificado	1.51%	2.39%	1.77%	0.95%
Mistas Arbustivas a Mistas Arbustivas	2.45%	1.72%	1.32%	3.62%
Mistas Herbáceas a Arbóreas	0.90%	2.37%	0.03%	0.25%
Mistas Herbáceas a Mistas Arbóreas		1.33%	0.01%	2.56%
Mistas Herbáceas a Mistas Arbustivas	0.93%	1.56%	0.05%	12.73%
Mistas Herbáceas a Nuvens	0.01%	0.06%	0.03%	2.26%
Mistas Herbáceas a Sombra de nuvens	0.06%	0.65%	0.05%	0.28%
Mistas Herbáceas a corpos de água	0.55%	1.50%	0.10%	0.86%
Mistas Herbáceas a Não classificado	0.67%	1.00%	0.07%	3.38%
Mistas Herbáceas a Mistas Herbáceas	0.45%	0.04%	0.03%	1.38%
Nuvens a Arbóreas	4.63%	0.10%		0.04%
Nuvens a Mistas Arbóreas	0.01%	0.05%	0.10%	0.37%
Nuvens a Mistas Arbustivas	4.29%	0.06%	0.15%	1.69%
Nuvens a Mistas Herbáceas	2.29%		0.06%	0.35%
Nuvens a Sombra de nuvens	0.18%	0.02%	0.13%	0.03%
Nuvens a corpos de água	1.96%	0.04%	0.08%	0.20%
Nuvens a Não classificado	2.60%	0.03%	1.42%	0.55%
Nuvens a Nuvens	0.06%	0.01%	0.18%	0.47%
Sombra de nuvens a Arbóreas	0.10%	0.12%	0.02%	0.25%
Sombra de nuvens a Mistas Arbóreas		0.28%	0.16%	1.05%
Sombra de nuvens a Mistas Arbustivas	0.58%	0.12%	0.54%	2.01%
Sombra de nuvens a Mistas Herbáceas	0.12%	0.01%	1.08%	0.67%
Sombra de nuvens a Nuvens		0.02%	0.28%	1.03%
Sombra de nuvens a corpos de água	0.06%	0.10%	1.39%	0.59%
Sombra de nuvens a Não classificado	0.12%	0.09%	0.88%	0.67%
Sombra de nuvens a Sombra de nuvens	0.02%	0.06%	0.74%	0.09%
Não classificado a Arbóreas	2.38%	3.61%	0.07%	2.37%
Não classificado a Mistas Arbóreas	0.03%	3.49%	0.24%	1.49%
Não classificado a Mistas Arbustivas	7.31%	2.29%	0.76%	7.19%
Não classificado a Mistas Herbáceas	1.16%	0.12%	3.83%	1.70%
Não classificado a Nuvens	0.05%	0.16%	0.64%	2.97%
Não classificado a corpos de água	1.39%	1.76%	1.26%	0.96%
Não classificado a Sombra de nuvens	0.13%	0.74%	0.66%	0.23%
Não classificado a Não classificado	37.94%	30.40%	30.58%	33.49%
Total	100%	100%	100%	100%

Fonte: Elaborado pela autora a partir de imagens dos Satélites Landsat 7TM (2003), Landsat 5TM (2007,2009 e 2010) Landsat 8 (2014).

Assim, também temos que a distribuição de focos de queimadas coincide com a cercania aos centros populacionais e as regiões identificadas como zonas de vida “herbáceas” e “mistas arbustivas” na Figura 16. No entanto, a partir da análise do NDVI que se mostram na Figura 23, se evidencia a degradação da vegetação em detrimento dos sistemas arbóreos e favorecimento aos sistemas mistos e herbáceos.

Figura 23: Índice Normalizado da Vegetação (NDVI) estimado para a área de estudo.



Fonte: Elaborado pela autora

NDVI na Gran Sabana Parque Nacional Canaima- Venezuela



UNIVERSIDADE
FEDERAL DE JUIZ DE FORA

Fonte: Imagem Landsat 8 (2014),
Landsat 7TM (2003) e
Landsat 5TM (2010,2009,2007)
Autor: Salazar-Gascón, R.
Febrero 2016

Projeção Universal Transversa de Mercator
Datum WSG84
Zona 20 N

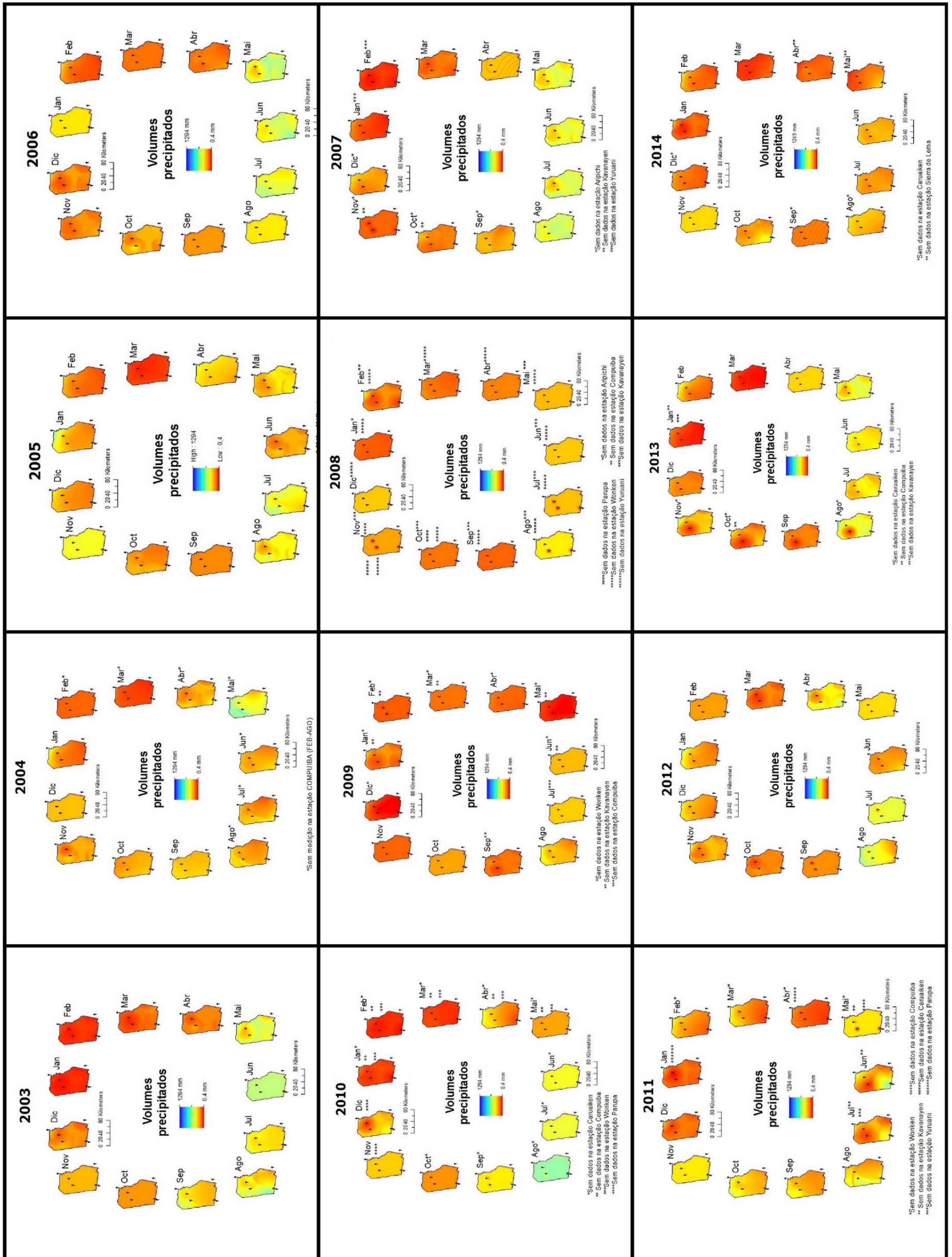
4.3. DISTRIBUIÇÃO ESPAÇO-TEMPORAL DAS CHUVAS

A distribuição espacial das chuvas para a série temporal de interesse na área de estudo se mostra na Figura 24 e ressalta que a quantidade de meses com secas mais intensas, de 2 até 3 meses contínuos, são observadas no período que abrange os anos entre 2003 e 2007, apresentando -se no mês de janeiro de 2006 uma condição anômala na série em questão com valores um pouco mais elevados de precipitação aos esperados nesse período. No ano 2008 apresentou-se um ligeiro déficit na quantidade de precipitações no período chuvoso e um ligeiro aumento nas precipitações durante os períodos de secas, tornando esse ano mais ou menos balanceado em relação ao período anterior.

No entanto, para o ano 2009 o período de secas com precipitações um pouco acima do esperado se estendeu até o mês de maio com uma seca intensa, logo o déficit de precipitação foi menos intenso e mais constante ao longo da temporada de chuvas desse ano, apresentando outro intenso déficit no mês de dezembro, o qual se estendeu até o mês de março do ano 2010.

A partir de abril do ano 2010 observou-se chuvas intensas com aumento significativo de chuvas no mês de agosto de 2010 que se estendeu em menor grau até dezembro desse ano. Logo, de janeiro de 2011 até dezembro de 2012 se estabeleceram padrões de precipitações com características similares as apresentadas no ano 2008, com períodos de seca um pouco mais úmida e períodos de chuvas um pouco mais secos. Esse mesmo padrão se evidência no ano 2014, e em menor grau no ano 2013 que apresentou os meses de janeiro e março como intensas secas.

Figura 24: Pluviosidade mensal desde 2003-2014 na área de estudo.



Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados de pluviosidade mensais fornecidos por CORPOELEC.

4.4. ANOMALÍAS CLIMÁTICAS

As anomalias nas TSM no Pacífico nas regiões do El Niño 1+2, Niño 3, Niño 4 e Niño 3+4 foram usadas para avaliar o ENOS, e as anomalias na TSM do NAO para avaliar a AMO e se apresentam na Figura 25. Nota-se que o pico mais elevado das anomalias no Atlântico aconteceu no ano 2011 e 2012, apresentando uma amplitude maior entre meados de 2007 e início de 2010, com amplitudes menos fortes a partir do ano 2011 de maior variabilidade.

Por sua parte, a região do El Niño 1+2, apresenta uma maior variabilidade com maior frequência de aquecimento positivo entre 2002 e 2006, com quedas significativas no ano 2007 e nos meses finais de 2010.

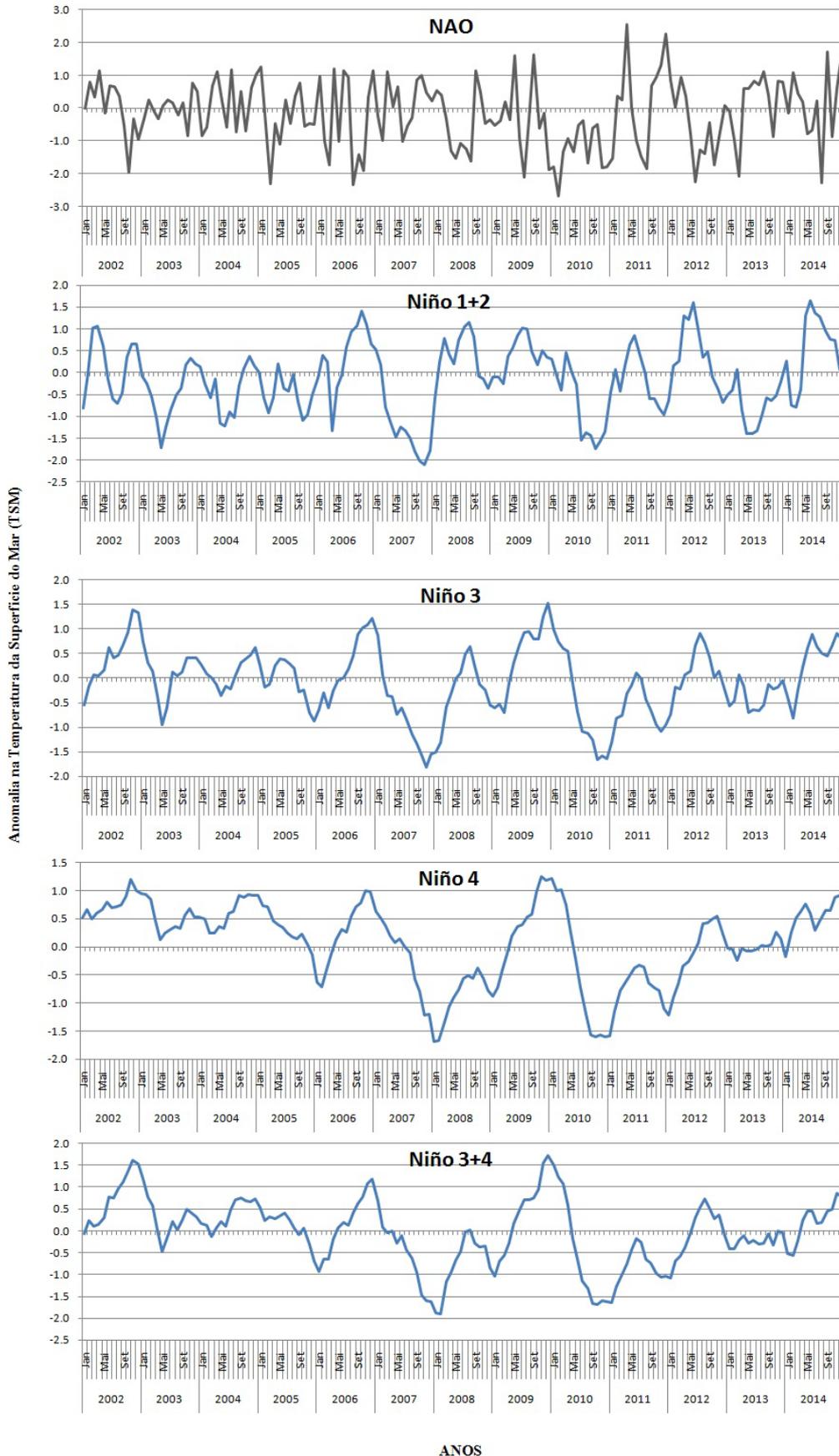
No entanto, as regiões do El Niño 3, Niño 4 e Niño 3+4, apresentam fases de aquecimentos com menor variabilidade e maior amplitude ao longo da série temporal estudada, destacando o período entre os meses finais de 2002 até o início de 2008 com anomalias positivas na TSM com fases de resfriamento menos intensas. Destaca-se também a partir do ano 2011 um aumento nas anomalias de forma gradual até dezembro de 2014.

4.5. CORRELAÇÕES

A partir dos dados de pluviosidade para cada estação se avaliou a relação entre as anomalias apresentadas com a quantidade de chuvas acontecidas na área de estudo, diante ao coeficiente de correlação de Pearson (r) que se apresenta na Figura 26.

Neste destaca-se a existência de uma correlação fraca negativa em todas as estações e a região do El Niño 1+2 no Pacífico, o que implica que uma anomalia positiva (aquecimento) desta zona provocaria uma diminuição na quantidade de pluviosidade na área de estudo.

Figura 25: Anomalias na TSM (Temperatura na Superfície do Mar) para estimação do ENOS (região El Niño 1+2, Niño 3, Niño 4 e Niño 3+4) e AMO (Região do Oceano Atlântico Norte -NAO pelas siglas em inglês) desde 2002 até 2014.



Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados do *Clima Prediction Center do National Weather Service*

Assim, um aquecimento na região do El Niño 4, apresenta uma correlação fraca positiva na área de estudo, o que se traduz em que um aumento nas TSM nesta área, o que acarretará também em um aumento da pluviosidade nessa área .

Por sua parte, as áreas de menor elevação que se encontram nas zonas de vales, apresentam uma correlação ínfima negativa com a oscilação das temperaturas no Atlântico Norte; porém, as regiões de maior elevação, como se apresentam na Figura 25, indicam uma relação ínfima positiva com estas anomalias.

Na tabela IX estão apresentados os Coeficientes de correlação de Pearson aplicado às anomalias climáticas e a quantidade de incêndios reportados na série de interesse na área de estudo. A partir dela se obteve uma correlação fraca positiva em relação aos fenômenos do El Niño 4, ínfima positiva em relação ao El Niño 3 e El Niño 3+4, é dizer ao aumento (diminuição) destas anomalias maior (menor) número de focos de calor podem acontecer na área de estudo. No entanto, para o fenômeno AMO e o El Niño 1+2 se obteve uma correlação ínfima negativa que implica que uma maior (menor) anomalia nas TSM do Atlântico Norte o que reflete em uma diminuição (aumento) na quantidade de focos de calor detectados pelos satélites.

Tabela IX: Coeficiente de Pearson (r) entre a frequência de focos de queimadas e anomalias climáticas

Anomalia	Coeficiente de Pearson (r) e sua relação com os incêndios	
Niño 1+2	-0.06	Ínfima negativa
Niño 3	0.07	Ínfima positiva
Niño 4	0.12	Fraca positiva
Niño 3+4	0.04	Ínfima positiva
NOA	-0.08	Ínfima negativa

Fonte: Elaborado pela autora a partir dos dados do *Clima Prediction Center do National Weather Service* e Satélite NOAA series 12, 14, 15, 16, 17 e 18.

Coeficiente de Pearson (r) estimado para cada estação Gran Sabana-Parque Nacional Canaima-Venezuela

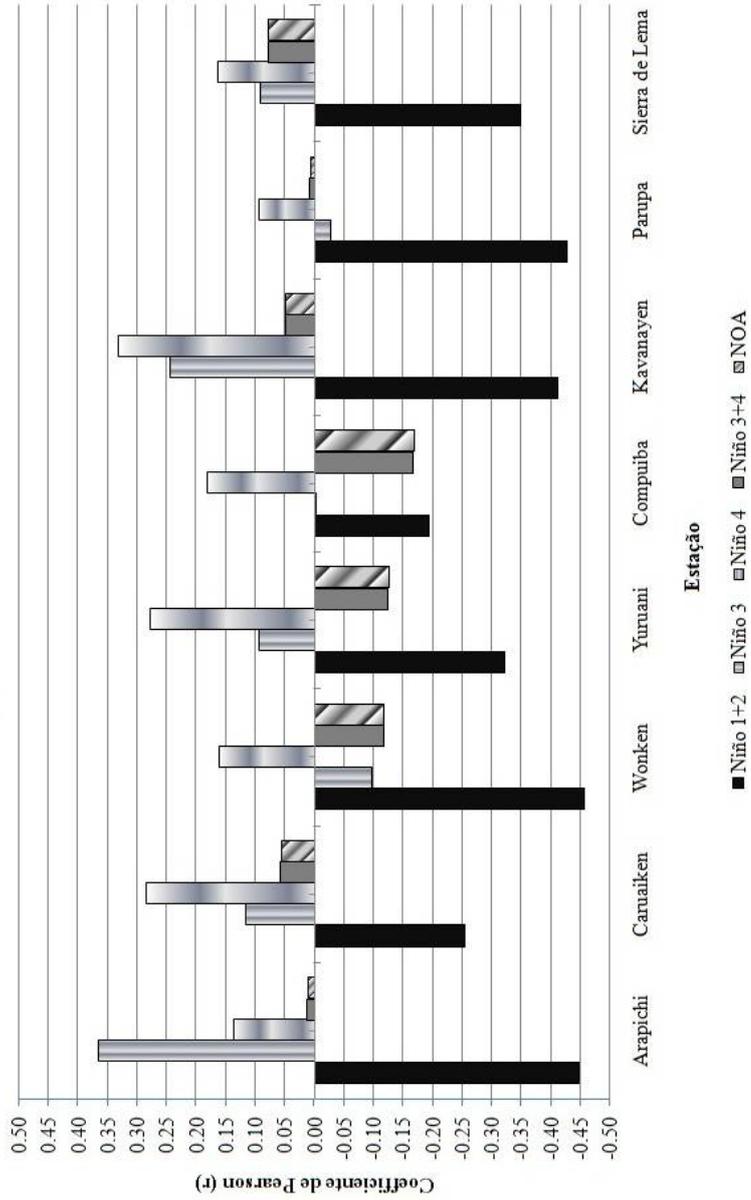
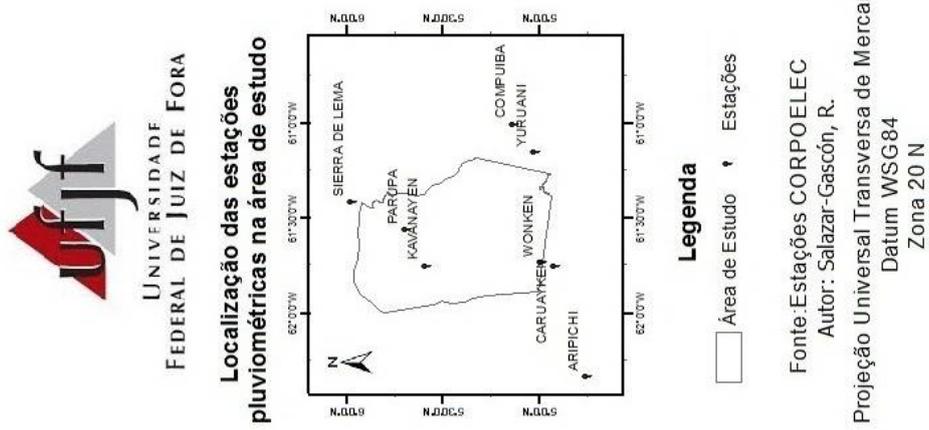


Figura 26: Coeficiente de Pearson (r) em cada estação utilizada para avaliar a influência das anomalias ENOS (região do El Niño 1+2, Niño 3, Niño 4, Niño 3+4) e AMO (NOA) na área de estudo.



5. DISCUSSÃO

O clima no norte da América do Sul, além de se encontrar influenciado pela orografia, os processos que acontecem no continente e as interações entre o continente e o mar, também se encontram influenciados pelos oceanos através dos efeitos que originam ao nível da atmosfera (MARTELO, 2004, NURMOHAMED et al., 2006; POVEDA et al., 2006)

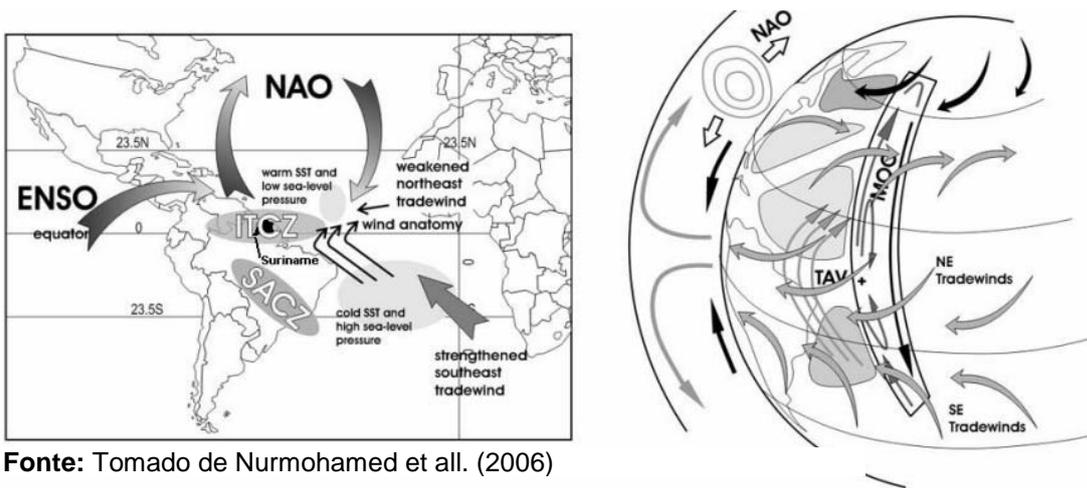
Assim, as anomalias nas TSM dos Oceanos Pacífico e Atlântico equatorial afetam os regimes de precipitação na Amazônia (DEBORTOLLI, 2014; GRIMM et al., S/F; NOBRE et al., 2006; POVEDA et al., 2006). Nobre et al. (2013) aponta que esta região se encontra influenciada pela presença de um dipolo nas temperaturas do atlântico tropical, e segundo Nurmohamed et al. (2006), Martelo (2004), Nobre et al. (2013) e Debortolli (2014) principalmente pelo aquecimento nas TSM do Atlântico Tropical Norte. No caso do Oceano Pacífico equatorial os autores afirmam que a influência do aquecimento das TSM promove a extensão dos períodos de secas na região Amazônica (GRIMM et al., S/F; CÁRDENAS et al., 2002; FISCH et al., 1998; MARTELO, 2004; NURMOHAMED et al., 2006; POVEDA et al., 2006; PAOLINI et al., 2012; NOBRE et al., 2013; DEBORTOLLI, 2014).

Na figura 27 observa-se como o ENOS e AMO influenciam, nas circulações Walker, Hadley, e a ZCIT sob o Atlântico equatorial.

Como já foi explicitado na seção da revisão bibliográfica (Seção 2.3), o El Niño em sua fase positiva -ENOS em fase quente- vem acompanhado do enfraquecimento na intensidade dos ventos alísios do nordeste, influenciando assim a célula de Walker no Pacífico equatorial, provocando um deslocamento das zonas de subsidência, produto de uma inversão no campo de pressão no Pacífico Central, que desloca o ramo descendente da célula de Walker sobre a Amazônia, inibindo a formação de nuvens diante atividades convectivas (FISCH et al., 1998, CÁRDENAS et al., 2002; POVEDA et al., 2006; OBREGÓN, 2013).

O AMO, por sua parte (Seção 2.3), gera perturbações na célula de Hadley, diminuindo a intensidade dos ventos alísios que reduzem a quantidade de massas de ar úmidas provenientes do Atlântico e promovem ao deslocamento da ZCIT, fora de sua posição média (FISCH et al., 1998; FERNANSIDE, 2006; NOBRE et al., 2006 ;NOBRE et al., 2013). Segundo Rojas e Alfaro (2000) o aquecimento (esfriamento) das TSM no Atlântico Equatorial Norte promove ao deslocamento tardio (cedo) da ZCIT que pode retardar (adiantar) o início da época de chuva na Venezuela.

Figura 27: Esquema da influência do ENSO do Pacífico (circulação de Walker e circulação de Hadley) e AMO/NAO (diante a circulação Hadley) son a TSM equatorial.



Fonte: Tomado de Nurmohamed et al. (2006)

Nessa ordem de idéias, temos que as anomalias do Pacífico nas regiões do El Niño 1+2, El Niño 4 (Figura 24) apresentam correlações fracas (Figura 25), com intensidade similar, mas com sentidos diferentes sobre a região em termos da capacidade de modelar as precipitações, pois enquanto se aquece as TSM na região do El Niño 1+2 de certa forma se encontram inibidos os processos de convecção que produzem precipitações na região. No entanto, quando são aquecidas as TSM do Pacífico na região do El Niño 4, provavelmente se promova em certo grau aos movimentos convectivos que geram um incremento nas precipitações da área de estudo. Pode-se acrescentar com os resultados obtidos que a Célula de Walker provavelmente apresenta um deslocamento longitudinal segundo a fase de maior influência do El Niño, o que promove diferentes expressões na quantidade de precipitação nesta região.

Em contrapartida, quando se apresentam aquecimentos nas TSM do Pacífico na região do El Niño 1+2 em sincronia com aquecimentos no Atlântico Equatorial Norte, se vê favorecida a influência do Atlântico e, segundo Rojas e Alfaro (2000), este se potencia nas épocas de chuvas em Venezuela tal como aconteceu no ano 2006 (Figura 24). Neste caso, o deslocamento da ZCIT ao norte de sua posição na costa próxima ao continente sul Americano refletiu no aumento dos níveis de precipitação em janeiro desse ano, um período que tradicionalmente se caracteriza por apresentar secas, fato que foi promovido pelo dipolo tropical Atlântico que afeta a célula de Hadley (Figura 23; Climanalise, 2006).

Assim também aconteceu em agosto do ano 2010, com a diferença que o Pacífico equatorial teve uma anomalia ENOS em sua fase fria -La Niña- junto com um aquecimento do Atlântico Tropical Norte (Climanalise, 2010), este evento se apresentou na temporada de chuvas na região, fato que favoreceu a geração de grandes volumes de pluviosidade (Figura 23; Rojas e Alfaro, 2000).

Poveda et all. (2006) apontam que a variabilidade nas precipitações ao norte do América do Sul, e na Venezuela, particularmente, é muito complexa pela geografia da região. Segundo Nobre et all. (2013) a principal fonte de umidade na Região Amazônica se encontra no Oceano Atlântico, diante um fluxo persistente do norte na maior parte do ano. Sendo que na Venezuela os períodos de chuvas e secas se encontram modulados principalmente pelo posicionamento da ZCIT (ROJAS E ALFARO, 2000).

Todos estes resultados correspondem com produtos obtidas nesta região segundo o trabalho de Chen et all. (2011). Eles apresentaram um modelo preditivo de incêndios em América do Sul, que foram comparados com resultados MODIS, de acordo com as inter-relações das anomalias das TSM no Atlântico e o Pacífico equatorial no ano 2001 até o ano 2010. Eles assinalam que os anos 2004, 2005 e 2007 apresentarem elevados valores de AMO e ONI (índice de oscilação do El Niño) e grande quantidade de incêndios durante os períodos de janeiro até março, tanto que no ano 2009, tanto AMO quanto ONI tiveram valores negativos que diminuiriam a quantidade de incêndios.

Esse padrão foi também observado nos resultados obtidos no presente trabalho, como se mostra na figura 16 e especialmente no aporte de focos de

calor durante serie temporal figura 18. Porém, se apresentam diferenças no comportamento na quantidade de incêndios reportados para o ano 2010, onde se reportam baixos valores na quantidade de incêndios tanto no período de seca quanto de chuvas na região de estudo (Figura 17). No entanto, esta diferença se deve a que o ano 2010 apresentou uma grande quantidade de focos de calor na região centro sul de América do sul, já que a região norte se encontrou influenciada pelas chuvas produto da ubiquação anômala da ZCIT nessa área, como foi descrito anteriormente, que é explicado pelas correlações apresentadas na tabela IX.

Bilbao et all. (2010) reportam que as queimadas na GS são altamente variáveis e acontecem em uma condição de clima e material combustível específica nos sistemas dominados pelas savanas. Já que durante 31 queimas experimentais obteve-se 82% de variação na intensidade das queimadas e 40% de variabilidade na eficiência delas. Sendo que a velocidade do vento a relação vivo/morto da biomassa das plantas e o material combustível fino são os principais fatores que modulam no comportamento do fogo, os quais apresentam eficiências das queimadas que variam num 8-31%. Assim também Bilbao et all. (2009) reportam que depois do primeiro ano após uma queimada se restabelecem apenas o 40% da cobertura original.

A partir desta premissa, durante o ano 2010 podem ter ocorrido vários focos de queimadas, mas estes podem não ter sido detectados na escala trabalhada dos sensores remotos. Flores e Dezzeo (2005) investigaram chuva de sementes nos principais ecossistemas da GS, explicaram que a chuva de sementes em sistemas arbóreos é muito baixa e variável, sendo que os sistemas arbóreos que se encontram afetados por eventos de fogo apresentaram um maior número de sementes com picos em outubro, que corresponde a épocas de pequenos verões e sem produção de sementes entre novembro e janeiro ou verão de maior intensidade.

A partir daqui se compreende que as maiores porcentagens de processos de recuperação em termos de sucessão da vegetação (Tabela VIII) aconteceram logo que tenham culminados os períodos de secas intensas, pois processos de verão extensos em tempo diminuem a produção de sementes em sistemas predominantemente arbóreos e arbóreos mistos.

Nas análises do NDVI, a elevada expressão de sistemas herbáceos no ano 2003 (Figura 22) explica-se porque as maiores produções de sementes neles acontecem no mês de fevereiro que, segundo Flores e Dezzeo (2005), é o mês mais seco do ano na região. Assim, os sistemas herbáceos também se encontram favorecidos para a germinação daquelas sementes, em períodos que apresentam alta quantidade de incêndios, como os reportados no primeiro mês do ano 2003 (Figura 17).

Flores e Dezzeo (2005) também apontam que a vegetação arbustiva de porte baixo, afetada pelo fogo, apresenta uma chuva de sementes elevada que expressa seus maiores valores entre março e maio, período de início das chuvas, eles acrescentam que as elevadas taxas de produção se devem ao caráter pioneiro das espécies que dominam esse tipo de comunidades.

Logo, por estas características se explica os processos de possível regeneração encontrados em porcentagens em torno de 12% da área de estudo nas comunidades mistas arbustivas neste trabalho (Tabela VIII).

Nos sistemas herbáceos dominados por savanas Flores e Dezzeo (2005) destacam que a chuvas de sementes apenas ligeiramente superiores aquele dos sistemas arbóreos, tendo sua produção máxima no mês de fevereiro, considerada a época onde as secas são mais fortes. Segundo Ramirez (2006) perturbações nos sistemas herbáceos pelo fogo parecem acelerar os processos de germinação de sementes da GS.

Os eventos de fogo promovem germinação de sementes dos sistemas herbáceos, sendo que a maior produção de sementes se encontra favorecida em épocas de secas prolongadas ou extremas, como os apresentados durante os anos 2003, 2004, 2005, 2007 promovidos pelo efeito do ENOS, em sua fase quente, El Niño, que se refletem no NDVI do ano 2003. No entanto, nos anos de 2009 a 2014 se encontram favorecidos o desenvolvimento de sistemas arbustivos, pela presença das chuvas após 2009, e ausência de prolongados períodos de secas.

É importante ressaltar neste ponto que períodos de secas extremos ou atípicos favorecem a entrada do fogo nos sistemas dominados pelos bosques, já que 73% deles se originam em áreas de savanas (FÖLSTER E DEZZEO, 1994; BILBAO et al., 2009).

Dezzeo et all. (2004) apontam que períodos de secas excepcionais podem causar a morte natural de árvores e formação de clareiras no bosque, mesmo na ausência de fogo. Isso acontece pelo enraizamento superficial dos sistemas arbóreos, produto de sua adaptação a condições oligotróficas e acidez dos solos que são antigos e tem sido submetido a intensos processos de intemperismo (FÖLSTER E DEZZEO, 1994). Em consequência, estes sistemas se tornam pouco tolerante ante ao stress hídrico (produto de secas prolongadas) e a ocorrência de incêndios locais, provocando mudanças irreversíveis na vegetação, já que as plantas não conseguiriam alcançar os recursos hídricos no subsolo, quando necessário, outorgando uma baixa capacidade de resiliência ante aos déficits nos regimes de precipitação (DEZZEO et all., 1997).

É importante ressaltar que na GS, muitas queimadas que conseguem adentrar nos sistemas arbóreos é fogo de tipo rastejante (LEAL, 2010). Os quais podem não ser detectados pelos satélites. No entanto, segundo Bilbao (comunicação pessoal) a detecção destas queimadas são percebidas logo com a presença de árvores mortas em pé ou “bosques fantasmas” dentro da matriz arbórea.

Nos cálculos do NDVI (Figura 22) na série temporal de estudo nota-se um decréscimo nas áreas dominadas pelos sistemas arbóreos. Que podem ter sido influenciados pelas secas e incêndios acontecidos em tempos pretéritos.

Rodriguez (2004) e Rodriguez e Sletto (2009) apontam o homem como o principal responsável pelos incêndios.

Em consequência, a distribuição dos focos de queimadas (Figura 19) se explica pela proximidade aos principais centros populacionais assentados na região (Figura 11).

Nessa ordem de ideias, as mudanças nas práticas culturais do uso do fogo reportadas por Rodriguez et all. (2004) e Bilbao et all. (2010), podem se refletir em mudanças nos padrões das cicatrizes de queimadas (Figura 20). Passando de um uso do fogo primordialmente agrícola, que são identificados por uma distribuição ao longo dos cursos dos rios como se apresenta no ano 2004, percepção que pode ser apoiada no trabalho de Flantua (2013), a qual aponta que para o estabelecimento dos “conucos” ou parcelas agrícolas para

semear produtos de rápido crescimento, é indispensável, segundo os requerimentos das populações locais, a proximidade de algum curso de água.

Porém, Flantua (2008) como parte de sua pesquisa identificou e calculou os padrões de distribuição de mineração dentro e fora do PNC, com o qual se podem comparar as cicatrizes de queimadas obtidas neste estudo (Figura 20).

Finalmente, Carcaillet et al. (2001) propõe que a vegetação não controla os regimes de fogo em longo prazo, apontando o clima como principal fator determinante na ativação de produção do fogo diante do aumento na frequência de secas. Leal (2010) aponta que existem padrões ao nível local que modulam esses regimes e que são independentes dos fatores antrópicos e macroclimáticos regionais.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

Do exposto anteriormente pode se concluir que a severidade e frequências das queimadas na Gran Sabana são um processo multifatorial e multiescalar que acontecem como produto da sincronia de fatores ecossistêmicos (vegetação), sociais (proximidade aos centros populacionais) e climáticos (ENOS e AMO).

As anomalias nas TSM do Atlântico Equatorial Norte (AMO-ANTOR) quando acontecem em sua fase quente afetam a ubiquação da ZCIT, alterando o padrão de circulação da célula de Hadley e promovendo desta forma a ocorrência de processos convectivos na GS, incrementando as precipitações na área de estudo, sendo que estas relações são muito ínfimas.

As anomalias nas TSM do Pacífico Equatorial (ENSO) quando acontece em sua fase positiva El Niño (fases 1+2, 3, 4 3+4) afeta ínfimamente as alterações nos padrões de circulação da Célula de Walker, inibindo os processos de subsidência, gerando um déficit na pluviosidade, refletindo na extensão dos períodos de secas na área de estudo.

As anomalias nas TSM do Pacífico Equatorial (ENSO) quando acontece em sua fase negativa, La Niña, promove ínfimamente a ocorrência dos processos de subsidência gerando um incremento na pluviosidade da área de estudo.

Quando acontecem simultaneamente anomalias Positivas no AMO e anomalias negativas no ENOS, os processos convectivos se potencializam um pouco, gerando maiores volumes de precipitação na área de estudo.

Quando acontecem simultaneamente anomalias Positivas no AMO e ENOS, se vê favorecida o AMO, gerando um deslocamento anômalo da ZCIT, afetando o começo das estações de seca ou chuvas na área de estudo.

As secas prolongadas, produto das anomalias climáticas El Niño, contribuem na degradação dos sistemas arbóreos, na expansão dos sistemas herbáceos e no incremento da frequência de queimadas.

A distribuição das cicatrizes de queimadas se encontram associadas às mudanças nos padrões culturais de subsistência das populacionais locais, mais que pelas anomalias climáticas.

As chuvas intensas, produto das anomalias climáticas AMO, La Niña, ou ambas, contribuem na expansão dos sistemas arbustivos, e em menor grau a recuperação dos sistemas arbóreos mistos e arbóreos.

As ferramentas de sensoriamento remoto podem fornecer informações importantes na compressão dos sistemas ao nível macroclimático. No entanto, existe uma série de fatores ao nível local que modulam os fatores que podem promover ou não uma queimada extensa.

Recomenda-se fazer monitorias em campo para verificar as respostas espectrais obtidas nos análises NDVI, uso da terra, e cicatriz de queimadas para dar maior robustez aos resultados apresentados nesta pesquisa.

Recomenda-se utilizar o índice ONI e AMO em uma análise de mais de 30, segmentando os períodos de secas e chuvas para avaliar as variâncias entre eles e suas correlações nos níveis de precipitação na área de estudo.

Este tipo de pesquisa pode contribuir na geração de modelos mais precisos que sirvam como ferramenta de predição para os gestores do PNC. E assim, gerar políticas e ações em prol da conservação desta importante área protegida, assim como o uso eficiente dos recursos ambientais por parte das comunidades locais que geram o menor impacto possível no PNC e conseqüentemente na geração de energia hidroelétrica na Venezuela.

7. BIBLIOGRAFÍA

ABLAN, M., DÁVILA, M., HOEGER, H.; RAMOS, A., RIVAS, E.; ZERPA, F. Modelling Fire Risk: The Upper Caroni Watershed Case. **Proceedings of the VI ASTED International Conference on Modelling, Simulation and Optimization**. 6p. 2005.

ARAGUAYÁN, R. C. VELÁSQUEZ. Evidencias de variabilidade y cambio climático em Venezuela. **Servicio de Meteorología de la aviación Militar Bolivariana**. 12p. .s/f.

BARUCH, Z. Vegetation-environment relationships and classification of the seasonal savannas in Venezuela. **Flora** (200). 49-64pp. 2005.

BATISTA, A. C. Mapas de Risco: uma alternativa para o planejamento de controle de incêndios florestais. Curitiba: **Revista Floresta**. 30:.45-54pp.2000.

BATISTA, A. C. & SOARES R. V. Manual de Prevenção e Combate a Incêndios Florestais. **FUPEF**. 1997.

BILBAO, B.; LEAL, A. e MENDEZ, C. Indigenous use of fire and forest loss in Canaima National Park, Venezuela. Assessment and tools for alternative strategies of fires management in Pemón indigenous land. **Human Ecology**. 80p. 2010.

BILBAO, B.; LEAL, A.; MENDEZ, C.; DELGADO-CARTAY, M.D. 16: The role of fire in the vegetation dynamics of upland savannas of the Venezuelan Guayana. In: COCHRANE, M.(org.). **Tropical Fire: Climate change, land use, and ecosystem dynamics**. Chichester: Praxis Publishinhing. 451-480 pp. 2009

BORMA, L. D.S e NOBRE, C. A.(org.). **Secas na Amazônia: Causas e consequências**. São Paulo: Oficina de Textos. 367pp. 2013.

BRICEÑO, H. O. e SCHUBERT, C. Geomorphology of the Gran Sabana, Guayana Shield, southeastern Venezuela. **Geomorphology** Vol. 3: 125-141pp. 1990.

CALVALCANTI, I.F. De Albuquerque; Ferreira, N.J.; Da Silva, M. G. Alvarez; Da Silva Dias, M. A. Faus (orgs.). Tempo e Clima no Brasil. São Paulo: **Oficina de textos**, 2009.

CARCAILLET, C.; BERGERON, Y.; RICHARD, P.; FRÉCHETTE, B.; GAUTHIER, S. Y PRAIRIE, Y. Change of fire frequency in the eastern Canadian boreal forest during the Holocene: does vegetation composition or climate trigger the fire regime?. **Journal of Ecology**. Vol. 89: 930-941 pp. 2001.

CARDENAS, P; GARCÍA, L.F E GIL, A. Impactos de los eventos El Niño-Oscilación del sur em Venezuela. Caracas: **Cooperación Andina de Fomento (CAF)**, 131pp. 2002.

CHEN, Y.; RANDERSON, J. T.; MORTON, D. C.; DE FRIES, R.S.; COLLATZ, G. J.; KASIBHATLA, P. S.; GIGLIO, L.; JIN, Y. e MARLIER, M. E. Forecasting fire season severity in South America using sea surface temperature anomalies. **Science**. Vol.: 334. 2011.

CHRISTOFFEL, H. M. Informe definitivo sobre los suelos y posibilidades agrícolas en la Gran Sabana. In Aguerrevere, S.E.; Lopez, V.; Delgado C. e Freeman C. (eds.). **Exploracion e la Gran Sabana**. Revista de Fomento 3: 596–631 pp.1939.

COCHRANE, M. **Tropical Fire: Climate change, land use, and ecosystem dynamics**. Chichester: Praxis Publishinhing. 497pp. 2009.

C.V.G. ELECTRIFICACIÓN DEL CARONÍ, EDELCA. Diagnóstico y Caracterización de La Cuenca. Consorcio integral-Tecnoconsult-Palmaven. Capítulo 8. 62 pp. 2001.

DE CARVALHO NETO, G.; NOGUEIRA, J.M.P; COELHO, G. L. N; MORENO, L.P. e DELFINO BARBOSA, J.P.R.A. Aplicação de produtos globais de

sensoriamento remoto para estudo do regime de queimadas em diferentes escalas espaciais na América do Sul. **Anais XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Curitiba. 3142-3149 p. 2011.

DEBORTOLI, N. A Amazônia sujeita a secas. Dry Amazonia. Brasília: **Sustentabilidade em debate**. Vol. 5. Nº:1: 174-178 pp. 2014.

DELGADO, L.; CASTELLANOS, H. Y RODRIGUEZ, M. Capítulo 2: Vegetación del Parque Nacional Canaima. In: SEÑARIS, J.C.; LEW, D. E LASSO, C. (Editores) **Biodiversidad del Parque Nacional Canaima. Bases técnicas para la conservación de la Guayana Venezolana**. Caracas: Fundación La Salle de Ciencias Naturales y The Nature conservancy. 39- 73pp 2009.

DEPPE, F.; PAULA, E. V.; PRATES, J. E. Monitoramento de incêndios e do estado da vegetação através da utilização de imagens NOAA/AVHRR. INPE. Belo Horizonte, **SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO**. Vol.: 11: 453-460pp. 2003.

DEZZEO, N. e FÖLSTER, H. Los suelos. In: DEZZEO, N (ed.). **Ecología de la altiplanicie de la Gran Sabana I (Guayana Venezolana)**. Scientia Guaianae Nº 4.1-24pp. 1994.

DEZZEO, N; FÖLSTER, H. e HERNÁNDEZ, L. El fuego en la Gran Sabana. **Interciencia**. Vol 29. 2004.

EDELCA. La cuenca del Río Caroní. Una visión en cifras. **CORPOELEC- Electrificación del Caroní (EDELCA)** 263 p. 2008.

EDEN, M. Paleoclimatic influences and the development of savanna in southern Venezuela. **Journal of Biogeography**, Vol.1: 95-109pp. 1974.

ELCORO, S. e VERA, N. **Estudio de rastrojos en áreas con altas concentraciones de población en Kavanayén, la Gran Sabana Estado Bolívar**. 68 pp Monografía. (Bacherolado em Ciências forestales). **Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela..** 1986.

FEARNSIDE, P. Desmatamento na Amazônia: dinâmica, impactos e controle. **Acta Amazonica**. Vol. Nº36. 395-400 pp. 2006.

FISCH, G.; MARENGO, J.; NOBRE, C.A. Uma revisão geral sobre o clima da Amazônia. **Acta Amazonica**. Vol. Nº28. 101-126 pp. 1998.

FLANTUA, S. G. A. Land use and Land-cover changes in the Sector II. Kamarata The National Park Canaima, Venezuela. Master Project Biological Sciences. **University of Amsterdam, Netherlands. Universidad Simón Bolívar, Venezuela. Univesity of Leicester, United Kingdom**. 2008.

FLORES, S. e DEZZEO, N. Variaciones temporales em cantidad de semillas em El suelo y em La lluvia de semillas em um gradiente bosque-sabana em La Gran Sabana, Venezuela. **Interciencia**. Vol.:30:1. 39-43pp.2005.

FÖLSTER, H. Y DEZZEO, N. La degradación de la vegetación. In: DEZZEO, N (ed.). Ecología de la altiplanicie de la Gran Sabana (Guayana Venezolana) I. **Scientia Guaianae**, Nº 4: 145-186 pp. 1994.

GÓMEZ, E., PICÓN, G.; BILBAO, B. Los incendios forestales em Iberoamérica. Caso Venezuela. In.: Vélez-Muñoz, R. (ed.). **La defensa contra incêndios forestales**. Fundamentos y experiências. Madrid: McGraw-Hill. (2000).

GRIMM, A. M.; ZARATINI, P. e MARENGO, J. Sinais de El Niño na precipitação da Amazônia. Anais do X Congresso Brasileiro de Meteorologia. Sociedade Brasileira de Meteorologia.6p.s/f.

HERNÁNDEZ, L. e FÖLSTER, H. Vegetación em transición. In: Dezzeo N. (ed.). **Ecología de la altiplanicie de la Gran Sabana (Guayana Venezolana) I**. Scientia Guaianae, Nº 4. 118-144. 1994.

HUBER, O. La vegetación de la cuenca del Río Caroní. **Interciencia**. Volº11: 301-310pp. 1986.

HUBER, O. Shrublands of the Venezuelan Guayana. In: HOLME-NIELSEN, L. B.; NIELSEN, I. C. E BASLEV, H. (eds.)**Tropical Forest**. Londres,: Academic Press. 271-285 pp. 1989.

HUBER, O. 3.Vegetation. In: STEYERMARK, J.A. BERRY, P.E. e HOLST, B.K. (Eds.). **Flora of the Venezuelan Guayana**. Missouri: Botanical Garden Timber Press. 97-159 pp.1995.

HUBER, O.; FEBRES, G. E ARNAL, H. Ecological guide to Gran Sabana. **The Nature Conservancy**. Caracas. 189 pp. 2001.

LEAL, A. V. **Historia holocena de la vegetación y el fuego em bordes sabana/bosque y turberas de la Gran Sabana, Guayana Venezolana**. 236p. Tesse (Doctorado en Ciencias Biológicas)- Decanato de estúdios de postgrado, Universidad Simón Bolívar, Sartenejas, 2010.

MARTELO, M. T. Influencia de las variables macroclimáticas en el clima de Venezuela. Caracas: **Dirección de Hidrología, Meteorología y oceanología. Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARN)**. 72 pp. 2003.

MENDOÇA, F. E DANNI-OLIVEIRA, I. M. **Climatologia noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos. 206 pp. 2007.

MENESES-TOVAR, C. El índice normalizado diferencial de la vegetación como indicador de la degradación del bosque. **Unasyuva** 238. Vol.:62.2011.

NOBRE, C. A.; OBREGÓN, G. O. E MARENGO, J. A. Características do Clima Amazônico: Aspectos principais. In: KELLER, M.; BUSTAMANTE, m.; GASH, J. E DIAS, P.S. (editores). **Amazonia and Global Change**. Geophysical Monograph Series. Vol. Nº 186. 149-162 p. 2013.

OBREGÓN, G. O. E NOBRE, C. A. Variabilidade da estação seca na Amazônia. **INPE-CPTEC**. 6 pp. S/f.

PACHECO, B.L.S; SILVA JÚNIOR, L.G.; OLIVEIRA, L.A. Estudo da relação entre temperatura/altitude e precipitação/altitude aplicando-se os Métodos de correlação e regressão. **Revista Geonorte**. Edición especial 2, Nº5. 561-572p. 2012.

PAOLINI, J.; FELIPE, J.J.; SUREDA, B. e ROSALES, J. Influencia Del fenómeno El Niño-La Niña/Oscilación Sur (ENOS) y de La temperatura Del

Atlántico norte em los caudales Del Río Caura, Guayana Venezolana. **Revista de climatología**. Volº: 12:23-32pp. 2012.

PEÑA, R. E. G e VIERA, M.I.S. Las ABRAE versus las áreas protegidas em Venezuela. **COPÉRNICO**. Año X: Nº19: 27-39 pp. 2014

POVEDA, G.; WAYLEN, P. R.; PULWARTY, R. S. Annual and inter-annual variability of the presente climate in northern South America and Southern Mesoamerica. **Palaeo**. Vol. 234. 3-27 pp. 2006.

RAMIREZ, N. Reproductive biology and plant species selection for habitat restoration in the Venezuelan Gran Sabana plateau. **Interciencia**. Vol.: 31: 5: 330-337pp.2006.

RAMIREZ, N.; DEZZEO, N. E CHACÓN, N. Floristic composition, plant abundance, and soil properties of montane savanas in the Gran Sabana, Venezuela. **Flora**. Vol.: 202. 316-327pp. 2007.

REBOITA, M. S.; GAN, M. A.; DA ROCHA, R. P. E AMBRIZZI, T. Regimes de precipitação na América do sul: uma revisão bibliográfica. **Revista Brasileira de Meteorología**. Vol: 25 Nº: 2. 185-204 p. 2010.

RIVERA-LOMBARDI, R. Capítulo 1: Aspectos geográficos y físicos del Parque Nacional Canaima. In: SEÑARIS, J.C.; LEW, D. E LASSO, C. (Editores) **Biodiversidad del Parque Nacional Canaima. Bases técnicas para la conservación de la Guayana Venezolana**. Caracas: Fundación La Salle de Ciencias Naturales y The Nature conservancy. 27-37 pp .2009.

RODRÍGUEZ, I. Conocimiento indígena vs. Científico: el conflicto por el uso del fuego en el Parque Nacional Canaima, Venezuela. **Interciencia**. Vol.: 29: 121-129pp. 2004.

RODRÍGUEZ, I. Pemón Perspectives of Fire Management in Canaima National Park, Southeastern Venezuela. **Human Ecology**. Vol.: 35: 331–343 pp. 2007.

RODRÍGUEZ, I.; LEAL, A.; SÁNCHEZ-ROSE, I.; VESSURI, H.; BILBAO, B. Facing Up to the Challenge of Interdisciplinary Research in the Gran Sabana (Venezuela). **Human Ecology** Vol.: 37: 787–789pp. 2009.

RODRÍGUEZ, I. Y SLETTTO, B. Apök hace feliz a Patá. Desafíos y sugerencias para una gestión intercultural del fuego en la Gran Sabana. **Antropológica**. Vol.: 53:111p.. 2009.

ROJAS, M. I. E ALFARO, E.J. Influencia del océano Atlántico tropical sobre el comportamiento de la primera parte de la estación lluviosa em Venezuela. **Top. Meteor. Oceano**. Vol: 2. Nº 2. 88-92 p. 2000.

ROMARIZ; D. D. A. Biogeografía: temas e conceitos. São Paulo: **Scortecci Editora**: 199 pp. 2008.

ROSA, R. Introdução ao Sensoriamento Remoto. 6.ed. Uberlândia, Minas Gerais: **EDUFU**, 2007.

ROUSE, J.W.; HAAS, R.H.; SCHELL, J.A.; DEERING, D.W. Monitoring vegetation systems in the great plains with ERTS. In: **Third ERTS Symposium, Proceedings, NASA SP-351, NASA**. Washington, DC. Vol: 1: 309-317pp.1973.

RULL, V. Successional patterns of the Gran Sabana (southeastern Venezuela) vegetation during the last 5.000 years, and its responses to climatic fluctuations and fire. **Journal of Biogeography**. Vol.: 19:329- 338pp. 1992.

RULL, V. A palynological record of a secondary succession after fire in the Gran Sabana, Venezuela. **Journal of Quaternary Science**. Vol.: 14:137-152pp. 1999

RULL, V. Biogeografía histórica de las Tierras Altas de Guayana y origen de la biodiversidad neotropical. **Orsis**. Vol.: 19:37- 48pp. 2004.

SCHUBERT, C.; BRICEÑO, H. O. e FRITZ, P. Paleoenvironmental aspects of the caroní- Paragua river basin southeastern Venezuela. **Interciencia**. Vol.:11: 278-289pp. 1986.

SERRA, A. E RATABONNA, L. As massas de Ar da America do Sul: (primeira parte). **Revista Geográfica**. Vol. 25. Nº 51. 67-129 pp. 1959.

SERRA, A. E RATABONNA, L. As massas de Ar da America do Sul: (segunda parte). **Revista Geográfica**. Vol. 26. Nº 52. 41-61 pp. 1960.

TORRES, I. N. e MARTIN, D. D. **Informe final de la evaluación del Parque Nacional Canaima, Venezuela, como Sitio de Patrimonio Natural de la Humanidad**. Venezuela: Caracas. 127 pp. 2007. Disponible em: <<http://whc.unesco.org/document/102219>>. Acesso em: 10 Jun. 2014.

TUDARE, J.L. MILLANO E TREJO, F. J. PAREDES. Influencia del fenómeno El niño/Oscilación del Sur (ENSO) sobre la precipitación en la cuenca del Río Caroní, Estado Bolívar, Venezuela. **Agrollania**. Vol: 10. 13 p.2013. Acesso em: 21 Nov. 2014. Disponible em: <<http://www.postgradovipi.50webs.com/archivos/agrollania/2013/agro14.pdf>>.

VASCONCELOS, D. Zoneamento de risco a incêndios florestais com uso do Sensoriamento Remoto: aplicação na Mata do Krambeck e arredores, Juiz de Fora - MG. **Instituto de Ciências Biológicas. Universidade Federal de Juiz de Fora**. 127 pp.2013.

XAVIER-DA-SILVA, J e CARVALHO, L.M. Sistemas de informação geográfica: uma proposta metodológica. **IV Conferência Latinoamericana sobre sistemas de informação geográfica. 2º Simpósio Brasileiro de Geoprocessamento**, São Paulo. 1993.

ANEXOS

ANEXO I: Pluviosidade mensal para cada estação desde 2003 até 2014

Mes	Estações (mm)							Sierra de Lema
	Arapichi	Caruaiken	Wonken	Yuruani	Compuiba	Kavanayen	Parupa	
2003								
Jan	43.4	17.0	25.2	13.8	3.1	5.3	3.7	94.5
Fev	110.3	22.5	15.2	4.5	0.8	11.8	5.7	137.5
Mar	250.5	139.2	108.2	151.0	41.8	33.7	27.1	143.7
Abr	193.0	161.2	126.5	170.3	107.4	199.2	70.4	133.2
May	521.7	427.2	364.4	281.2	254.1	322.5	235.0	722.9
Jun	532.4	632.0	582.9	257.7	328.8	220.8	230.9	799.6
Jul	436.8	363.8	246.7	249.5	314.0	347.9	297.1	574.4
Aug	309.9	521.2	500.0	193.5	285.7	398.1	300.8	432.8
Set	321.0	230.7	248.5	201.8	243.5	493.5	243.8	509.0
Out	132.1	174.7	242.6	128.0	99.7	167.1	128.4	281.6
Nov	263.9	158.5	244.9	194.5	189.2	221.9	135.7	302.8
Dec	131.0	128.3	149.2	43.5	91.1	205.8	82.1	424.3
2004								
Jan	244.5	112.5	81.8	78.0	37.6	84.5	71.4	768.2
Fev	52.0	139.5	32.2	165.2		110.2	48.3	233.4
Mar	52.0	61.0	54.6	28.3		74.3	35.0	203.0
Abr	188.5	340.0	307.5	155.0		249.4	129.2	353.8
May	485.2	536.5	442.7	341.4		539.1	432.7	801.7
Jun	411.2	380.7	294.5	158.8		199.5	130.8	481.0

Jul	296.8	334.2	328.2	162.9		251.7	173.9	354.2
Aug	352.2	296.7	230.6	192.0		281.2	203.2	476.1
Set	252.9	397.2	243.1	237.5	211.9	324.8	265.9	411.9
Out	229.0	255.8	281.8	229.5	171.7	266.2	125.3	132.3
Nov	281.7	246.7	200.2	160.0	95.1	255.0	62.1	304.7
Dec	221.7	410.5	257.3	164.0	54.6	148.5	81.0	464.7

2005

Jan	221.5	338.7	222.0	103.0	109.1	179.0	107.2	1121.3
Fev	204.8	172.5	74.8	50.3	53.3	77.7	59.1	574.9
Mar	333.5	121.5	55.6	48.9	48.0	35.0	22.7	92.7
Abr	400.0	167.7	148.7	264.2	343.5	219.2	272.4	588.5
May	323.7	335.7	291.4	283.7	330.8	202.7	183.9	366.8
Jun	261.9	210.5	220.8	147.0	154.8	242.4	114.9	266.6
Jul	238.0	285.5	274.4	358.2	359.8	464.5	346.3	591.9
Aug	251.6	357.5	316.3	295.5	291.4	368.0	193.2	509.9
Set	142.6	125.4	202.2	106.6	96.7	159.5	108.8	240.3
Out	127.2	263.5	186.8	103.0	125.7	274.4	147.2	232.3
Nov	260.7	592.5	333.9	188.2	200.1	373.0	179.6	552.4
Dec	346.5	208.8	138.6	158.2	162.4	176.2	147.9	663.4

2006

Jan	419.5	369.7	280.6	129.2	143.4	67.8	123.6	740.3
Fev	150.2	74.8	76.5	57.7	14.1	47.6	24.6	602.8
Mar	221.3	113.2	75.9	32.1	27.9	61.2	33.3	318.7
Abr	365.5	159.5	191.9	70.6	169.5	117.1	151.6	94.0
May	628.2	521.2	399.9	411.5	326.9	305.1	233.7	710.8
Jun	434.7	525.0	554.5	344.3	425.3	396.8	218.6	447.3

Jul	386.2	531.5	378.0	366.9	306.1	410.4	428.4	538.8
Aug	194.0	307.7	320.8	337.3	150.8	437.7	144.0	434.5
Set	179.0	259.5	145.4	127.4	104.1	166.0	64.9	300.7
Out	106.8	233.3	141.0	244.4	156.7	328.9	104.9	336.2
Nov	268.5	273.4	190.0	100.6	102.4	89.0	41.0	263.3
Dec	334.0	188.0	103.0	58.1	93.0	64.9	65.0	403.5

2007

Jan	141.9	44.2	23.2		32.4	32.0	39.4	384.6
Fev	95.5	36.0	5.4		4.9	7.0	8.7	151.2
Mar	164.2	86.0	84.4	122.5	80.6	127.6	73.2	230.5
Abr	259.0	409.6	251.4	223.6	129.9	161.3	80.6	385.8
May	371.5	505.6	358.6	278.7	345.0	272.0	216.3	619.8
Jun	370.7	432.0	292.6	328.9	324.7	352.4	218.6	591.2
Jul	318.0	463.7	428.0	371.3	342.5	388.5	245.0	570.6
Aug	625.5	491.5	541.0	385.3	366.7	214.8	447.2	586.9
Set		403.2	286.2	228.0	140.5	325.1	272.5	336.5
Out		179.7	95.6	112.5	151.6		313.4	359.1
Nov		222.0	106.6	37.7	117.3		31.0	278.0
Dec		325.3	134.0	138.0	215.0	74.8	194.3	527.9

2008

Jan		212.4		30.2	52.1	4.9	40.6	401.5
Fev	298.3	76.1		29.5		53.5	38.9	605.8
Mar	266.5	264.0		40.7	37.6	126.0	76.3	334.8
Abr	275.8	137.2		106.6	140.0	74.0	63.3	332.0
May	393.5	339.0		272.1	270.9		157.3	326.0
Jun	323.5	332.3		247.3	275.9		203.2	553.8

Jul	212.6	551.9		207.0	305.7		84.2	452.8
Aug	443.6	590.5		230.3	395.2		288.1	427.3
Set	164.5	186.5		70.5	55.5		72.7	249.9
Out	208.6	191.5		33.8	269.0			264.9
Nov	376.0	406.5			264.3			399.8
Dec	427.1	302.6		145.8	223.5		137.7	666.7

2009

Jan	372.1	153.5		52.9	69.5		98.5	433.4
Fev	131.3	126.8		3.9	22.5		31.2	359.3
Mar	287.2	247.7		92.7	110.5		101.7	347.6
Abr	293.8	149.6		133.3	68.7	68.2	95.7	286.6
May	237.6	118.5		12.6	14.9		35.9	107.2
Jun	126.0	278.4		175.8	575.2		154.0	452.2
Jul	208.3	360.1	229.3	299.2		111.7	145.3	610.6
Aug	204.5	314.2	248.3	85.9	113.9	266.3	210.7	600.6
Set	43.7	178.2	162.5	87.8	117.2		178.8	212.8
Out	257.3	217.7	30.0	120.0	264.2	245.5	14.5	321.6
Nov	171.0	158.6	2.2	41.4	96.4	152.3	3.9	128.3
Dec	246.7	28.9		21.7	24.0	15.5	23.1	281.1

2010

Jan	102.3			27.0		27.3	30.5	210.2
Fev	64.3			43.4		19.9	10.3	131.9
Mar	80.0			52.7		121.2	24.7	74.9
Abr	289.4			272.9		318.7	246.4	532.5
May	424.9			387.4		190.8	341.8	739.0
Jun	467.8		547.9	391.0	93.4	137.0	429.6	607.2

Jul	462.9		432.1	301.2	390.6	462.2	296.2	467.7
Aug	474.4		1293.9	373.4	446.6	347.2	470.9	704.4
Set	313.9		465.3	319.3	269.4	286.2	334.9	373.7
Out	205.3		287.1	143.5	119.2	38.4	119.6	378.4
Nov	303.4	183.2	358.9	292.3	362.9	129.1		355.3
Dec	329.0	296.9	335.1	188.4	181.8	171.1		422.3

2011

Jan	206.9	125.6	80.9	58.4	57.1	32.8		310.6
Fev	250.9	178.2		175.6	142.8	172.0	118.3	677.9
Mar	259.7	151.6		127.8	84.0	256.1	170.5	587.9
Abr	273.6			149.1	8.6	99.7	57.0	318.4
May	599.1	620.1		181.7			359.7	513.6
Jun	282.4	378.9	547.8	31.6	100.0		228.6	486.3
Jul	302.7	296.3	440.0		223.6		119.3	363.3
Aug	271.1	404.7	332.7	179.4	100.9	353.8	292.8	242.8
Set	257.8	209.5	207.3	177.6	139.2	398.4	223.3	309.4
Out	294.9	293.8	197.2	171.3	202.3	355.9	251.5	615.7
Nov	383.2	291.7	152.5	236.0	189.0	475.7	263.7	332.1
Dec	84.9	117.0	102.1	53.8	52.0	105.2	45.4	390.8

2012

Jan	379.3	211.5	104.4	89.4	73.0	103.2	110.0	921.0
Fev	235.3	181.2	165.8	75.3	60.7	58.6	81.0	587.2
Mar	280.4	115.1	107.2	51.2	132.5	57.0	34.5	296.9
Abr	333.0	345.5	430.5	221.6	219.0	321.8	134.6	453.9
May	337.8	214.9	260.2	156.4	154.8	274.0	180.2	568.2
Jun	377.1	227.4	373.4	139.8	103.1	178.6	107.2	314.2

Jul	360.6	178.7	637.6	292.1	377.9	398.2	201.1	444.5
Aug	198.8	24.7	313.4	161.7	236.9	418.4	393.2	676.2
Set	191.9	66.3	276.7	234.2	101.2	139.6	75.0	134.3
Out	92.3	138.1	158.1	167.6	117.6	173.5	51.0	266.9
Nov	271.6	147.7	190.7	154.1	155.2	139.3	121.9	484.8
Dec	226.2	4.9	160.2	218.8	135.8	237.1	225.4	496.6

2013

Jan	61.4		29.0	5.3		4.8	40.2	306.2
Fev	265.3	0.4	152.7	145.7	107.8	80.4	102.0	814.8
Mar	124.1	2.0	8.4	23.1	19.7	18.3	24.3	142.9
Abr	316.6	233.5	340.9	187.0	229.3	228.0	172.2	363.1
May	387.6	403.3	371.7	269.8	344.6	291.9	217.5	665.7
Jun	436.8	289.1	362.5	253.5	213.7	266.5	267.2	686.9
Jul	356.1	267.9	401.6	186.7	182.6	215.2	229.2	514.6
Aug	268.4	324.4	387.8	273.9	396.1		320.3	759.8
Set	195.6	146.9	163.6	77.2	133.2	3.7	153.1	246.2
Out	263.9	238.1	256.8	81.5			182.1	331.3
Nov	280.1	276.3	273.1	191.2	2.2		191.1	555.4
Dec	177.5	177.9	191.2	91.4	48.6	60.3	71.4	539.3

2014

Jan	171.9	88.1	68.4	40.6	32.1	23.7	21.3	363.6
Fev	273.9	138.0	118.8	48.3	13.7	58.1	79.9	628.1
Mar	238.1	241.0	123.9	54.1	23.8	24.3	45.4	45.8
Abr	284.1	134.9	102.3	105.6	78.7	109.9	141.4	
May	304.4	263.6	269.6	119.8	148.2	76.3	93.5	
Jun	348.9	329.8	215.5	138.8	196.4	167.0	140.4	504.3

Jul	161.1	183.8	237.9	139.1	107.3	137.6	146.5	438.0
Aug	245.2		225.1	212.5	304.7	186.6	177.2	550.9
Set	92.7		197.9	204.1	74.0	138.3	92.2	259.4
Out	229.1	289.1	373.4	146.3	145.0	234.7	131.4	240.6
Nov	317.0	180.6	373.1	205.3	209.8	249.4	173.4	408.4
Dec	153.6		151.2	76.3	99.3	100.3	47.0	454.8

