

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS
CAMPUS DE RIO CLARO - SP**

**A Vulnerabilidade Socioambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Palma,
Estado do Tocantins, Brasil**

**RIO CLARO – SP
2017**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS E CIÊNCIAS EXATAS
CAMPUS DE RIO CLARO - SP**

**A Vulnerabilidade Socioambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Palma,
Estado do Tocantins, Brasil**

PAULO HENRIQUE PEREIRA PINTO

Tese elaborada junto ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da UNESP / Rio Claro como requisito para obtenção do título de Doutor em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. Anderson L. H. Christofolletti

Co-orientador: Prof. Dr. Lucas Barbosa e Souza

RIO CLARO – SP

2017

551.48 Pinto, Paulo Henrique Pereira
P659v A vulnerabilidade socioambiental na bacia hidrográfica do Rio Palma,
Estado do Tocantins, Brasil / Paulo Henrique Pereira Pinto. - Rio Claro,
2017
147 f. : il., figs., gráfs., tabs., quadros, fots., mapas

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de
Geociências e Ciências Exatas
Orientador: Anderson Luiz Hebling Christofolletti
Coorientador: Lucas Barbosa e Souza

1.Hidrologia. 2. Geografia - Análise integrada. 3. Déficit hídrico. 4.
Seca. 5. Agricultura de subsistência. 6. Segurança hídrica. I. Título.

Ficha Catalográfica elaborada pela STATI - Biblioteca da UNESP
Campus de Rio Claro/SP

PAULO HENRIQUE PEREIRA PINTO

**A Vulnerabilidade Socioambiental na Bacia Hidrográfica do Rio Palma,
Estado do Tocantins, Brasil**

Orientado por: Prof. Dr. Anderson Luis Hebling Christofoletti

Co-orientador: Prof. Dr. Lucas Barbosa e Souza

COMISSÃO EXAMINADORA

Dr. Anderson Luis Hebling Christofoletti (Orientador)

Dr. Diego Correa Maia (Membro da Banca)

Dr.^a Sandra Eliza Contri Pitton (Membro da Banca)

Dr. Leandro Zandonadi (Membro da Banca)

Dra. Juliana Ramalho Barros (Membro da Banca)

**Paulo Henrique Pereira Pinto
(Candidato)**

Rio Claro 07 de novembro de 2017

Resultado: Aprovado

AGRADECIMENTOS

Agradeço aos meus pais Maria Hermenegilda Pereira Maia e Inocêncio da Silva Pinto. Os melhores professores que já tive na vida, por tudo que sou hoje e que serei um dia...

À minha esposa Luana, por sempre estar presente em todas as fases e crises deste doutoramento.

Ao meu orientador Prof. Dr. Anderson Luis Hebling Christofolletti, pelas valiosas orientações, as quais foram fundamentais para o desenvolvimento desta pesquisa.

Ao meu co-orientador e grande amigo Lucas Barbosa e Souza, pela minha iniciação ao mundo da climatologia e pela disposição nas orientações.

Aos colaboradores da banca examinadora Diego Maia, Sandra Pitton, Leandro Zandonadi e Juliana Ramalho.

Aos amigos da Rep Beco: Calebe, Antônio Lussari (Tonto), Pedro (Robinho), Rodrigo (Treme), Felipe (Chapa) e Danilo Quirino (Brinquedo) que fazem parte da minha família da UNESP.

Aos amigos da moradia da Unesp que sempre me acolheram e que levarei para toda a vida.

Aos amigos, colegas e professores do programa de pós-graduação em Geografia.

Ao Raony, técnico do laboratório de geoprocessamento da Universidade Federal do Tocantins, pelo apoio na parte gráfica da pesquisa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo fomento à pesquisa.

RESUMO

A região sudeste do Estado do Tocantins apresenta longos períodos de ausência de chuva com variabilidade significativa do início ao término da estação chuvosa (outubro a abril). Durante esses períodos, são verificados inúmeros transtornos à população rural desta área, principalmente no que se refere ao abastecimento para consumo e produção da agricultura familiar. Diante dessa situação, o governo do Estado implantou projetos para mitigar os efeitos da falta d'água na região. Entretanto, devido aos critérios de aplicação, os projetos não apresentaram resultados satisfatórios. Nesse sentido, esta pesquisa pretende fornecer subsídios ao planejamento e à gestão da bacia hidrográfica do Rio Palma, a partir de uma proposta metodológica que aborda de forma sistêmica os processos físico-naturais e a dinâmica climática, assim como aspectos sociais, que podem ter relação com o fenômeno. A abordagem metodológica desta pesquisa foi realizada em três etapas: na primeira, foi realizada uma adaptação da Análise Empírica da Fragilidade Ambiental, que consiste na síntese do estudo das fragilidades ambientais com base em características do relevo, solo, cobertura vegetal e da pluviosidade. Algumas das principais características da bacia hidrográfica foram averiguadas por meio da análise morfométrica, assim como dados relacionados à morfologia, pedologia, geologia e vegetação. Na segunda etapa buscou-se conhecer os aspectos da Gênese e Dinâmica climática regional e local. Para tanto, foi realizada a análise dos tipos de tempo e da participação dos sistemas atmosféricos, a qual consiste na identificação das massas de ar geradoras de chuvas e da sucessão habitual e excepcional dos estados atmosféricos em uma determinada área. Para isso, foram utilizados dados meteorológicos do Instituto Nacional de Meteorologia e hidrológicos da Agência Nacional de Águas. A terceira etapa consistiu na identificação da Vulnerabilidade Social da população da bacia hidrográfica do Rio Palma por meio da aplicação do Índice de Vulnerabilidade Social (IVS). Por fim, produziu-se uma análise integrada entre a fragilidade ambiental e a vulnerabilidade social. A realização de estudos como este no Estado do Tocantins é de grande relevância, principalmente devido à sua contribuição para o direcionamento de novas abordagens, sobretudo em face do contexto de fronteira agrícola vivenciado pelo Estado, tanto por motivos ambientais quanto econômicos e sociais.

Palavras-chave: Déficit hídrico. Seca. Agricultura de Subsistência. Segurança Hídrica.

ABSTRACT

The Southeast region of Tocantins State presents large periods of lack of rain, and demonstrates significant variability over all the rainy season (from October to April). Through these periods, are noticed innumerable problems to the rural population of this area, mainly concerning to the rural supply of water to consumption and to familiar agriculture production. In this context, Tocantins State has implemented projects to mitigate the water scarcity effects in that region. Nevertheless, due to the criteria of application, these projects have not presented satisfactory results. In this regard, this research aims to provide subsidies to the planning and to the management of the Rio Palma hydrographic basin, from a methodological approach that considers, in a systemic way, the physical-natural processes and the climatic dynamic, as well social aspects that may be related to the phenomenon. The methodological approach of this research had been carried out in three steps: first, it was made an adaptation of the Empirical Analysis of Environmental Fragility, that consists in the synthesis of the environmental fragility studies based on relief, soil, vegetal cover and pluviosity characteristics. Some of the main characteristics of the hydrographical basin had been verified through the morphometric analysis, as well by dates related to the morphology, pedology, geology and vegetation. In the second step, had been researched aspects related to the regional and local climatic Genesis and Dynamic. In order to do this, had been executed the analysis of two types of weather and the role of the participation of atmospheric systems, that consists in the identification of air masses that generate rain, and the usual and exceptional succession of atmospheric states in a given area. To proceed to this, had been considered meteorological dates from the National Institute of Meteorology, and hydrological dates obtained by the Water National Agency. The third step was composed by the identification of the Social Vulnerability of the population of the Rio Palma hydrographical basin through the application of Social Vulnerability Index (SVI). Finally, it was conducted an analysis between the environmental fragility and the social vulnerability. The realization of studies like this one in the Tocantins State is quite relevant, mainly due to his contribution to the targeting of new approaches, chiefly considering the current context of agrarian boundary experienced by the State, for environmental as well economic and social reasons.

Keywords: Water deficit. Drought. Subsistence farming. Water Security.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Elementos do geossistema e sistema socioeconômico.....	21
Figura 2: Localização das estações pluviométricas utilizadas na pesquisa.....	42
Figura 3: Localização da bacia hidrográfica do Rio Palma.....	48
Figura 4: Sub-bacias da bacia hidrográfica do Rio Palma.....	49
Figura 5: Vista da face noroeste do Chapadão Ocidental Baiano (Serra Geral)	50
Figura 6: Tipos de solo na bacia hidrográfica do Rio Palma	52
Figura 7: Produção agrícola nos municípios da bacia hidrográfica do Rio Palma (2010)	57
Figura 8: Uso da terra na bacia hidrográfica do Rio Palma.....	58
Figura 9: Serra da Natividade.....	59
Figura 10: Mapa de relevo - bacia hidrográfica do Rio Palma.....	60
Figura 11: Unidades geomorfológicas da bacia hidrográfica do Rio Palma	61
Figura 12: Declividade na bacia do Rio Palma	64
Figura 13: Erodibilidade potencial do solo na bacia hidrográfica do Rio Palma	66
Figura 14: Área de pastagem.....	68
Figura 15: Campo cerrado na bacia hidrográfica do Rio Palma.....	69
Figura 16: Campo sujo na bacia hidrográfica do Rio Palma.....	70
Figura 17: Vegetação na bacia hidrográfica do Rio Palma	71
Figura 18: Precipitação acumulada anual (mm) - Normais climatológicas do Brasil 1961-1990. 72	
Figura 19: Precipitação média anual (mm) - Estado do Tocantins.....	74
Figura 20: Isoietas anuais - Estado do Tocantins	75
Figura 21: Distribuição das chuvas na bacia hidrográfica do Rio Palma – 2001 (Ano-Padrão Habitual).....	76
Figura 22: Distribuição das chuvas na bacia hidrográfica do Rio Palma – 2004 (Ano-Padrão Chuvoso).....	77
Figura 23: Distribuição das chuvas na bacia hidrográfica do Rio Palma – 2007 (Ano-Padrão Seco).....	78
Figura 24: Temperatura média anual do ar (°C) - Estado do Tocantins.....	80
Figura 25: Fragilidade devido à declividade – bacia hidrográfica do Rio Palma.....	82
Figura 26: Fragilidade do Solo – bacia hidrográfica do Rio Palma	84
Figura 27: Grau de proteção em função da cobertura vegetal.....	87
Figura 28: Regime mensal das chuvas em Dianópolis - TO	90

Figura 29: Regime mensal das chuvas em Taguatinga - TO	91
Figura 30: Regime mensal das chuvas em Aurora do Tocantins	92
Figura 31: Fragilidade Ambiental na bacia hidrográfica do Rio Palma	95
Figura 32: Balanço hídrico normal 1961 a 1990	97
Figura 33: Circulação perturbada no Estado do Tocantins.....	99
Figura 34: Participação dos sistemas atmosféricos na gênese das chuvas no ano de 2001.....	102
Figura 35: Participação dos sistemas atmosféricos na gênese das chuvas no ano de 2004.....	104
Figura 36: Participação dos sistemas atmosféricos na gênese das chuvas no ano de 2007.....	106
Figura 37: Domicílios particulares permanentes com abastecimento de água de poço ou nascente na propriedade	110
Figura 38: Índice de vulnerabilidade social (IVS) - Municípios da bacia hidrográfica do Rio Palma	116
Figura 39: Vulnerabilidade Socioambiental na Bacia hidrográfica do Rio Palma.....	122

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Caracterização dos municípios abrangidos pela bacia hidrográfica do Rio Palma	47
Tabela 2: Rebanho nos municípios bacia hidrográfica do Rio Palma.....	53
Tabela 3: Produção agrícola nos municípios da bacia hidrográfica do Rio Palma (2010).....	55
Tabela 4: Potencial hidrelétrico da bacia do Rio Palma.....	62
Tabela 5: Caracterização demográfica dos municípios da bacia hidrográfica do Rio Palma.....	109
Tabela 6: Vulnerabilidade na dimensão Habitação e Saneamento.....	111
Tabela 7: Vulnerabilidade na dimensão Educação.....	112
Tabela 8: Vulnerabilidade na dimensão Trabalho e Renda.....	113
Tabela 9: IVS nos municípios da bacia hidrográfica do Rio Palma.....	114

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Rebanho nos municípios da bacia hidrográfica do Rio Palma.....	54
Gráfico 2: Produção Agrícola nos municípios da bacia hidrográfica do Rio Palma (2010)	56
Gráfico 3: Comparativo da precipitação e temperatura média entre Taguatinga (TO) e Paraná (TO)	79
Gráfico 4: Diferença da vulnerabilidade entre os municípios situados na bacia do Rio Palma, região sudeste do Estado do Tocantins.....	115

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Definição de Estiagem e Seca	29
Quadro 2: Definição de Seca, Aridez e Escassez Hídrica	30
Quadro 3: Categorias hierárquicas das classes de declividade.....	32
Quadro 4: Classes de fragilidade de solo.....	32
Quadro 5: Graus de proteção do solo em função dos Tipos de Cobertura Vegetal.....	33
Quadro 6: Níveis Hierárquicos dos Comportamentos Pluviométricos.....	33
Quadro 7: Estações utilizadas na pesquisa	38
Quadro 8: Dígitos utilizados na análise da fragilidade ambiental	40
Quadro 9: Síntese dos indicadores que compõem o IVS nas três dimensões.....	43
Quadro 10: Códigos utilizados na análise da vulnerabilidade socioambiental	46
Quadro 11: Classificação da vegetação de acordo com seu grau de proteção do solo.....	85
Quadro 12: Ocorrência de tipos solo e seu grau de proteção na área de estudo.....	88
Quadro 13: Níveis hierárquicos de fragilidade a partir das características pluviométricas.....	92

LISTA DE ABREVIATURAS

ANA – Agência Nacional de Águas
BH – Bacia Hidrográfica
BHRP – Bacia Hidrográfica do Rio Palma
CPTEC – Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos
EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
GOES – Geostationary Operational Environmental Satellite
IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INMET – Instituto Nacional de Meteorologia
INPE – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
IVS – Índice de Vulnerabilidade Social
mEa – Massa de ar Equatorial Atlântica
mEc – Massa de ar Equatorial Continental
mPa – Massa de ar Polar Atlântica
mTa – Massa de ar Tropical Atlântica
fPa – Frente Polar Atlântica
mPv – Massa de ar Polar Velha (Tropicalizada)
MMA – Ministério do Meio Ambiente
NOAA – Satellite And Information Service
SEPLAN-TO – Secretaria de Planejamento do Estado do Tocantins
TGS – Teoria Geral dos Sistemas
UFT – Universidade Federal do Tocantins

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA	12
CAPÍTULO I - EMBASAMENTO TEÓRICO-METODOLÓGICO	19
1.1 A abordagem sistêmica na geografia.....	19
1.2 A bacia hidrográfica como unidade de análise ambiental integrada	23
1.3 As noções de vulnerabilidade natural, ambiental e social, risco e ameaça	25
1.4 A seca como um desastre natural	27
1.5 Aspectos teórico-conceituais da análise empírica da fragilidade ambiental	30
1.6 Os índices sintéticos de vulnerabilidade.....	34
CAPÍTULO II – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	37
2.1 Caracterização bacia hidrográfica do Rio Palma.....	37
2.2 Das fragilidades ambientais na bacia hidrográfica do Rio Palma	39
2.3 Da investigação da gênese e dinâmica climática.....	40
2.4 Do índice de vulnerabilidade social (IVS) e da vulnerabilidade socioambiental.....	43
CAPÍTULO III - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	47
3.1 Rede de drenagem e localização das sub-bacias	49
3.2 Tipos de solo e o uso da terra	50
3.3 Altitude, unidades geomorfológicas, declividade e erodibilidade potencial.....	59
3.4 Vegetação	67
3.5 A distribuição das chuvas e da temperatura na área de estudo.....	72
CAPÍTULO IV – RESULTADOS E DISCUSSÃO	81
4.1 Análise empírica da fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do Rio Palma.....	81
4.1.1 Categorias hierárquicas das classes de declividade.....	81
4.1.2 Grau de proteção dos solos em função dos tipos de cobertura vegetal	83
4.1.3 Níveis hierárquicos de fragilidade a partir das características pluviométricas.....	89
4.1.4 Síntese da fragilidade ambiental na bacia do Rio Palma.....	93
4.2 Gênese e dinâmica do clima na bacia hidrográfica do Rio Palma.....	98
4.2.1 A participação dos sistemas atmosféricos na gênese das chuvas	100
4.2.2 O ritmo e a dinâmica atmosférica.....	107
4.3 Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) na bacia hidrográfica do Rio Palma.....	109
4.3.1 Aspectos socioeconômicos.....	109
4.3.3 Educação.....	112

4.3.4 Trabalho e Renda.....	113
4.3.5 Índice Sintético de Vulnerabilidade Social nos municípios da bacia do Rio Palma	114
4.4 A Vulnerabilidade Socioambiental na bacia do Rio Palma: análise integrada e sugestões ..	117
CONSIDERAÇÕES FINAIS	123
REFERÊNCIAS	125
APÊNDICE A: ANÁLISE RÍTMICA DOS DADOS CLIMÁTICOS DO MUNICÍPIO DE PEIXE (2001)	133
APÊNDICE B: ANÁLISE RÍTMICA DOS DADOS CLIMÁTICOS DO MUNICÍPIO DE PEIXE (2004)	134
APÊNDICE C: ANÁLISE RÍTMICA DOS DADOS CLIMÁTICOS DO MUNICÍPIO DE PEIXE (2007)	135
APÊNDICE D: ANÁLISE RÍTMICA DOS DADOS CLIMÁTICOS DO MUNICÍPIO DE TAGUATINGA (2001)	136
APÊNDICE E: ANÁLISE RÍTMICA DOS DADOS CLIMÁTICOS DO MUNICÍPIO DE TAGUATINGA (2004)	137
APÊNDICE F: ANÁLISE RÍTMICA DOS DADOS CLIMÁTICOS DO MUNICÍPIO DE TAGUATINGA (2007)	138
APÊNDICE G: ANÁLISE RÍTMICA DOS DADOS CLIMÁTICOS DO MUNICÍPIO DE POSSE (2001)	139
APÊNDICE H: ANÁLISE RÍTMICA DOS DADOS CLIMÁTICOS DO MUNICÍPIO DE POSSE (2004)	140
APÊNDICE I: ANÁLISE RÍTMICA DOS DADOS CLIMÁTICOS DO MUNICÍPIO DE POSSE (2007)	141
APÊNDICE J: Dados utilizados para identificação da atuação dos sistemas atmosféricos na gênese das chuvas em Peixe – TO em 2001, 2004 e 2007.	142
APÊNDICE K: Dados utilizados para identificação da atuação dos sistemas atmosféricos na gênese das chuvas em Taguatinga – TO em 2001, 2004 e 2007.	143
APÊNDICE L: Dados utilizados para identificação da atuação dos sistemas atmosféricos na gênese das chuvas em Posse – GO em 2001, 2004 e 2007.	144

INTRODUÇÃO E JUSTIFICATIVA

A existência de populações humanas nas mais diversas partes do planeta é a comprovação da grande capacidade de adaptação que o ser humano possui em relação às condições ambientais. Estas adaptações, entre outros fatores, estão ligadas, principalmente, aos aspectos climáticos nas mais diversas escalas geográficas, pois é o clima um dos mais importantes componentes naturais modeladores do espaço e das condições de vida. As condições climáticas influenciam diretamente as atividades humanas, que, por sua vez, também podem influenciar aspectos locais do clima, e também em microescala. Os elementos como ar, água, alimento e abrigo, essenciais à sobrevivência, dependem inteiramente do clima (CONTI, 1998; AYOADE, 2007).

Nesse sentido, o interesse pelo conhecimento dos fenômenos atmosféricos e suas repercussões na superfície terrestre pode ser constatado desde a antiguidade. Com a evolução do conhecimento científico, evoluíram, também, as investigações relacionadas ao comportamento dos elementos climáticos sob a influência dos fatores geográficos. Os estudos da gênese e da dinâmica climática proporcionam um conhecimento minucioso do funcionamento dos fenômenos climáticos e sobre a forma em que eles repercutem nas atividades humanas e ajudam a entender o aspecto geográfico do clima, em síntese.

As pesquisas climatológicas relacionadas a esse tema no Brasil têm como base a ampla contribuição dada pelo Geógrafo brasileiro Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro (MONTEIRO, 1962, 1963, 1964, 1968, 1969, 1971, 1973, 1976, 1980, 1991, 1999, 2000) ao vasto e complexo campo da climatologia geográfica brasileira. Entretanto, as diversas investigações que vêm sendo realizadas no âmbito desta área de pesquisas têm se concentrado especialmente em algumas das regiões brasileiras, principalmente no Sul, Sudeste e Nordeste (ZAVATTINI, 2010, 2014).

Dentre os estudos que tratam dos aspectos climatológicos no Estado do Tocantins, território que até 1988 pertencia ao Estado de Goiás, estão alguns clássicos da literatura climatológica, como, por exemplo, Azevedo (1968), que trata dos aspectos climatológicos em escala nacional, e Fonzar (1990), que estuda os campos de pressão da América do Sul e sua atuação na caracterização dos climas do cerrado do Centro-Oeste do Brasil (ZAVATTINI, 2004).

A representação dos aspectos climáticos do Estado do Tocantins encontra-se exposta também no trabalho de Nimer (1979), que realiza um estudo climático individualizado para cada

região do território brasileiro. Esse trabalho apresenta informações relevantes sobre o norte de Goiás, atual território do Estado do Tocantins, que só foi criado em 1988. Em escala regional, verifica-se a existência de apenas alguns trabalhos que se referem aos principais aspectos climatológicos do Estado do Tocantins. Dentre eles, o “Atlas” do Tocantins desenvolvido pela Secretaria Estadual de Planejamento (SEPLAN-TO), no qual constam três mapas que apresentam aspectos climáticos do Estado: um que apresenta uma regionalização climática, e outros dois, que representam a distribuição da temperatura e da precipitação com base no método de Thornthwaite (TOCANTINS, 2012).

Estudos climatológicos relacionados aos aspectos da precipitação foram realizados nos últimos anos no Estado do Tocantins. Um deles no âmbito do Laboratório de Análises Geo-Ambientais (LGA), Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Tocantins, por Silva (2013), que teve o objetivo de relacionar a distribuição das chuvas e a produção de soja no município de Pedro Afonso (TO). Outro estudo foi produzido por Pinto (2013), em formato de dissertação de mestrado apresentada no Programa de Pós-Graduação da Universidade Estadual Paulista (UNESP/Rio Claro), e o objetivo desta pesquisa foi verificar e apresentar a distribuição espacial e temporal das chuvas no Estado do Tocantins. Estes estudos tiveram como uma das principais metas o conhecimento da gênese e dinâmica climáticas da área de pesquisa em foco valendo-se do paradigma do ritmo climático e da técnica da análise rítmica.

Apesar disso, ainda faltam estudos que apresentem uma abordagem de cunho geográfico, considerando características regionais e locais de organização do espaço a influência sobre a paisagem e a adaptação à realidade climática e relacionando-os com os aspectos da dinâmica climática e hidrológica.

O interesse pelo conhecimento do clima do Estado do Tocantins, apresentado aqui, ocorreu devido à verificação de que a sua porção sudeste apresenta uma condição climática que afeta as populações urbana e rural. Trata-se do prolongado período de ausência de chuvas, esgotamento de mananciais e redução do nível freático, que ocorrem devido à antecipação da estação seca, quando as chuvas cessam ainda no mês de abril ou quando ocorre o atraso na retomada destas no mês de outubro.

Ao verificar a distribuição e o regime das chuvas no Estado do Tocantins, na pesquisa realizada por Pinto (2013), é possível constatar que, os municípios da região sudeste desta

unidade da federação, apresentam um regime com distribuição das chuvas irregular ao longo do ano. O período chuvoso estende-se de outubro a abril, podendo ser menor, e o período seco inicia-se em maio e termina em setembro, podendo ser mais prolongado. A distribuição temporal e o volume da precipitação são os aspectos que mais chamam a atenção, pois chove em média 800 mm concentrados de quatro a seis meses. Já no período seco, que dura em média seis meses, três deles apresentam ausência total de chuva, e os outros três meses com contribuição pouco significativa no total anual (no máximo 12%).

Ademais, a distribuição espacial também é bastante desigual em anos de padrão diferente, pois, em anos habituais e chuvosos a porção leste apresenta-se mais chuvosa que a parte oeste, porém em anos de padrão seco toda a região é afetada pela ausência de chuvas. Desse modo, a distribuição concentrada do volume pluviométrico, que ocorre durante os meses de novembro a março, quando associada ao prolongamento do período seco provoca transtornos recorrentes à população que vive nessa área.

No que se refere aos problemas sociais e ambientais, causados por longos períodos sem precipitação de chuva (quando as chuvas cessam bem antes do fim do verão e a retomada da estação chuvosa na primavera é retardada) na região sudeste do Estado do Tocantins, basta recorrer à mídia local para constatar inúmeras situações, como, por exemplo, as ocorridas no ano de 2007. Em várias edições durante os meses julho e agosto daquele ano, o Jornal do Tocantins retratou a situação dos municípios do Sudeste do Estado. Naquele ano, o episódio foi mais intenso, a estiagem atingiu os municípios de Dianópolis, Ponte Alta do Bom Jesus, Taguatinga, Conceição do Tocantins, Arraias e Paranaíba. Nos dois últimos, mais de oito mil pessoas foram afetadas. Além de causar a morte de animais, o esgotamento dos mananciais também provocou a falta de água potável. Em 2007 o estio foi tão intenso que atingiu municípios da região Sul do Estado, tais como Gurupi, Dueré e Aliança do Tocantins (JORNAL DO TOCANTINS, 2007).

O ano de 2007 foi caracterizado pela ocorrência de seca acentuada no Sudeste do Estado do Tocantins, com o esvaziamento de cisternas e o esgotamento de córregos. Essa situação apresentou consequências calamitosas, como o aumento da mortalidade de bovinos e a perda de grande parte da produção agrícola, havendo inclusive a necessidade de distribuir cestas básicas para os moradores das localidades atingidas (JORNAL DO DURO, 2007). As prefeituras de 13 municípios, onde cerca de 23 mil pessoas foram afetadas, decretaram situação de emergência.

Essas localidades precisaram ser atendidas por carros-pipa, disponibilizados pela Defesa Civil Estadual, além disso, as cestas básicas enviadas pelos governos Estadual e Federal não foram suficientes para atender à demanda (UFT, 2008).

Observando esses fatos reportados pela mídia local, sempre que o período seco se prolonga, percebe-se que os longos períodos com ausência de chuva (de abril a novembro) que causam redução do nível do lençol freático ocorrem todo ano, com maior ou menor intensidade, na porção sudeste do Estado, representando um problema para as populações dos municípios atingidos.

As populações que vivem nas zonas urbana e rural, nos municípios de Arraias, Aurora do Tocantins, Combinado, Conceição do Tocantins, Dianópolis, Lavandeira, Novo Alegre, Novo Jardim, Paranã, Ponte Alta do Bom Jesus, Taguatinga e Taipas do Tocantins, que estão localizados na área de drenagem da bacia hidrográfica do Rio Palma, uma das bacias hidrográficas mais importantes da região sudeste do Estado do Tocantins, enfrentam, com certa frequência, dificuldades na realização de tarefas domésticas e na produção de alimentos para subsistência causadas pela escassez sazonal de água. Apesar da sua frequente ocorrência, esse fenômeno é tratado como um evento extremo. Entretanto, essa escassez de água se repete anualmente com diferentes intensidades e duração, e pode estar relacionada, sobretudo, com a dinâmica atmosférica e o regime das chuvas em escala regional e às características do solo, que implicam a baixa manutenção dos mananciais e a redução do nível do lençol freático.

A gestão dessa bacia hidrográfica é realizada por órgãos competentes ligados à Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Estado do Tocantins e pela Agência Tocantinense de Saneamento (ATS). Pelo fato de a estiagem apresentar o grave problema ambiental, a região sudeste, que compreende a bacia hidrográfica aqui estudada, tem recebido merecida atenção por meio de ações voltadas para aplicação de políticas públicas e a criação de instrumentos de gestão como, por exemplo, o Programa Tocantins Sede e o Plano da bacia hidrográfica do Rio Palma.

Neste sentido, o Governo do Estado do Tocantins vem tomando, desde o ano de 2007, medidas para mitigar os efeitos das estiagens prolongadas junto à população urbana e rural. Em 2008, foi realizado um estudo na bacia hidrográfica do Rio Palma e, posteriormente, divulgado um relatório síntese do “Plano da bacia hidrográfica do Rio Palma”. Tal Plano, embora apresente uma excelente caracterização físico-natural (contendo dados hidrológicos, pedológicos e

geológicos de grande relevância), e também dados socioeconômicos da bacia do Rio Palma, não apresenta nenhum tipo de análise da dinâmica atmosférica, que vise contribuir com o conhecimento do funcionamento do fenômeno que assola a região. Este documento apresenta informações descritivas acerca de diversos aspectos da região estudada e propõe alguns programas de ação para a gestão dos recursos hídricos. Também foi criado o Comitê da bacia hidrográfica do Rio Palma para discutir ações que visem à mitigação do problema.

A partir destas iniciativas, o projeto “Tocantins Sem Sede”, desenvolvido pela Agência Tocantinense de Saneamento (ATS) em parceria com o Governo Federal, está sendo implementado por meio da instalação de 11.350 caixas d’água, para armazenar a água das chuvas, uma solução paliativa para o problema. Também foi autorizada a perfuração de 38 poços artesianos e, mais recentemente, foi desenvolvido o projeto “Barraginhas”, que promove a construção de 117 pequenas represas para armazenar a água das chuvas e do escoamento superficial. De acordo com informações na página oficial do governo do Estado, este projeto deve atender também a região norte do Tocantins.

Do artigo 2º do decreto 4.586, de 3 de julho de 2012, que institui o Programa Tocantins sem Sede, consta que ele “tem abrangência em todo o Estado, priorizando o atendimento às famílias de baixa renda”. Este texto indica que o principal critério de aplicação do projeto é a condição socioeconômica, apesar de inúmeros outros fatores (hidroclimáticos, vegetação, relevo, solo) serem considerados para aplicação de projetos. Contudo, o projeto já apresenta inúmeros problemas em sua implantação.

Até o momento, pelo menos dois dos projetos (a instalação de caixas d’água e a construção de barragens) apresentaram graves problemas. O primeiro, no sistema de distribuição dos reservatórios, investigado na justiça por suspeita de beneficiar indevidamente a algumas pessoas. E, também, na instalação, pois a manutenção da água neste tipo de reservatório não demonstrou ser eficaz em inúmeros casos. Em regiões em que o período seco é mais longo, o Estado tem que fornecer caminhões-pipa para encher as “cisternas”, e, em alguns casos, os moradores precisam comprar água para reabastecer os reservatórios, porque as chuvas não são suficientes para encher a caixa d’água de 16 mil litros. Em outros casos, as “cisternas” foram instaladas em regiões próximas a cursos d’água perenes, áreas que deveriam ter distribuição de água encanada, ao invés de coleta de água da chuva.

O segundo projeto apresentou falhas no sentido prático, uma vez que as barragens que foram feitas secam muito rapidamente, devido ao solo poroso no qual foram construídas. Ademais, todo ano o governo estadual decreta Estado de Emergência para a maioria dos municípios do sudeste, fato que serve de indício para a ineficiência parcial dos projetos. Nesse contexto, sua execução ultrapassou pouco mais de 30% do número de instalações das cisternas previstas até 2015 (CONEXAOTO, 2015).

Apesar do desenvolvimento e da aplicação desses projetos, a intervenção parece não estar tendo o efeito satisfatório, prova disso é que, em julho de 2015, o Estado do Tocantins novamente decretou Estado de emergência em 27 municípios localizados na região sudeste. Em 2016, foi decretado estado de emergência em 22 municípios da região sudeste (G1-TOCANTINS, 2016).

Nota-se, então, que, apesar da existência de projetos de intervenção e mitigação, o problema persiste. Desse modo, é necessário fazer o seguinte questionamento, que, por sua vez, torna-se a questão norteadora desta pesquisa: Por que a aplicação de medidas e políticas públicas no sentido de atenuar os impactos causados pela seca não estão surtindo o efeito desejado diante da persistência do problema? Nesse caso, a hipótese geral é que tais projetos estão sendo realizados sem levar em consideração tanto os aspectos físico-naturais da região, quanto as características socioeconômicas da população atingida.

Desse modo, considera-se que, para que ocorra a aplicação adequada e o relativo sucesso de projetos como esses, é necessária a realização de estudos detalhados sobre os aspectos do relevo, tipo de solo, cobertura vegetal e, principalmente, das particularidades climáticas da região. Além disso, também as características socioeconômicas precisam ser consideradas no processo de intervenção, pois elas estão em constante inter-relação com o problema ambiental. Nesse sentido, tal estudo precisa ser conduzido a partir de uma abordagem holística, verificando, no mínimo, de forma integrada, as implicações socioambientais do problema.

Sendo assim, este trabalho visa a contribuir para a compreensão do problema aqui apresentado e tem como objetivo geral fornecer subsídios ao planejamento e gestão da bacia hidrográfica do Rio Palma, no contexto da seca, a partir de uma análise integrada, que terá uma perspectiva socioambiental, levando em consideração os aspectos climáticos, físico-naturais e também socioeconômicos dos 12 municípios que estão compreendidos nesta área de drenagem. Considera-se que, a partir de um estudo com este viés, será possível identificar as características

específicas de cada porção da área de estudo e, dessa forma, subsidiar a adequação dos projetos que já estão em execução e aqueles que poderão ser realizados no futuro, tais como ações e políticas públicas de mitigação e adaptação à estiagem e à seca. É nesta perspectiva, que a presente pesquisa apresenta um carácter inovador, pois propõe a realização de uma investigação, em uma área de extrema carência socioeconômica, e almeja uma abordagem que integre as características sociais e ambientais da área.

Para a realização do objetivo principal desta pesquisa, será tomada como base uma proposta metodológica que utilizará a Análise Empírica das Fragilidades Ambientais, a Gênese e a Dinâmica Climática e, o Índice de Vulnerabilidade Social da população compreendida no território da bacia hidrográfica do Rio Palma. Essas metodologias foram adaptadas para atender as peculiaridades da área de estudo.

Para garantir a execução desse objetivo, foram elencados alguns objetivos específicos, que seguem: a) Identificar e classificar por regiões a fragilidade ambiental; b) Levantar aspectos da dinâmica das massas de ar e sua participação na gênese das chuvas da região sudeste do Tocantins; c) Evidenciar a vulnerabilidade social e compará-la com a fragilidade ambiental; d) Analisar a vulnerabilidade socioambiental da área de estudo.

CAPÍTULO I - EMBASAMENTO TEÓRICO-METODOLÓGICO

1.1 A abordagem sistêmica na geografia.

O objetivo deste item é levantar conceitos e tecer conhecimentos a respeito da Teoria Geral dos Sistemas e da abordagem geossistêmica em Geografia. Tal revisão teórica servirá como base para as demais abordagens metodológicas que serão desenvolvidas ao longo desta pesquisa.

A abordagem sistêmica tem sua base na teoria Geral dos Sistemas, que, por sua vez, pressupõe a caracterização, definição e classificação dos sistemas. Dentre os precursores da Teoria Geral dos Sistemas, estão várias correntes e escolas, tais como as Escolas Americana, Inglesa, Polonesa, Franco-Belga, Soviética e Biologista. Esta última representou forte influência e alcance na Teoria Geral dos Sistemas, e nela trabalhava Ludwing von Bertalanffy, um dos maiores precursores da teoria (MACIEL, 1974).

A Teoria Geral dos Sistemas teve ampla aplicação nas mais diversas áreas do conhecimento científico. No Brasil, foram inúmeros os esforços na compreensão da teoria dos sistemas. Trabalhos como os de Churchman (1972), Maciel (1974), Chorley (1975), e Christofolletti (1979) permitiram um amadurecimento da concepção de sistemas no seio da ciência geográfica.

No que se refere à caracterização da composição de um sistema, Maciel (1974, p. 21) considera que “um sistema (todo) é composto de elementos (partes). Ao conceber um sistema, entretanto, é necessário incluir mais dois atributos: o conjunto das relações que ligam entre si os elementos do sistema, e o conjunto das atividades desses elementos”. Christofolletti (1979), por sua vez, assinala que, a partir das definições de Hall e Fagen (1956), de Thornes e Brunsten (1977) e de Miller (1965), um sistema deve conter: a) elementos ou conjuntos: partes que estão inseridas no sistema, o compõem; b) relações: ocorrem entre os elementos, por meio de fluxos e a partir de ligamentos; c) atributos: caracterizam-se pelas suas qualidades; d) entrada (*input*): refere-se à entrada de energia ou matéria que dá origem ou manutenção ao funcionamento do sistema; e) saída (*output*): definida como o produto final, que surge após as transformações da energia/matéria adquirida no *input*.

No que tange à composição de um sistema, Christofolletti (1999) considera que existem inúmeros aspectos a serem considerados, sendo que, alguns deles, os mais importantes, estão relacionados à matéria, à energia e à estrutura desse sistema.

Cada um desses aspectos podem ser caracterizados e definidos a partir da composição de cada sistema. A *energia* apresenta-se como as forças que promovem o funcionamento do sistema. Alguns tipos clássicos de energia são a solar e a gravitacional, que movimentam inúmeros sistemas no planeta Terra – a título de exemplo, tem-se o ciclo hidrológico. Quando um sistema exerce determinada função, ocorre o *input* e o *output* de matéria; no caso do ciclo hidrológico, a principal matéria transportada é a água. No que se refere à estrutura de um sistema, tudo dependerá do arranjo e das relações entre seus componentes.

A classificação dos diferentes sistemas concebida para a análise geográfica considera inúmeros aspectos. Nesse sentido, considera-se que existem sistemas *isolados*, que são aqueles que empreendem funcionamento sem que haja perda ou ganho de energia ou matéria. Esse tipo de sistema é raro na natureza, sendo considerado apenas em ensaios teóricos. Existem também os sistemas não isolados; estes, por sua vez, estão em relação direta com o universo no qual exercem funcionamento e podem ser subdivididos em sistemas não isolados *fechados* (nos quais ocorre permuta apenas de energia) e os não isolados *abertos* (nesses ocorrem a troca tanto de energia quanto de matéria).

Na Geografia, a aplicação da Teoria Geral dos Sistemas foi impulsionada a partir do surgimento da teoria dos Geossistemas. Esta teoria teve grande impulso no Brasil com os trabalhos de Bertrand (1972), V. B. Sotchava (1977, 1978), Chorley (1974a, 1974b, 1975), Christofolletti (1979, 1986-1987, 1988, 1990, 1999), Monteiro (1978, 1996, 2000) e Troppmair (2006).

Em seu célebre trabalho “Paisagem e Geografia Física Global: Esboço Metodológico”, Bertrand (1972) apresenta o geossistema como uma unidade da paisagem e, em 1978, elabora critérios para a classificação de geossistemas.

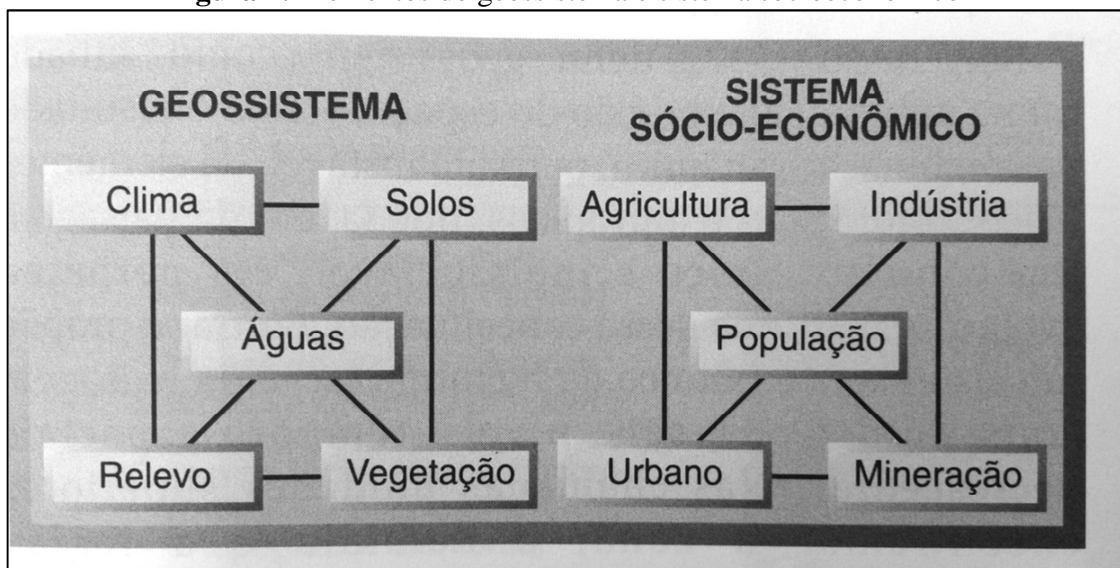
De acordo com Napoleão (2007, p. 22),

O termo geossistema assume a concepção de um conjunto de sub-sistemas hierarquicamente organizados que representam a estrutura física, química e biológica terrestre. Busca representar os elementos da litosfera, biosfera e atmosfera por subsistemas que interagem permanentemente, dando forma e

transformando continuamente as paisagens terrestres. A interação entre esses elementos é traduzida na forma de processos que envolvem substancialmente a troca de matéria e energia.

Christofolletti (1999) elucida que os elementos do sistema Socioeconômico não estão incorporados ao Geossistema, entretanto estão em permanente interação com os seus elementos. Portanto, um estudo que vise a compreender as organizações espaciais deve considerar as inter-relações existentes entre os elementos do geossistema e do sistema socioeconômico (Figura 1).

Figura 1: Elementos do geossistema e sistema socioeconômico



Fonte: Christofolletti (1999).

Ao discorrer sobre os sistemas socioeconômicos, Christofolletti (1999) elucida que

Em sua composição encontram-se os elementos ligados com as cidades, uso do solo rural, indústrias e redes de circulação. Tais elementos tornam-se os componentes materializáveis e expressáveis nos panoramas paisagísticos da estruturação espacial. Nos sistemas socioeconômicos, a função essencial de controladora dos processos e da dinâmica dos sistemas é exercida pelo grupo humano ou sociedade (CHRISTOFOLETTI, 1999, p. 45).

Desse modo, a análise geográfica, que, segundo Cristofolletti (1983), deve ter como objeto *as organizações espaciais*, encontra a fundamentação necessária para realizar estudos de abordagem holística. Com base nessas contribuições teóricas a respeito da Teoria Geral do

Sistemas (TGS) e da aplicação dos Geossistemas na geografia, foram desenvolvidos inúmeros modelos de sistemas.

Existem diversos tipos de modelagem utilizados, por exemplo, em estudos hidrológicos. Alguns têm a função de favorecer a simplificação e a generalização, como, por exemplo, o modelo global do ciclo hidrológico. Tal modelo concebe a transição da água pelos seus diversos Estados (sólido, gasoso e líquido), e representa o modelo conceitual básico em hidrologia. Essa concepção norteia as mais diversas formas de análise. Entretanto, a hidrologia enfrenta um grande obstáculo, que é “definir a relação entre o *input* da chuva e a parte do *output* representada pelo escoamento direto” (MORE, 1975, p. 105). Christofolletti (1979, p. 46) considera que “o ciclo hidrológico representa o sistema em sequência dos mais comumente citados. Podemos, numa opção, descrever o seu conjunto e considerar os oceanos, a atmosfera e os continentes com os principais subsistemas”.

Os modelos de prognóstico hidrológico, baseados em métodos estatísticos, são utilizados na engenharia de construção de grandes obras hidráulicas e direcionam seu foco para a predição de eventos extremos, considerando, assim, estudos sobre a ocorrência desses fenômenos em uma escala temporal de maior magnitude. A modelagem de sistemas hidrológicos também é bastante utilizada para o planejamento de recursos hídricos (MORE, 1975).

More (1975) considera que

Os modelos gerais de bacias de drenagem, em Hidrologia, podem ser também convenientemente divididos nos enfoques físicos e de sistemas (Amarocho e Hart, 1964); os primeiros tentando compreender cada mecanismo e interação do ciclo hidrológico, em busca de uma síntese completa e racional; ou últimos preocupados com a determinação de relações operacionais entre os subsistemas dos componentes hidrológicos, de forma que os eventos hidrológicos possam ser previstos pelos inputs climáticos conhecidos (MORE, 1975, p. 122).

Da análise do sistema hidrográfico não constam apenas modelos físicos, pois, à medida que a abordagem toma um aspecto mais holístico, passa a considerar outros fatores que podem influenciar diretamente no funcionamento de um sistema físico como uma bacia hidrográfica. No planejamento e gestão dos recursos hídricos, é necessário considerar fatores como a ocupação humana na bacia e as implicações que as atividades econômicas e sociais exercem sobre o sistema observado. Nesse sentido, a modelagem hidrológica propõe a análise a partir dos modelos

hidroeconômicos, que, conforme More (1975, p. 130), “tentam simplificar e simular os aspectos hidrológicos e econômicos de um projeto”.

Os modelos em climatologia e em meteorologia estão presentes, na atualidade, devido a questões climáticas cada vez mais relacionadas ao modo de vida, produção e consumo da sociedade humana atual. Entretanto, apesar do destaque para os modelos de predição de eventos climáticos, como é constantemente presenciado na mídia global, desde o início do desenvolvimento dos estudos climáticos e meteorológicos a modelagem teve seu papel fundamental.

Assim como em hidrologia, na climatologia também são utilizados modelos de generalização. Dentre eles, o mais conhecido é o modelo de circulação geral da atmosfera. Várias foram as tentativas de representar esse fenômeno global, e, em sua maioria, eram modelos conceituais.

Contudo, há uma diferença entre os modelos tradicionais utilizados na climatologia e na meteorologia. Segundo Barry (1975, p. 64), apesar de não serem excludentes, “os modelos climatológicos são primordialmente estatísticos, enquanto os meteorológicos são físico-matemáticos”. A utilização de modelos em climatologia varia, também, de acordo com a vertente assumida pelo pesquisador dessa área de conhecimento. Isso porque os estudos climatológicos seguem diferentes abordagens, nas quais os fenômenos climáticos são considerados de maneira estática ou dinâmica.

1.2 A bacia hidrográfica como unidade de análise ambiental integrada

A adoção da bacia hidrográfica como unidade de análise em estudos que possuem abordagem calcada na visão sistêmica é empregada internacionalmente nas mais diversas áreas do conhecimento. A utilização dessa unidade como recorte espacial favorece a pesquisa que aborda as interações entre o meio físico natural e a sociedade, e também a definição de classificações ou níveis hierárquicos das sub-bacias.

De acordo com Souza (2013, p. 118),

No campo das Ciências da Natureza e das Geociências, a B.H. tem uma grande aceitação quando se propõe fazer estudos de análise ambiental, visto que a mesma comporta uma área territorialmente bem definida e com características físicas bem reconhecíveis e, os muitos trabalhos já feitos, atestam esta perspectiva. Abordagens metodológicas com análise espacial geossistêmica e socioeconômica adotam a B.H no que concerne à tomada de decisões sobre recursos hídricos.

Nesse sentido, a aplicação dos estudos com abordagem geossistêmica tem muita relação com a análise geográfica, que utiliza como unidade territorial a bacia hidrográfica. Na descrição de bacias hidrográficas do ponto de vista da análise sistêmica, Christofolletti (1979) considera que alguns fatores, tais como os biogeográficos, as condições climáticas e geológicas, constituem o ambiente. Assim, o autor destaca que

os parâmetros relevantes que descrevem fornecimentos para as bacias de drenagem são os relacionados com a quantidade de calor (expressa pela temperatura), de precipitação (chuvas, neve etc.), área e volume dos afloramentos litológicos, área e densidade da cobertura vegetal [...]. (CHRISTOFOLETTI, 1979, p. 8).

A análise de um sistema hidrográfico, após considerar os elementos fundamentais, é realizada a partir da consideração do “balanço”, que se refere diretamente à quantidade de água que entra e sai da rede de drenagem. O modelo matemático de Penman, elaborado na década de 1950, considera o seguinte: “Estoque inicial + Precipitação = Evaporação + Escoamento + Estoque Final” (MORE, 1975, p. 105).

A análise geográfica de uma bacia hidrográfica visa compreender como se organiza o espaço nessa unidade territorial. Nessa perspectiva, a abordagem sistêmica favorece uma visão mais ampla e permite conhecer as relações que se dão entre os elementos que compõem esse sistema. Devem ser consideradas as relações entre os elementos humanos tais como demografia, urbanização, aspectos culturais que compõem o sistema socioeconômico, e suas interações com elementos naturais do geossistema, tais como vegetação, solos, relevo e clima.

A análise dos elementos e processos que compõem a bacia hidrográfica é o cerne da presente pesquisa. Desse modo, é necessário esclarecer que não é objetivo desta tese a identificação de geossistemas ou classificação de subsistemas. O intuito principal deste estudo é o conhecimento e a caracterização dos aspectos físico-ambientais e vulnerabilidades socioeconômicas da área de estudo. No entanto, tal delimitação de objetivo não esgota ou

inviabiliza estudos posteriores com objetivos mais definidos em relação ao estudo dos geossistemas.

1.3 As noções de vulnerabilidade natural, ambiental e social, risco e ameaça

Os conceitos de fragilidade, risco, ameaça e vulnerabilidade apresentam ampla utilização nas mais diversas áreas do conhecimento, e tal fato pode dificultar o consenso. Na ciência geográfica, que, de acordo com Christofolletti (1983), tem como objeto de análise as organizações espaciais, a utilização desses conceitos é fundamental quando se pretende realizar uma abordagem integrada. Esta revisão conceitual não pretende esgotar as concepções, mas, sim, justificar a perspectiva empregada na presente pesquisa.

O termo vulnerabilidade é multifacetado e apresenta diferentes definições de acordo com o contexto e a abordagem a que possa ser submetido. Essas diferenças são evidenciadas de acordo com as palavras que podem acompanhá-lo. Por exemplo, nota-se a diferença entre vulnerabilidade natural, ambiental e vulnerabilidade social. Para Tricat (1977), Girgio (2003) e Zanela (2013), a *vulnerabilidade natural (fragilidade ambiental)* está associada aos estágios de maior ou menor estabilidade/instabilidade dos elementos físicos e bióticos, que ocorrem devido a diferentes níveis de intensidade dos processos morfogenéticos.

Quando um estudo trata ou refere-se à *vulnerabilidade ambiental*, ela terá relação direta com as atividades antrópicas, pois se trata da capacidade que os elementos físicos possuem para suportar ou responder às interferências humanas em processos naturais, afetando diretamente o equilíbrio deles (SANTOS e CALDEYRO, 2007; TAGLIANI, 2002; ZANELA et al., 2013).

No que tange à concepção de vulnerabilidade social, Zanela (2013) considera que,

Nas ciências da sociedade, a vulnerabilidade social decorre de fenômenos diversos, com causas e consequências distintas, que afetam de forma diferenciada as pessoas e os grupos sociais. As condições culturais, étnicas, políticas, econômicas, educacionais, sociais e de saúde vão tornar as pessoas e os grupos sociais mais ou menos vulneráveis, ou seja, refletem na capacidade de enfrentar, superar ou minimizar as dificuldades e aproveitar as oportunidades para melhorar sua situação de bem-estar (ZANELA et al., 2013, p. 320).

Desse modo, de acordo com os autores citados acima, são inúmeros os fatores que podem colaborar para situação de vulnerabilidade social.

Zanela et al. (2013, p. 321), ao tecerem considerações sobre resultados de Deschamps (2004), consideram que a vulnerabilidade socioambiental abrange a vulnerabilidade social e a ambiental e pode de ser definida como “um espaço onde coexistem ambientes e populações em situação de risco, expondo aos indivíduos e os grupos sociais às adversidades decorrentes de fenômenos naturais severos”.

Na abordagem dos desastres naturais, a noção de vulnerabilidade encontra outras possibilidades de aplicação, pois se trata, agora, de uma abordagem que considera também o risco e a ameaça. A utilização dos conceitos mencionados neste parágrafo também se apresenta de forma bastante diversa e, por vezes, distinta na literatura de inúmeras áreas do conhecimento. Apesar da relevância dessa discussão teórica, não se fará, aqui, uma grande revisão de todas essas formas de abordagem que utilizam os termos em foco, mas, sim, um direcionamento que justifique as escolhas que norteiam o presente trabalho.

Souza (2006) demonstra sua preocupação ao tratar da noção de risco e risco ambiental, e salienta que a falta de rigor conceitual compromete as investigações que são realizadas acerca dos riscos ambientais e dificulta o diálogo entre pesquisadores que demonstram interesse e preocupação sobre o assunto. Para Souza (2006, p. 9), “a noção de risco é freqüentemente tratada como um produto da probabilidade de ocorrência de um fenômeno natural indutor de acidentes pelas possíveis conseqüências que serão geradas (perdas econômicas ou sociais) em uma dada comunidade”. O autor citado ressalta que essa noção tem sido refutada por pesquisadores como Campos (1999), Lavell (1999) e Cardona (2001). Ao sintetizar as ideias desses autores da Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en America Latina-LA RED, Souza (2006, p. 10) explica que

a situação de risco é caracterizada pela presença simultânea (ou pela interação) de dois componentes: a ameaça e a vulnerabilidade. A ameaça está relacionada às condições físico-naturais do terreno ou da área ocupada, indicando sua maior ou menor suscetibilidade à ocorrência de fenômenos que podem colocar o homem em situação de perigo, como os escorregamentos, as inundações, os terremotos, os furacões etc. Já a vulnerabilidade diz respeito às condições objetivas e subjetivas de existência, historicamente determinadas, que originam ou aumentam a predisposição de uma comunidade a ser afetada pelos possíveis danos decorrentes de uma ameaça.

Portanto, nota-se, a partir dessa interpretação, que, para que haja risco, é preciso que uma população que se encontre em situação de vulnerabilidade esteja exposta a uma ameaça iminente, como, por exemplo, escorregamentos de massa, enchentes, alagamentos, seca etc. Nesse sentido, o risco pode ser entendido como uma situação adversa e/ou extrema que possa vir a ocorrer causando danos materiais e imateriais a determinada população. Sendo assim, para estar vulnerável, essa população precisa estar exposta a uma ameaça, seja ela econômica ou ambiental.

Com base nesse entendimento, a presente pesquisa posiciona a seca nessa perspectiva de análise.

1.4 A seca como um desastre natural

A seca, conforme Conti (1998, p. 36), constitui-se em um tipo de flagelo climático que pode afetar diretamente a biosfera e causar consequências desastrosas, em especial quando a sociedade não está preparada para enfrentar o problema. Segundo o autor, “as secas ocorrem quando há insuficiência de água no ambiente, ou seja, quando o volume de precipitação é insuficiente para repor a água retirada pelos altos índices de evaporação e evapotranspiração”.

A seca é um fenômeno meteorológico influenciado por condicionantes atmosféricos que atuam nas mais diversas escalas, e pode apresentar grandes consequências ambientais e sociais. Segundo Castro (2003), a seca torna-se um fenômeno também social pelo fato de estar associada a uma situação de miséria ou pobreza extrema. Desse modo, “Para que se configure o desastre, é necessário que o fenômeno adverso, caracterizado pela ruptura do metabolismo hidrológico, atue sobre um sistema ecológico, econômico, social e cultural, vulnerável à redução das precipitações pluviométricas” (op. cit., p. 59).

Para ser considerada como um desastre, precisa-se levar em conta que a ocorrência da seca deve acontecer em caráter ocasional, pois, em regiões nas quais as precipitações são reduzidas de modo imutável, como é caso de regiões áridas, a sociedade humana e os ecossistemas possuem características que lhes permitem sobreviver nesse ambiente, mesmo com a escassez hídrica permanente. No caso da redução das chuvas em período prolongado, seca ocasional, a sociedade e a biocenose não estão adaptadas à adversidade climatológica, e, portanto,

estão vulneráveis às secas que ocorrem de forma cíclica, porém não necessariamente previsível (CASTRO, 2003).

Concomitantemente aos estudos relacionados às Mudanças Climáticas, que estão sendo verificados atualmente, as pesquisas que tratam a seca enquanto um desastre e um *Hazard* vêm crescendo no Brasil. De acordo com Mattedi e Butzke (2001, p. 3), hazards “é uma categoria que se destaca pela dificuldade de precisá-la conceitualmente.” Para Mandola e Hogan (2004), os eventos, extremos ou não, que ocorrem na superfície terrestre, tais como terremotos ou furacões, não são necessariamente considerados como um *Hazard*, pois, para que assim sejam considerados, precisam ocorrer em áreas habitadas e colocar em perigo as populações humanas, causando danos e perdas. Desse modo, para Mattedi e Butzke (2001), um *Hazard* (perigo) é provocado pela ocorrência de um desastre, um evento danoso que pode ser inesperado ou súbito.

Segundo Mattedi e Butzke (2001), os *Hazards* passaram a ser considerados sob nova perspectiva, aquela de que não seriam produto apenas de eventos geofísicos, mas da interação ou combinação entre as forças humanas e as da natureza. Sendo assim, esses autores consideram que eventos só podem ser considerados *Hazards* se afetarem as atividades humanas. Contudo, salientam que essa consideração não se faz relevante apenas pelo fato de ver as pessoas como vítimas dos eventos, mas porque elas também podem influenciar na definição da essência de um *Hazard*. Desse modo, “considerando-se a perspectiva física e a perspectiva humana, *Hazards* podem ser definidos como uma complexa rede de fatores físicos que interagem com a realidade cultural, política e econômica da sociedade” (MATTEDI e BUTZKE, 2001, p. 7).

No Brasil, a abordagem da seca como um *Hazard* ainda é incipiente, mas já existem inúmeros estudos que tratam desse fenômeno como um desastre. O Manual elaborado por Castro (2003) apresenta uma detalhada caracterização de Desastres Naturais ocorridos no Brasil, suas causas, ocorrências, principais consequências e as formas de mitigação. No que se refere à estiagem e seca, verificam-se as informações descritas no quadro a seguir.

Quadro 1: Definição de estiagem e seca

ESTIAGEM	
Caracterização:	As estiagens resultam da redução das precipitações pluviométricas, do atraso dos períodos chuvosos ou da ausência de chuvas previstas para uma determinada temporada.
Causas:	A estiagem, enquanto desastre, relaciona-se com a queda intensificada das reservas hídricas de superfície e de subsuperfície e com as consequências dessa queda sobre o fluxo dos rios e sobre a produtividade agropecuária. A redução das precipitações pluviométricas relaciona-se com a dinâmica atmosférica global.
Considera-se que existe estiagem quando:	- o início da temporada chuvosa em sua plenitude atrasa por prazo superior a quinze dias; - as médias de precipitação pluviométricas mensais dos meses chuvosos alcançam limites inferiores a 60% das médias mensais de longo período, da região considerada.
SECA	
Caracterização:	Do ponto de vista meteorológico, a seca é uma estiagem prolongada, caracterizada por provocar uma redução sustentada das reservas hídricas existentes.
Causas:	As secas que se instalam periodicamente na região Nordeste do Brasil relacionam-se com múltiplos fatores condicionados pela geodinâmica terrestre global em seus aspectos climáticos e meteorológicos.
Considera-se que existe seca quando:	As precipitações pluviométricas apresentam-se reduzidas, em caráter: - permanente: nas regiões de climas áridos e semi-áridos; - ocasional: em regiões onde os níveis de pluviosidade apresentam-se abaixo da normal, apenas em determinados períodos do ano ou mesmo em alguns anos.

Elaboração PINTO, P.H.P. 2017. Adaptado de CASTRO, 2003

No relatório fomentado pelo Banco Mundial e elaborado pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos de Brasília, publicado em 2016 com o título *Secas no Brasil: Políticas e Gestão Proativas*, o fenômeno da seca é abordado em todo o país evidenciando as suas causas, consequências e, também, trazendo algumas definições. Por vezes, a utilização dos termos seca, estiagem, escassez e aridez causa certa confusão, portanto, no quadro 2 são apresentadas algumas definições adotadas na obra supracitada que podem servir de subsídio para a presente pesquisa.

Quadro 2: Definição de seca, aridez e escassez hídrica

Fenômeno:	Definição:
Seca	A seca pode ser vista como um desvio em relação às condições de longo prazo de variáveis como precipitação, umidade do solo, água subterrânea e vazão fluvial. A seca costuma decorrer de um índice de disponibilidade de água natural abaixo da média devido à variabilidade climática, resultando em taxas de precipitação baixas e/ou taxas de evaporação altas.
Aridez	Aridez é uma característica permanente de um clima seco, enquanto que a seca é um desvio do clima de longo prazo. Seca é um fenômeno natural;
Escassez	A escassez de água ocorre quando a humanidade usa mais água do que há disponível naturalmente.

Fonte: Elaboração PINTO, P.H.P. 2017. Adaptado de Banco Mundial, 2016

A presente pesquisa dedica enfoque ao fenômeno da seca com base na visão apresentada aqui, em que esse fenômeno deve ser encarado tanto do ponto de vista dos eventos físico-ambientais quanto sociais, econômicos e políticos. Desse modo, os conceitos e definições servirão de ancoragem teórica para aplicação da abordagem metodológica que será utilizada neste estudo.

1.5 Aspectos teórico-conceituais da análise empírica da fragilidade ambiental

O estudo das fragilidades ambientais parte do pressuposto de que a natureza funciona como um sistema no qual ocorrem trocas de energia e matéria, ocorrendo, desse modo, processos que tendem ao equilíbrio dinâmico. A análise empírica da fragilidade ambiental é uma abordagem metodológica proposta por Ross (1994), que investiga as interações entre os componentes físico-bióticos da natureza de maneira integrada e apresenta os resultados por meio de classes de fragilidade em cartas temáticas e de síntese.

Essa análise de fragilidades ambientais apoia-se na concepção de Tricat (1977), que considera um balanço na relação entre pedogênese/morfogênese, tendo realizado nessa perspectiva a definição das Unidades Ecodinâmicas. Essas unidades foram classificadas em: a) Unidades Ecodinâmicas Instáveis – que foram intensamente modificadas pela ação antrópica, e b) Unidades Ecodinâmicas Estáveis – que não sofreram intervenção humana. No intuito de promover sua aplicação ao planejamento ambiental, Ross (1990) realizou a revisão e a ampliação desses conceitos. Uma das alterações foi a atribuição de classes de fragilidade às Unidades Ecodinâmicas Instáveis, e tal classificação considera desde a Instabilidade Muito Fraca até a

Muito Forte. No tocante às Unidades Ecodinâmicas Estáveis, Ross (op. cit.) considera que sempre há possibilidade de intervenção antrópica em ambiente natural, e, portanto, propõe a concepção de Unidades Ecodinâmicas de Instabilidade Potencial.

Além das considerações teóricas dessa abordagem, que compreende plenamente a visão sistêmica dos ambientes naturais, sua operacionalização empírica favorece consideravelmente a aplicabilidade do método. Portanto, para realizar a operacionalização da Análise Empírica das Fragilidades Ambientais, é necessário realizar um estudo das características físico-naturais da área de estudo. Devem ser considerados aspectos da declividade, dos tipos e usos dos solos, os tipos de cobertura vegetal, além das variáveis climatológicas.

De acordo com Ross (1994, p. 66),

Os levantamentos geológicos são básicos para o entendimento da relação relevo/solo/rocha, as informações climáticas, sobretudo as de chuvas (intensidade, volume, duração) também se prestam tanto para a análise de potencialidade agrícola como para avaliação de fragilidade natural dos ambientes, a rugosidade do relevo (índices de dissecação) e declividade das vertentes bem como os levantamentos dos tipos de Uso da Terra, manejo dos solos para agricultura, tratados integralmente, possibilitam chegar a um diagnóstico das diferentes categorias hierárquicas da fragilidade dos ambientes naturais.

Depois de realizados esses levantamentos, os dados devem ser organizados em forma de mapas temáticos. De posse dos mapas temáticos, é necessário elaborar alguns produtos intermediários. Um desses produtos é a carta geomorfológica acompanhada de análise genética; dependendo da escala, deve-se utilizar os índices de dissecação (escalas médias e pequenas) ou classes de declividade em casos de maior detalhe. Desse modo, Ross (op. cit., p. 66) orienta que, nesse último caso, “deve-se utilizar os intervalos de classes de declividade já consagrados nos estudos de Capacidade Uso/Aptidão Agrícola”. A partir dessas classes de declividade, é realizado o arranjo das categorias de fragilidade, como no Quadro 03.

Quadro 3: Categorias hierárquicas das classes de declividade

Categorias Hierárquicas	Classes de declividade
1 – Muito Fraca	Até 6%
2 – Fraca	De 6 a 12%
3 – Média	De 12 a 20%
4 – Forte	De 20 a 30%
5 – Muito Forte	Acima de 30%

Elaboração PINTO, P.H.P. 2017. Adaptado de Ross (1994); Massa e Ross (2012)

No que se refere aos tipos de solo, as classes de fragilidade são as seguintes:

Quadro 4: Classes de fragilidade de solo

Classes de fragilidade	Tipos de solos
1 – Muito baixa	Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho escuro e Vermelho Amarelo textura argilosa.
2 – Baixa	Latossolo Amarelo e Vermelho-amarelo textura média/argilosa
3 – Média	Latossolo Vermelho-amarelo, Terra roxa, Terra Bruna, Podzólico Vermelho-amarelo textura média/argilosa.
4 – Forte	Podzólico Vermelho-amarelo textura média/arenosa, Cambissolos.
5 – Muito Forte	Podzolizados com cascalho, Lotílicos e Areias Quartizosas.

Elaboração PINTO, P.H.P. 2017. Adaptado de Ross (1994); Massa e Ross (2012)

Algumas das nomenclaturas utilizadas por Ross (1994); Massa e Ross (2012) foram atualizadas pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Na última edição do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (EMBRAPA, 2013), os solos Podzólicos para a ser denominados Argissolos, e as Areias Quartizosas são denominadas de Neossolos Quartizarênicos. Esta nomenclatura atualizada será utilizada na presente pesquisa.

A hierarquia estabelecida por Ross (1994, 2012) para o grau de proteção dos solos em função da cobertura vegetal e tipos de uso da terra é apresentada no quadro 5.

Quadro 5: Graus de proteção do solo em função dos Tipos de Cobertura Vegetal

Graus de proteção	Cobertura Vegetal
1 – Muito Alta	Florestas, Matas Naturais, Florestas cultivadas com biodiversidade.
2 – Alta	Formações arbustivas naturais com extrato herbáceo denso, formações arbustivas densas (mata secundária, Cerrado denso, Capoeira densa). Mata Homogênea de Pinus densa, Pastagens cultivadas com baixo pisoteio de gado, cultivo de ciclo longo como o cacau.
3 – Média	Cultivo de ciclo longo em curvas de nível (terraceamento como café, laranja com forrageiras entre ruas), pastagens com baixo pisoteio, silvicultura de eucaliptos com sub-bosque de nativas.
4 – Baixa	Culturas de ciclo longo de baixa densidade (café, pimenta do reino, laranja com solo exposto entre ruas), culturas de ciclo curto (arroz, trigo, feijão, soja, milho, algodão com cultivo em curvas de nível/terraceamento).
5 – Muito Baixa à nula	Áreas desmatadas e queimadas recentemente, solo exposto por arado/gradeação, solo exposto ao longo de caminhos e estradas, terraplanagens, culturas de ciclo curto sem práticas conservacionistas.

Elaboração PINTO, P.H.P. 2017. Adaptado de Ross (1994); Massa e Ross (2012)

Além dos aspectos físicos abordados até agora, é necessário levar em consideração a importância das informações climatológicas, principalmente aquelas relacionadas às precipitações, pois a dinâmica dos sistemas ambientais está intimamente ligada à disponibilidade temporal e espacial das chuvas, assim como suas características de intensidade e duração. Foi com essa preocupação que Jurandir Ross propôs níveis hierárquicos dos componentes pluviométricos apresentados a seguir.

Quadro 6: Níveis Hierárquicos dos Comportamentos Pluviométricos

Níveis hierárquicos	Características Pluviométricas
1 – Muito baixa	Situação pluviométrica com distribuição regular ao longo do ano, com volumes anuais não muito superiores a 1000 mm/ano.
2 – Baixa	Situação pluviométrica com distribuição regular ao longo do ano, com volumes anuais não muito superiores a 2000 mm/ano.
3 – Média	Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com períodos secos entre 2 e 3 meses no inverno, e no verão com maiores intensidades de dezembro a março.
4 – Forte	Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com período seco entre 3 e 6 meses, alta concentração das chuvas no verão entre novembro e abril, quando ocorrem de 70 a 80% das chuvas.
5 – Muito Forte	Situação pluviométrica com distribuição regular ou não, ao longo do ano, com grandes volumes anuais ultrapassando 2500 mm; ou ainda, comportamentos

pluviométricos irregulares ao longo do ano, com episódios de alta intensidade e volumes anuais baixos, geralmente abaixo de 900 mm (semi-árido).

Elaboração PINTO, P.H.P. 2017. Adaptado de Ross (1994); Massa e Ross (2012)

De acordo com Ross (2012, p. 65), o diagnóstico das fragilidades ambientais de determinada área de estudo pode ser realizado a partir da síntese que resulta das correlações entre os “dados de declividade e formas das vertentes, tipos de solos e grau de proteção dos solos de acordo com a cobertura vegetal e tipos de uso da terra”. É com base nos pressupostos apresentados até aqui que será realizada a fase de classificação de fragilidades ambientais na bacia hidrográfica do Rio Palma.

1.6 Os índices sintéticos de vulnerabilidade

Com a crescente preocupação com as consequências dos eventos extremos, que, recentemente, apresentaram aumento de ocorrência e magnitude, diversas áreas do conhecimento têm lançado mão de ferramentas diversas para realizar investigações e propor soluções, sejam elas de monitoramento, mitigação desses eventos. No Brasil, são objetos de estudo as enchentes, alagamentos, estiagens e as secas. Esses eventos de origem hidroclimática estão muito presentes no cotidiano do brasileiro, tendo em vista a urbanização desordenada que favorece a formação de área de risco nas periferias das grandes cidades, assim como a ocupação de áreas rurais comumente afetadas por estiagens, secas e escassez de água.

No bojo das questões relacionadas aos desastres naturais, a relevância da ação humana tem sido cada vez maior para a compreensão desses fenômenos. Estudos tratam tanto das atividades antrópicas que interferem na dinâmica natural provocando o desequilíbrio de sistemas ambientais, quanto das consequências desses processos para a sociedade humana. Dentre as diversas temáticas, a vulnerabilidade social e socioambiental têm sido foco de inúmeras pesquisas a partir de diversas abordagens metodológicas. Nesse sentido, a utilização de índices sintéticos baseados em indicadores socioeconômicos é vista como ferramenta fundamental no auxílio da análise de desastres naturais quanto à identificação de áreas de maior ou menor vulnerabilidade e áreas de risco.

Com o objetivo de verificar a amplitude e a eficiência da utilização desse índice de vulnerabilidade, Schumann e Moura (2015) realizaram uma considerável revisão bibliográfica acerca do tema. As autoras selecionaram e analisaram 47 estudos que empregaram 23 índices sintéticos de vulnerabilidade e, posteriormente, identificaram quatro temáticas mais abordadas, sendo elas: determinantes sociais de saúde; socioambiental e condições climáticas; família e curso da vida; territórios e espaços geográficos específicos. Cada índice é elaborado e adaptado de acordo com os objetivos da pesquisa, e os indicadores são selecionados com intenção de melhor representar a vulnerabilidade. No caso do Índice de Vulnerabilidade Social (IVS), as autoras verificaram a utilização de indicadores como habitação, saneamento e renda. Já o índice de Vulnerabilidade Socioambiental resultou da junção entre dados socioeconômicos e variáveis ambientais como condições climáticas, vegetação, solo etc.

Zanella et al. (2013) utilizaram índices sintéticos para verificar a vulnerabilidade socioambiental da bacia hidrográfica do Rio Cocó em Fortaleza – CE. Os autores consideraram educação (taxa de alfabetização de homens e mulheres), renda (renda inferior a 2 salários mínimos por domicílio) e qualidade de habitação (água encanada, tratamento de lixo e esgoto) como indicadores para a construção do Índice Sintético de Vulnerabilidade Social. Neste estudo, com o objetivo de se obter um índice de vulnerabilidade socioambiental, baseando-se nos princípios da análise ecodinâmica de Tricart (1977), os autores propuseram o Índice de Vulnerabilidade Ambiental, e, para tanto, foram utilizados dados de geologia, geomorfologia, pedologia e cobertura vegetal. Para alcançar os resultados, foi realizado o cruzamento de dados a partir de uma matriz de correlação, posteriormente representada espacialmente no território da bacia por meio de ferramentas de geoprocessamento e, desse modo, obteve-se um mapa de Vulnerabilidade Socioambiental.

Souza e Medeiros (2016) propuseram uma metodologia para o mapeamento da vulnerabilidade social para o município de Caucaia (CE). Na composição do IVS, os indicadores utilizados revelam dados concernentes à situação de habitação e saneamento (acesso à água encanada, energia elétrica, rede de esgoto e tratamento de lixo), renda (% de domicílios com renda per capita inferior a ½ salário mínimo), e educação (taxa de analfabetismo) e situação social (% de mulheres chefes de domicílios). A Vulnerabilidade Ambiental foi definida a partir da delimitação de unidade de intervenção, definida com base no balanço entre os processos

morfogenéticos e pedogenéticos. Como resultado, os autores conseguiram representar no território da área de estudo a Vulnerabilidade Socioambiental, ressaltando e ratificando a relevância dessa abordagem metodológica no que se refere ao estudo da vulnerabilidade.

Alguns estudos que tratam da vulnerabilidade têm como objeto fenômenos mais específicos, como é o caso da seca, e, desse modo, buscam elaborar ou adaptar índices que representem de maneira mais fidedigna a realidade a que se pretende investigar. É nesse sentido que se verifica o esforço dedicado por Rosendo (2014) ao propor o desenvolvimento de indicadores de vulnerabilidade à seca para alguns municípios da região semiárida brasileira. Esse trabalho foi realizado a partir da adaptação dos índices elaborados por Bhattacharya e Dass (2007), que analisaram a vulnerabilidade à seca em dezesseis (16) Estados na Índia e que tipo de ações eram efetuadas com o intuito de minimizar os efeitos sobre a população residente nas áreas de estudo. Lindoso (2013), por sua vez, demonstrou preocupação no que se refere ao tratamento e à solução de velhos problemas presentes no semiárido brasileiro, tendo como objeto de estudo a vulnerabilidade e a adaptação da produção rural familiar nessa região do Brasil. O índice elaborado por esse autor demonstrou-se bastante complexo e completo, abarcando, concomitantemente, variáveis ambientais e sociais visando avaliar a exposição (aos eventos climáticos e sociais), a sensibilidade e a capacidade de adaptação.

A inquietação com os problemas causados pelos desastres também pode ser verificada em âmbito governamental, como é caso da publicação do Ministério do Meio Ambiente (MMA) intitulada *Vulnerabilidade Ambiental: desastres naturais ou fenômenos induzidos?*. O livro, organizado por Santos (2007), surgiu a partir da constatação da carência de material técnico sobre a temática da vulnerabilidade ambiental voltado especificamente para os interesses dos gestores. Esse projeto tem como intuito inserir, de maneira contundente, a variável ambiental nos instrumentos de gestão urbanísticos.

No trato da vulnerabilidade social, o *Atlas de Vulnerabilidade Social nos municípios brasileiros*, publicado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA, 2015), fornece dados extremamente relevantes à temática, servindo de subsídio para pesquisadores das mais diversas áreas de interesse. Além das informações contidas no Atlas, o IPEA disponibiliza, em seu site na internet, valores de indicadores que têm como origem os censos realizados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

CAPÍTULO II – PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O presente estudo tem como base três procedimentos metodológicos: a análise da fragilidade ambiental; a análise da gênese e da dinâmica climática e; a vulnerabilidade social. Para proceder à aplicação destes procedimentos e técnicas foi realizado um percurso metodológico, que será detalhado a seguir.

2.1 Caracterização bacia hidrográfica do Rio Palma

Nesta fase, foi realizada a caracterização da rede de drenagem a partir da análise morfométrica de bacias Hidrográficas teve como base o arcabouço teórico de Christofolletti (1980). Foram verificados os cálculos de área (A), do perímetro (P), o comprimento total dos canais (L_t), e densidade de drenagem (Dd).

Foram realizados levantamentos e organização de dados referentes aos aspectos geomorfológicos, pedológicos, de vegetação e climáticos da área de pesquisa. Também referente à superfície, foram descritas as características de declividade e potencial de erodibilidade dos solos. Foram considerados outros aspectos importantes, tais como uso terra e cobertura vegetal.

Foram produzidos mapas temáticos, na interface do Software: QGIS 2.8.3 e QGIS 2.14, a partir de dados dos tipos de solo, potencial de erodibilidade, declividade, cobertura vegetal. Estes dados e as bases vetoriais foram obtidas da Secretaria de Planejamento do Estado do Tocantins (SENPLAN-TO), que disponibiliza as informações em sua plataforma on-line, que pode ser acessada por meio seguinte endereço eletrônico: <http://seplan.to.gov.br/>. Nesta página podem ser encontradas diversas informações técnicas, cartográficas e geográficas sobre o Estado do Tocantins, dentre elas o “Atlas” do Estado do Tocantins.

Para produção do mapa de uso da terra, foram obtidas imagens de satélites Landsat-8, órbita 220, porto 068, resolução espacial de 30 m, composição colorida falsa cor RGB654. As imagens de satélite foram adquiridas do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE). Também no que se refere ao uso da terra foram levantados dados sobre a produção agrícola e criações em geral. Estes dados foram obtidos no site da SEPLAN-TO e do Instituto de Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

A fim de verificar o regime mensal das chuvas na bacia hidrográfica do Rio Palma, buscou-se seguir o referencial de Schröder (1956) para a produção de pluviogramas e elaboração de classes pluviométricas. Foram selecionados três postos de dados pluviométricos: Dianópolis – TO, situada região norte da bacia hidrográfica; Taguatinga – TO, localizada na região nordeste da bacia hidrografia e; Aurora do Tocantins – TO, na parte sudeste da bacia hidrográfica (Quadro 7). Para essa seleção, foram consideradas a disponibilidade e a qualidade dos dados, bem como a distribuição espacial que favorecesse as análises e permitisse uma aproximação do perfil regional da precipitação na área de estudo.

Sobre a distribuição das chuvas no Estado do Tocantins recorreu-se ao trabalho de Pinto, 2013. Para as chuvas na bacia hidrográfica do Rio Palma, foram produzidas cartas de isoietas, a partir da interface dos softwares: *Suffer®* versão 8.0 [*Golden Software Inc.*]; *Corel Draw®* [*Corel Corporation*] e *Microsoft Excel* [*Microsoft Corporation*]. Para tanto, foram utilizados os dados coletados por Estações Pluviométricas da Agência Nacional das Águas (ANA) apresentadas no quadro 7.

Quadro 7: Estações utilizadas na pesquisa

N.º	Município	UF	Tipo de estação	Orgão resp.	Código*	Latitude	Longitude	Altitude (m)
1	Pindorama do Tocantins	TO	Pluviométrica	ANA ¹	1447002	-11,1403	-47,5767	444
2	São Valério da Natividade	TO	Pluviométrica	ANA	22250000	-11,5328	-48,2886	230
3	Porto Alegre do Tocantins	TO	Pluviométrica	ANA	1147003	-11,6100	-47,0450	372
4	Dianópolis	TO	Pluviométrica	ANA	1446000	-11,6253	-46,8106	679
5	Gurupi	TO	Pluviométrica	ANA	1149002	-11,7372	-49,1361	368
6	Peixe	TO	Meteorológica	INMET ²	x	-12,0100	-48,3500	242
7	Ponte Alta do Bom Jesus	TO	Pluviométrica	ANA	1246000	-12,0908	-46,4794	519
8	Alvorada	TO	Pluviométrica	ANA	1249000	-12,4836	-49,1244	293
9	Aurora do Tocantins	TO	Pluviométrica	ANA	1246001	-12,7139	-46,4086	464
10	Palmeirópolis	GO	Pluviométrica	ANA	1248003	-13,0419	-48,4069	435
11	Minaçu	GO	Pluviométrica	ANA	1348001	-13,5331	-48,2269	375
12	Cavalcante	GO	Pluviométrica	ANA	1347000	-13,7969	-47,4617	821
13	Posse	GO	Meteorológica	INMET	x	-14,0100	-46,3600	825
14	Taguatinga	TO	Meteorológica	INMET	x	-12,0400	-46,4100	603

1 - Agência Nacional de Águas - ANA
2 - Instituto Nacional de Meteorologia - INMET
*Código utilizado para acessar os dados das estações pluviométricas no site da ANA (HIDROWEB), disponível em:
<http://hidroweb.ana.gov.br/default.asp>

Fonte de dados: Agência Nacional de Águas – ANA

As isoietas de distribuição espacial e temporal das chuvas na bacia hidrográfica do Rio Palma foram produzidas a partir de episódios denominados “anos-padrão”, a eleição desses anos, teve como base os critérios adotados por Pinto (2013) e Silva (2013), que fizeram uso da Fórmula de Sturges e o Desvio Padrão para tal escolha. Desse modo, foram selecionados os anos de 2001 (padrão habitual), 2004 (padrão chuvoso) e 2007 (padrão seco) para os quais foram produzidas as cartas apresentadas na caracterização da área de estudo.

2.2 Das fragilidades ambientais na bacia hidrográfica do Rio Palma

Nesta etapa, os parâmetros referentes aos aspectos da declividade, tipos de solo, cobertura vegetal e características pluviométricas foram verificados e classificados, em uma escala de graus de fragilidade, que varia de 1 a 5. Para tanto, foram utilizados os mapas temáticos de declividade, tipos de solo, cobertura vegetal, e os pluviogramas produzidos anteriormente. Foi aplicada a cada um destes produtos cartográficos a classificação proposta por Massa e Ross 2012.

Após esta classificação obteve-se os mapas temáticos de fragilidade ambiental para a declividade, tipo de solo e o grau de proteção da cobertura vegetal, assim como a hierarquização fragilidade com base na pluviosidade. Posteriormente, foi realizada a sobreposição das informações e a produção de uma carta síntese da fragilidade ambiental, composto por quatro variáveis: declividade, tipos de solo, cobertura vegetal, e características pluviométricas.

Na carta síntese da fragilidade ambiental há um código na legenda, que serve como base para sua interpretação. Este código se originou da sobreposição de informações realizada anteriormente e é formado por quatro dígitos. Cada dígito refere-se a uma das variáveis, como segue: 1º dígito - fragilidade ambiental com base na declividade; 2º dígito - fragilidade ambiental com base nos tipos de solo; 3º dígito - grau de proteção da cobertura vegetal; 4º dígito - fragilidade ambiental com base na pluviosidade. Cada um desses dígitos pode variar de 1 a 5, e desse modo, evidenciar os níveis de fragilidade de cada variável (Quadro 8).

Quadro 8: Dígitos utilizados na análise da fragilidade ambiental

1º Dígito	2º Dígito	3º Dígito	4º Dígito
Fragilidade Declividade	Fragilidade Tipos de solo	Grau de proteção Cobertura vegetal	Fragilidade Pluviosidade
1 – Muito Fraca	1 – Muito Baixa	1 – Muito Alta	1 – Muito Baixa
2 – Fraca	2 – Baixa	2 – Forte	2 – Baixa
3 – Média	3 – Média	3 – Média	3 – Média
4 – Forte	4 – Forte	4 – Baixa	4 – Forte
5 – Muito Forte	5 – Muito Alta	5 – Muito Baixa	5 – Muito Alta

Desse modo, a interpretação do código (ex. 1434) deve ser realizada da seguinte forma: o 1º dígito que se refere à declividade informa que a fragilidade ambiental é Muita Fraca (1), o 2º dígito (4) trata do tipo de solo, neste caso, com fragilidade Forte; o 3º dígito é sobre o grau de proteção da cobertura vegetal, que no caso do exemplo oferece Média proteção (3); por fim o 4º dígito mostra a fragilidade com base na pluviosidade, que neste caso é Forte (4).

2.3 Da investigação da gênese e dinâmica climática

O tratamento dos aspectos climatológicos da bacia hidrográfica do Rio Palma, principalmente aqueles intimamente ligados à gênese e à distribuição espacial e temporal das chuvas, foi realizado por meio da eleição dos anos-padrão, tendo como base os critérios adotados por Pinto (2013) e Silva (2013), que adotaram o uso da Fórmula de Sturges e o Desvio Padrão para tal escolha. Desse modo, foram selecionados os anos de 2001 (padrão habitual), 2004 (padrão chuvoso) e 2007 (padrão seco). Para cada um desses anos-padrão foram elaborados gráficos com os totais mensais de chuva e sua gênese na atuação dos sistemas atmosféricos, e o ritmo das chuvas foi verificado a partir da elaboração de gráficos de Análise Rítmica. Tais procedimentos permitiram verificar de modo detalhado o ritmo e a gênese das chuvas na bacia hidrográfica estudada.

A Análise Rítmica realizada nesta pesquisa ocorreu de forma episódica, sendo selecionados como recorte temporal os anos-padrão de: 2001 (habitual), 2004 (chuvoso), 2007 (seco). E a seleção desses anos-padrão deu-se com base nos critérios utilizados por Pinto (2013) e

Silva (2013). Na produção dos gráficos de Análise Rítmica e dos gráficos de percentuais mensais da precipitação, utilizaram-se dados meteorológicos coletados por Estações Climatológicas Convencionais do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) localizadas nos municípios de: Peixe (TO), Taguatinga (TO) e Posse (GO) (Figuras 2). E a seleção dessas estações teve como critérios a disposição espacial, a disponibilidade e a qualidade dos dados meteorológicos.

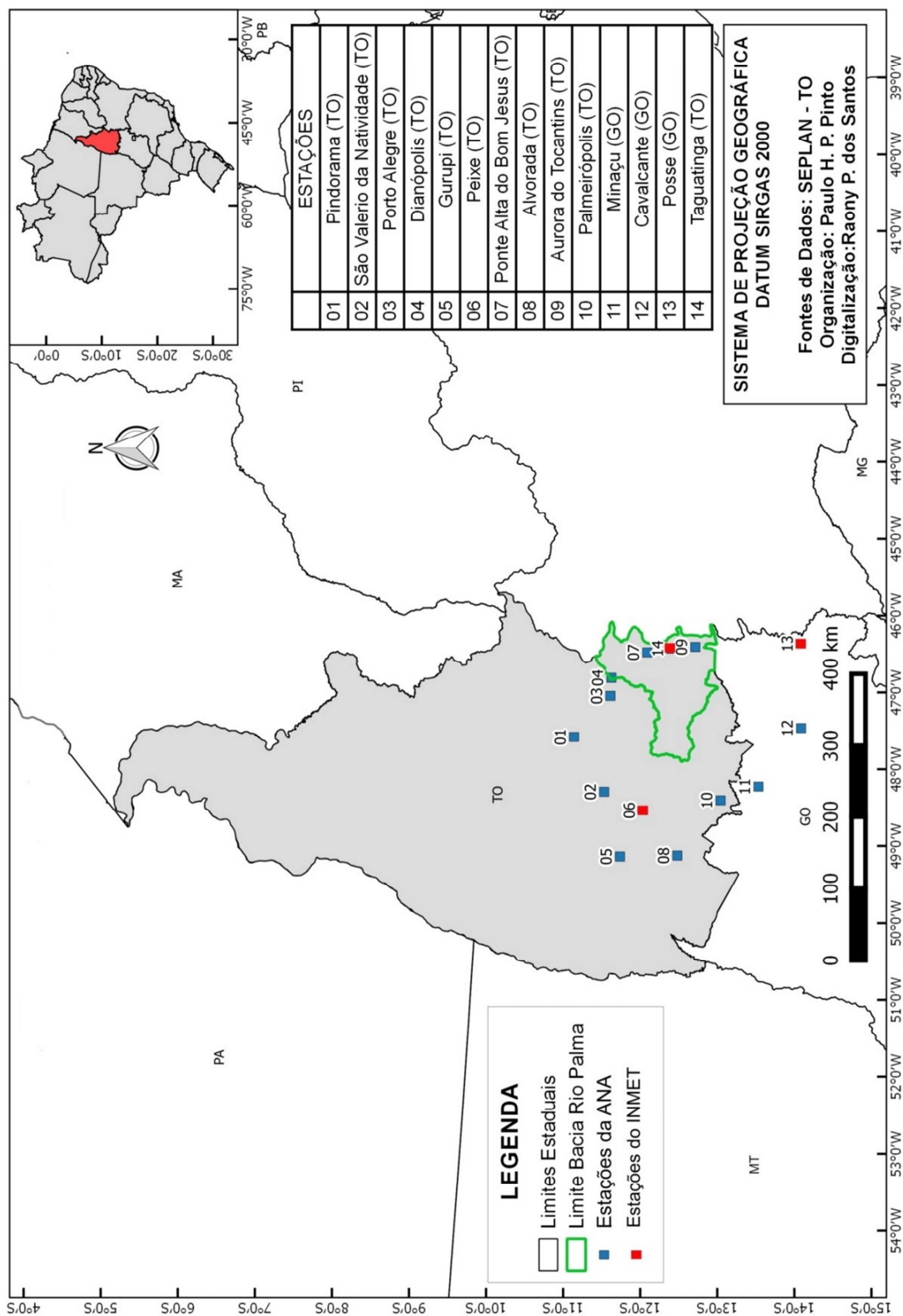
A interpolação das cartas de isoietas foi realizada utilizando o procedimento de Krigagem executado pelo software Surfer® (Golden Software Inc.) versão 8.0. Esta escolha teve como aporte as recomendações de Landin (2000), que sugere os métodos mais adequados para cada tipo de interpolação dependendo das características dos dados disponíveis. Foram utilizados os dados pluviométricos disponibilizados no site da ANA, disponível no endereço: <http://hidroweb.ana.gov.br/default.asp>. Os dados são baixados em formatos *Acess* ou *.txt* e, posteriormente organizados em planilhas do Excel 2003¹, com as coordenadas de latitude e longitude e os valores de chuva em milímetros, dispostos em três colunas.

Os dados referentes aos elementos atmosféricos coletados pelas Estações Climatológicas convencionais do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) também foram utilizados na aplicação da Análise Rítmica. A identificação dos sistemas atmosféricos atuantes na área de estudo foi realizada mediante inspeção visual de imagens captadas pelas unidades dos satélites GOES (Geostationary Operational Environmental Satellite) e METEOSAT disponibilizados pelo sítio eletrônico do NOAA (Satellite And Information Service - <http://www.ncdc.noaa.gov/gibbs/>) e pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE), e cartas sinóticas disponibilizadas pela Diretoria de Hidrologia e Navegação da Marinha Brasileira. Tais dados referem-se aos anos-padrão 2001 (habitual), 2004 (chuvoso) e 2007 (seco).

O gráfico de balanço hídrico, utilizado para verificação nesta pesquisa, foi elaborado pelo Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) a partir dos dados das Normais Climatológicas da série histórica referente ao período de 1961 a 1990 coletados por estações climatológicas do INMET localizadas nas cidades de Taguatinga e Paranã. De acordo com o órgão, para a realização desse procedimento foi utilizado como base a metodologia de Thornthwaite e Mather (1955).

¹ A versão 8.0 do Surfer reconhece apenas as versões de planilhas do Excel 2003 ou anterior.

Figura 2: Localização das estações pluviométricas utilizadas na pesquisa



2.4 Do índice de vulnerabilidade social (IVS) e da vulnerabilidade socioambiental

É uma constatação que a utilização do Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) é uma ferramenta imprescindível para a análise e a gestão do território no tocante às desigualdades sociais. A presente pesquisa utilizou dados da base territorial de setores censitários do Censo 2010, realizado pelo IBGE. A seleção dos indicadores classificada em três dimensões foi influenciada pela disponibilidade de dados e teve como sustentação as propostas contidas nos estudos de Santos (2007), Zanella et al. (2013), Santos (2015), IPEA (2015), e Medeiros e Souza (2016). Desse modo, o índice elaborado apresenta as seguintes dimensões e subíndices (Quadro 9).

Quadro 9: Síntese dos indicadores que compõem o IVS nas três dimensões.

Habitação e Saneamento	Educação	Renda e Trabalho
1 - % de pessoas em domicílios com abastecimento de água e esgotamento sanitário inadequados (2010)	7 - Taxa de analfabetismo - 15 anos ou mais (2010)	10 - Taxa de desocupação - 18 anos ou mais (2010)
2 - % da população em domicílios com água encanada (2010)	8 - % de mães chefes de família sem fundamental e com filho menor, no total de mães chefes de família (2010)	11 - % de pessoas de 18 anos ou mais sem fundamental completo e em ocupação informal (2010)
3 - % da população em domicílios com banheiro e água encanada (2000)	9 - Taxa de analfabetismo - 25 anos ou mais (2010)	12 - % de vulneráveis à pobreza (2010)
4 - % da população em domicílios com coleta de lixo (2010)		
5 - % da população em domicílios com energia elétrica (2010)		
6 - População em domicílios vulneráveis e com idoso (2010)		
Elaborado pelo autor		

Foram adotados 12 indicadores, dos quais os indicadores 1, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 têm relação direta com a vulnerabilidade social, ou seja, quanto maiores os valores, maior será a vulnerabilidade (exemplo: % de pessoas em domicílios com abastecimento de água e esgotamento sanitário inadequados); os outros quatro (2, 3, 4, 5) apresentam relação inversa, significando que, quanto maior forem os valores, menor será a vulnerabilidade (exemplo: % da população em domicílios com água encanada).

O IVS foi elaborado e adaptado utilizando-se a metodologia proposta por IPEA (2015) e por IPECE (2010), ratificada por Medeiros (2016), para a padronização de indicadores. A padronização justifica-se no fato de que existem indicadores que são representados de forma diferente, por exemplo, a renda, que aparece em valor monetário (R\$), e os dados de habitação, em percentual (%).

Considerando-se a utilização da escala numérica de 0 a 1 para representar, respectivamente, o menor e maior valor da vulnerabilidade, a fórmula a seguir é empregada para proceder à padronização:

$$I_{pm} = \frac{I_m - I_{-V}}{I_{+V} - I_{-V}}$$

Onde:

I_{pm} = Valor padronizado do indicador “ I ” no município m ;

I_m = Valor do indicador “ I ” no município m ;

I_{-V} = Menor Valor do indicador “ I ” dentre os municípios;

I_{+V} = Maior Valor do indicador “ I ” dentre os municípios.

Nos casos onde há uma relação direta de vulnerabilidade, ou seja, o menor valor indica menor vulnerabilidade e o maior valor maior vulnerabilidade, tem-se $I_{-V} = I_{\min}$ e $I_{+V} = I_{\max}$. Como exemplo de indicador, nessa situação, cita-se a perda de safra, pois, quanto maior o percentual de perda de safra, mais vulnerável é o município.

Nos casos de relação inversa com a vulnerabilidade, em que o menor valor indica maior vulnerabilidade e vice-versa, tem-se $I_{-V} = I_{\max}$ e $I_{+V} = I_{\min}$. Um exemplo de indicador nesse caso é a produtividade agrícola, materializada pela relação de quanto maior é a produtividade, menos vulnerável é o município.

O índice de vulnerabilidade social final é obtido a partir da média aritmética calculada após a padronização dos subíndices dos setores censitários. De acordo com a metodologia empregada por IPEA (2015), optou-se por não utilizar modelos estatísticos para atribuir os pesos em função do comportamento dos indicadores. Considera-se, dessa forma, que cada indicador

retrata uma situação ou uma condição equivalente de vulnerabilidade social, independentemente de sua variância ou da correlação entre eles.

A seleção das classes dos dados e elaboração da legenda temática para a carta síntese do IVS tiveram como base a metodologia proposta por IPEA (2015, p 18), segundo a qual,

Para os municípios que apresentam IVS entre 0 e 0,200, considera-se que possuem *muito baixa* vulnerabilidade social. Valores entre 0,201 e 0,300 indicam *baixa* vulnerabilidade social. Aqueles que apresentam IVS entre 0,301 e 0,400 são de *média* vulnerabilidade social, ao passo que, entre 0,401 e 0,500 são considerados de *alta* vulnerabilidade social. Qualquer valor entre 0,501 e 1 indica que o município possui *muito alta* vulnerabilidade social.

Após escolha dos indicadores e a adoção das classes, foi realizado o cálculo do IVS para os doze municípios que estão compreendidos na bacia hidrográfica do Rio Palma, são eles: Arraias, Lavandeira, Novo Jardim, Conceição do Tocantins, Novo Alegre, Combinado, Aurora do Tocantins, Taipas do Tocantins, Paranã, Dianópolis, Taguatinga e Ponte Alta do Bom Jesus. Após a aplicação do índice, cada um deles recebeu uma classificação que varia de vulnerabilidade muito baixa a muito alta. Esta classificação foi hierarquizada da seguinte forma: 1 – vulnerabilidade muito baixa; 2 – vulnerabilidade baixa; 3 – vulnerabilidade média; 4 – vulnerabilidade alta e; 5 – vulnerabilidade muito alta.

Desse modo, foi possível inserir o IVS como mais uma variável na carta de fragilidade ambiental alterando assim o quadro de dígitos (quadro 10), que agora passa a ter um 5º dígito, que é a vulnerabilidade social. Desta forma, fez-se a inclusão de mais uma informação junto àquelas da fragilidade ambiental. Assim, chegou-se ao mapa síntese da vulnerabilidade socioambiental, que trata-se da sobreposição das informações a cerca das características das fragilidades físicas (declividade, tipo de solo, cobertura vegetal, pluviosidade) e também das vulnerabilidades socioeconômicas (habitação e saneamento, educação, trabalho e renda). Após este procedimento a vulnerabilidade socioambiental é apresentada numa carta síntese produzida a partir da inclusão da vulnerabilidade social na carta da fragilidade ambiental.

Quadro 10: Códigos utilizados na análise da vulnerabilidade socioambiental

1º Dígito	2º Dígito	3º Dígito	4º Dígito	5º Dígito
Fragilidade Declividade	Fragilidade Tipos de solo	Grau de proteção Cobertura vegetal	Fragilidade Pluviosidade	Vulnerabilidade Social
1 – Muito Fraca	1 – Muito Baixa	1 – Muito Alta	1 – Muito Baixa	1 – Muito Baixa
2 – Fraca	2 – Baixa	2 – Forte	2 – Baixa	2 – Baixa
3 – Média	3 – Média	3 – Média	3 – Média	3 – Média
4 – Forte	4 – Forte	4 – Baixa	4 – Forte	4 – Forte
5 – Muito Forte	5 – Muito Alta	5 – Muito Baixa	5 – Muito Alta	5 – Muito Alta

Elaborado pelo autor

CAPÍTULO III - CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O Estado do Tocantins possui uma divisão de seu sistema hidrográfico formado pelos rios Tocantins e Araguaia e pelos tributários de ambos. A bacia hidrográfica do Rio Palma é a área de recarga de um importante afluente do Rio Tocantins e está localizada na região sudeste do Estado tocaninense, situada entre os paralelos Sul 13° 03' e 11° 24' e entre os meridianos de longitude Oeste 47° 43' e 46° 06'. Com uma área de drenagem de 17.322 km², que representa cerca de 6,2% de todo o território tocaninense, abrange os municípios de Paranã, Conceição do Tocantins, Combinado, Arraias, Novo Alegre, Lavandeira, Aurora do Tocantins, Taguatinga, Ponte Alta do Bom Jesus, Novo Jardim, Taipas do Tocantins e Dianópolis (Figura 3).

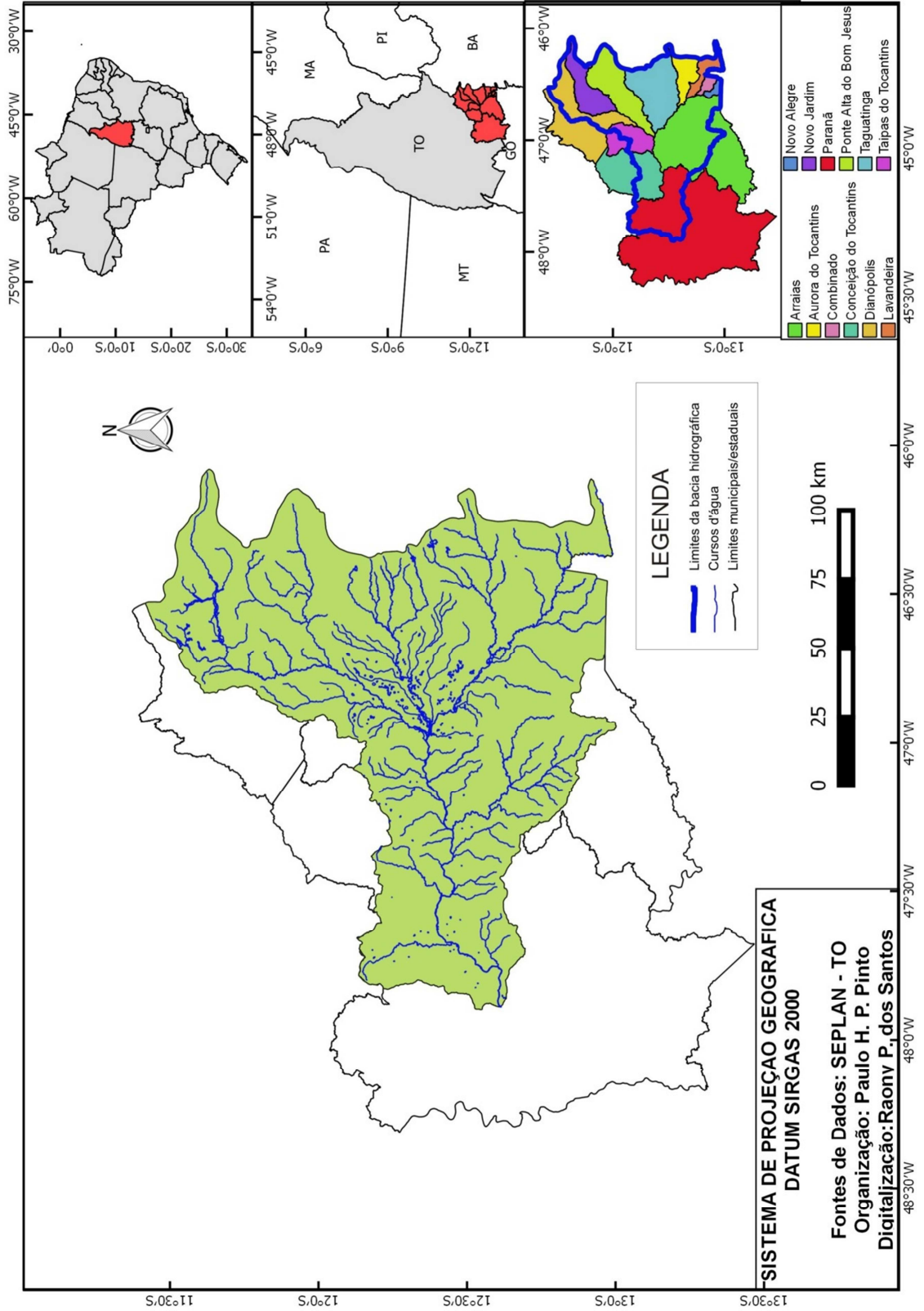
A população residente nos municípios abrangidos pela bacia hidrográfica do Rio Palma varia entre 1 mil e 15 mil habitantes por município. Dentre os doze municípios pertencentes à bacia hidrográfica do Rio Palma, apenas sete deles possuem 100% da área do seu território dentro dela. Conforme a tabela 1, apenas Conceição do Tocantins não possui sede municipal dentro da bacia.

Tabela 1: Caracterização dos municípios abrangidos pela bacia hidrográfica do Rio Palma

Município	Área do município	Percentual na Bacia (%)	Sede Municipal na bacia
Arraias	5.419	67,5	SIM
Aurora do Tocantins	756	100,0	SIM
Combinado	192	100,0	SIM
Conceição do Tocantins	1.915	60,4	NÃO
Dianópolis	3.230	47,5	SIM
Lavandeira	522	100,0	SIM
Novo Alegre	132	100,0	SIM
Novo Jardim	1.315	100,0	SIM
Paraná	12.161	20,6	SIM
Ponte Alta do Bom Jesus	1.813	100,0	SIM
Taguatinga	2.447	100,0	SIM
Taipas do Tocantins	1.277	56,6	SIM
TOTAL municípios da bacia	31.178	-	

Fonte: IBGE / TOCANTINS (2007)

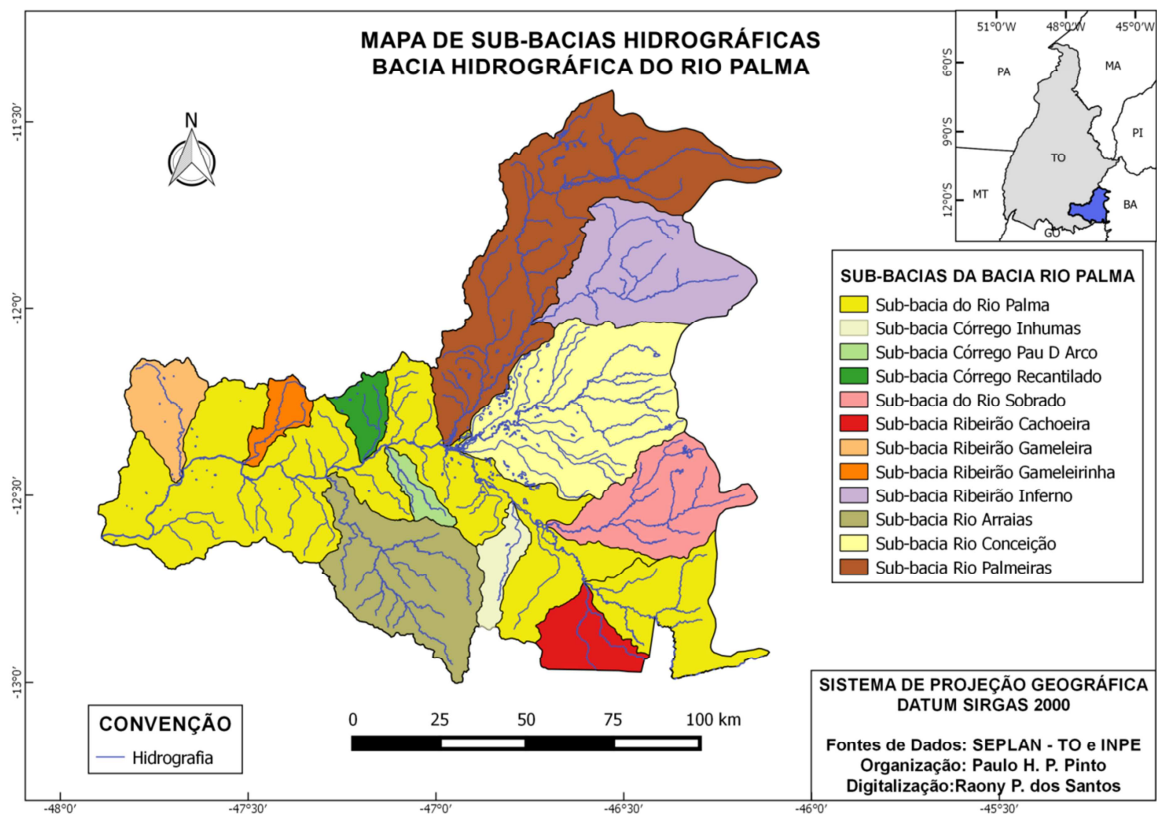
Figura 3: Localização da bacia hidrográfica do Rio Palma



3.1 Rede de drenagem e localização das sub-bacias

A partir da aplicação da análise morfométrica (CHRISTOFOLETTI, 1980) foi verificado que a bacia hidrográfica do Rio Palma possui uma baixa densidade de drenagem ($Dd: 0,56$), valor que, talvez, esteja relacionado com a permeabilidade do solo e a presença predominante de rochas cársticas. O total dos canais soma 960 km, e, destes, 280 km são o comprimento do canal principal. Essa bacia hidrográfica é composta por 12 sub-bacias, a saber: Sub-bacia do Rio Palma, do Córrego Inhumas, do Córrego Pau D'Arco, Córrego Recantilado, do Rio Sobrado, do Ribeirão Cachoeira, do Ribeirão Gameleira, do Ribeirão Gameleirinha, do Ribeirão Inferno, do Rio Arraias, do Rio Conceição e do Rio Palmeiras (Figura 4).

Figura 4: Sub-bacias da bacia hidrográfica do Rio Palma



3.2 Tipos de solo e o uso da terra

A bacia hidrográfica do Rio Palma apresenta uma diversidade de tipos de solo com diferentes aptidões. Na borda leste, região caracterizada pela transição das feições do topo aplainado para as encostas íngremes da Serra Geral (Figura 5), são encontrados Neossolos Litólicos pouco desenvolvidos, rasos e com baixa fertilidade. De acordo com Embrapa (2013) e com Agência Embrapa de Tecnologia de Informação, esse tipo de solo ocorre principalmente em regiões semiáridas e, normalmente, são pedregosos. São encontrados em afloramentos rochosos e, por tal motivo, apresentam horizonte A diretamente sobre a rocha e horizonte C pouco espesso. Na porção leste da área de pesquisa, a ocorrência desse tipo de solo é latitudinal, sendo que na região mais ao norte a cobertura vegetal deu lugar a atividades agrícolas; já na parte mais ao sul, apesar da remoção parcial da cobertura vegetal, essas atividades são menos intensas. Na figura 6 é possível verificar que os Neossolos Litólicos também ocorrem nas regiões sul, onde a cobertura vegetal foi consideravelmente degradada, e na porção noroeste da bacia hidrográfica.

Figura 5: Vista da face noroeste do Chapadão Ocidental Baiano (Serra Geral)

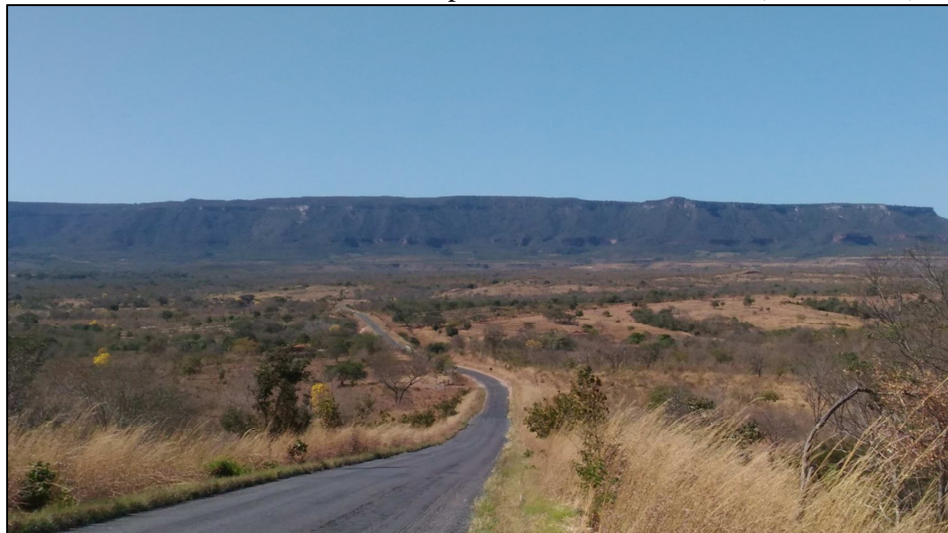


Foto: PINTO, P. H. P., 2017

Também na borda leste da bacia e no sentido latitudinal são verificadas as Neossolos Quartizarênicos, resultantes do intenso processo erosivo. Apresentam textura arenosa, geralmente formada por grãos de quartzo. Esse tipo de solo possui baixa aptidão agrícola e pode ser

rapidamente degradado caso seja submetido a culturas anuais sem o devido manejo (SPERA, 1999; EMBRAPA, 2006).

Na parte nordeste, há ocorrência de Latossolo Amarelo em uma pequena área. Devido ao seu avançado desenvolvimento e boa permeabilidade favorecendo boas condições para retenção de umidade, essa área possui grande aptidão para cultivo e é utilizada, principalmente, para a produção de grãos de soja. Latossolos Vermelho-Amarelo são encontrados nas porções centro-norte e sudeste da bacia hidrográfica (Figura 6). As regiões nas quais são verificados os Latossolos Vermelho-Amarelo apresentam intensa atividade agropecuária, sobretudo o cultivo de soja (Figuras 6, 7 e 8).

A porção leste da área de estudo apresenta, também, a ocorrência de Cambissolos. Dependendo de sua profundidade, esses solos apresentam aptidão agrícola, caso sejam profundos. Sendo rasos, podem apresentar problemas relacionados à alta suscetibilidade a processos erosivos (Figura 6).

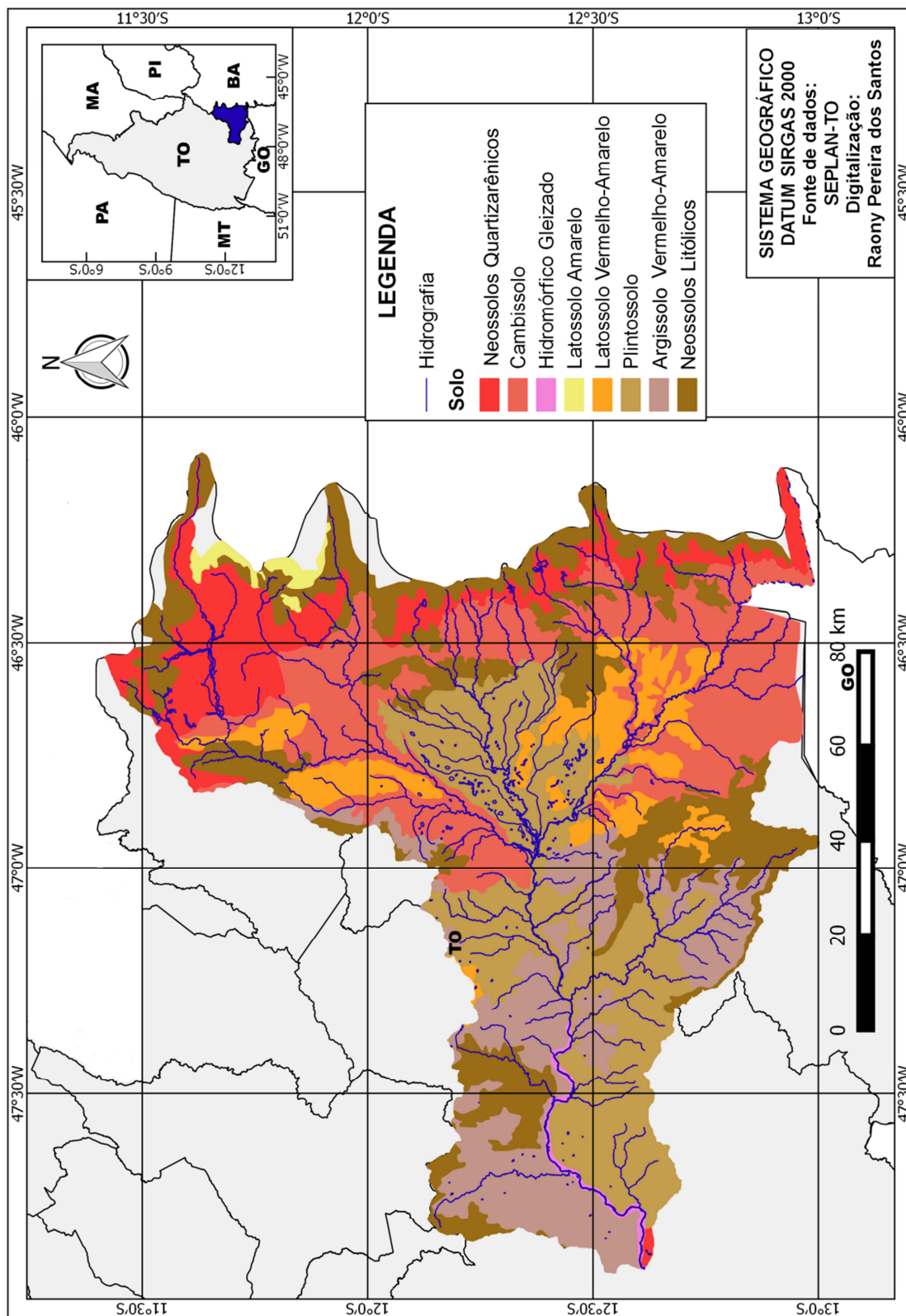
Os Plintossolos ocorrem na porção central e oeste da bacia hidrográfica do Rio Palma. O Sistema Brasileiro de Solos (EMBRAPA, 2006, p. 75) caracteriza esse tipo de solo por apresentar “segregação localizada de ferro, atuante como agente de cimentação, com capacidade de consolidação acentuada”.

Os solos Argissolos Vermelho-Amarelo são encontrados na parte oeste da área de estudo. São solos minerais, não hidromórficos, que podem ser distróficos, eutróficos ou álicos, e possuem elevada fertilidade natural, tendo aptidão agrícola bastante variável. Segundo a Embrapa², depende de inúmeros aspectos, como, por exemplo, “teor variável de nutrientes, textura, profundidade, presença ou ausência de cascalhos, pedras ou concreções” (EMPRABA, 2017).

Uma pequena faixa ao longo Rio Palma, em seu baixo curso, apresenta a ocorrência de solo Hidromórfico Gleizado próximo ao leito do canal principal. A distribuição geral dos solos na área de estudo pode ser observada na figura 6.

² Disponível em: <<http://www.agencia.cnptia.embrapa.br>>.

Figura 6: Tipos de solo na bacia hidrográfica do Rio Palma



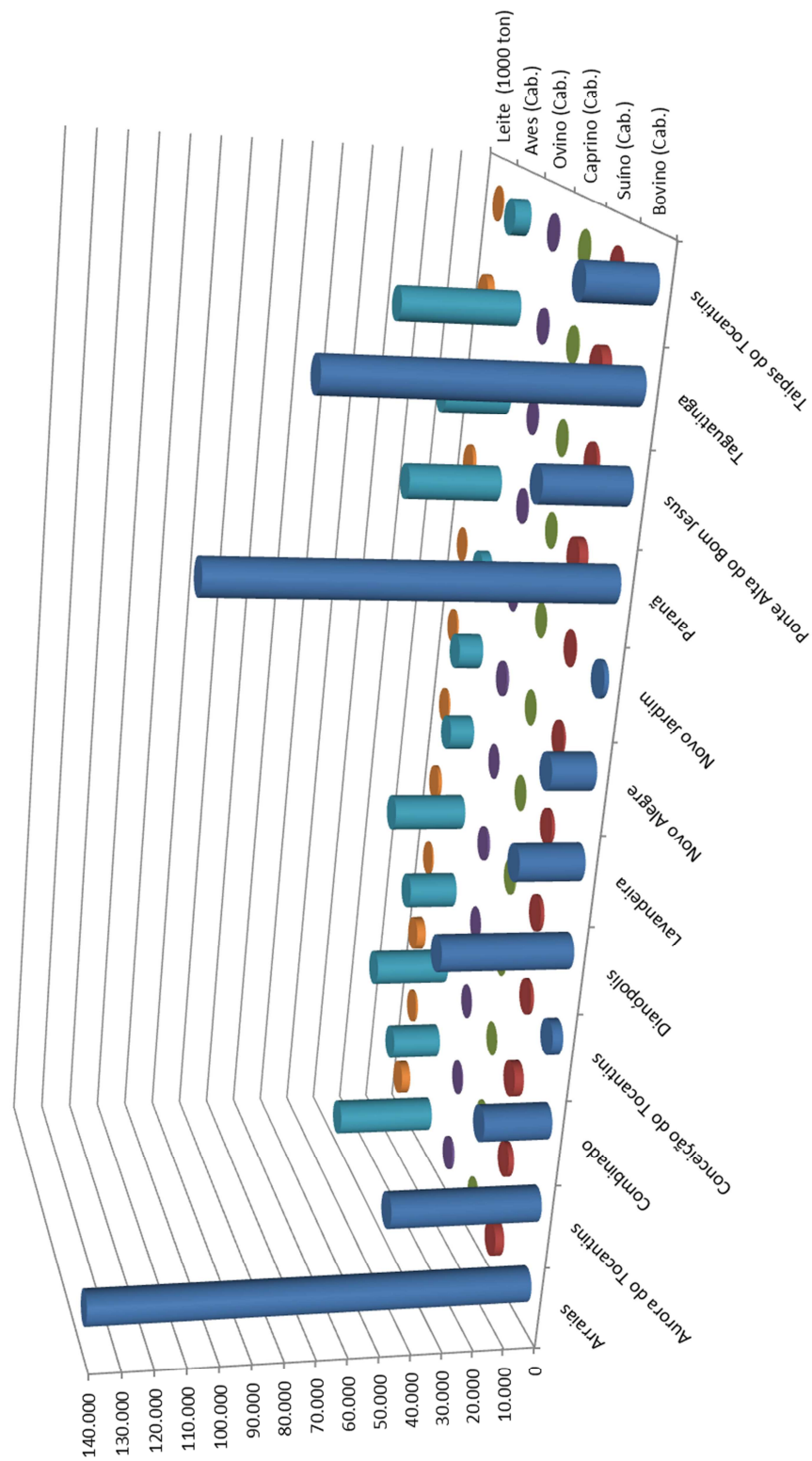
O uso da terra na área de estudo está geralmente ligado à pecuária semi-intensiva, intensiva e extensiva, e também à atividade de silvicultura, tendo áreas para culturas de ciclo curto e longo. A pecuária extensiva é atividade bastante praticada na área de estudo desta pesquisa (Figura 8). Os rebanhos que se destacam são de bovinos e suínos (Tabela 2), e também a criação de aves é bastante representativa.

Tabela 2: Rebanho nos municípios bacia hidrográfica do Rio Palma

<i>Município</i>	<i>Bovino (Cab.)</i>	<i>Suíno (Cab.)</i>	<i>Caprino (Cab.)</i>	<i>Ovino (Cab.)</i>	<i>Aves (Cab.)</i>	<i>Leite (1000 ton)</i>
Arraias	139.950	3.000	340	800	32.900	3.080
Aurora do Tocantins	48.250	1.740	350	380	16.500	770
Combinado	21.750	3.030	10	200	25.100	3.168
Conceição do Tocantins	3.350	990	85	170	16.300	558
Dianópolis	41.230	1.150	450	750	24.300	1.230
Lavandeira	20.450	980	115	110	8.100	620
Novo Alegre	13.860	640	40	750	8.100	620
Novo Jardim	1.420	220	15	40	3.400	264
Paranã	121.260	2.800	150	400	31.000	1.161
Ponte Alta do Bom Jesus	26.900	970	60	340	21.700	1.161
Taguatinga	93.000	2.960	310	350	39.300	2.400
Taipas do Tocantins	21.350	410	150	380	5.300	322

Fonte de dados: IBGE/ SEPLAN-TO (2005)

No gráfico 1 é possível verificar com mais clareza a distribuição da criação na bacia do Rio Palma. Percebe-se o destaque para a criação de bovinos e de aves em Paranã e Taguatinga.



Fonte de dados: IBGE/SEPLAN-TO, 2005

As atividades agrícolas desenvolvidas na bacia hidrográfica do Rio Palmas estão, sobretudo, voltadas para a subsistência, empregando métodos arcaicos de produção. Os cultivos de arroz, mandioca, banana e milho são predominantes na área da bacia hidrográfica. Contudo, também é possível verificar a introdução, em áreas irrigadas, de cultivos de soja, cana-de-açúcar e fruticultura. A cobertura vegetal deu lugar às pastagens em muitas áreas da bacia hidrográfica.

A produção agrícola verificada nos municípios da bacia hidrográfica do Rio Palma tem como predomínio, no que se refere à disposição espacial das culturas, o cultivo de arroz, banana, cana-de-açúcar, mandioca e milho. Esses plantios são praticados em todos os municípios da bacia. No entanto, ao se considerar a quantidade em toneladas, a soja apresenta maior produção, apesar de ser cultivada em poucos municípios dentre aqueles que estão compreendidos na área de estudo (Tabela 3 e Gráfico 2).

A tabela a seguir apresenta os valores de produção, em toneladas, registrados no ano de 2010. Algumas culturas praticadas na bacia não são permanentes e, portanto, esses valores não podem ser considerados em análises comparativas de produção em longo prazo.

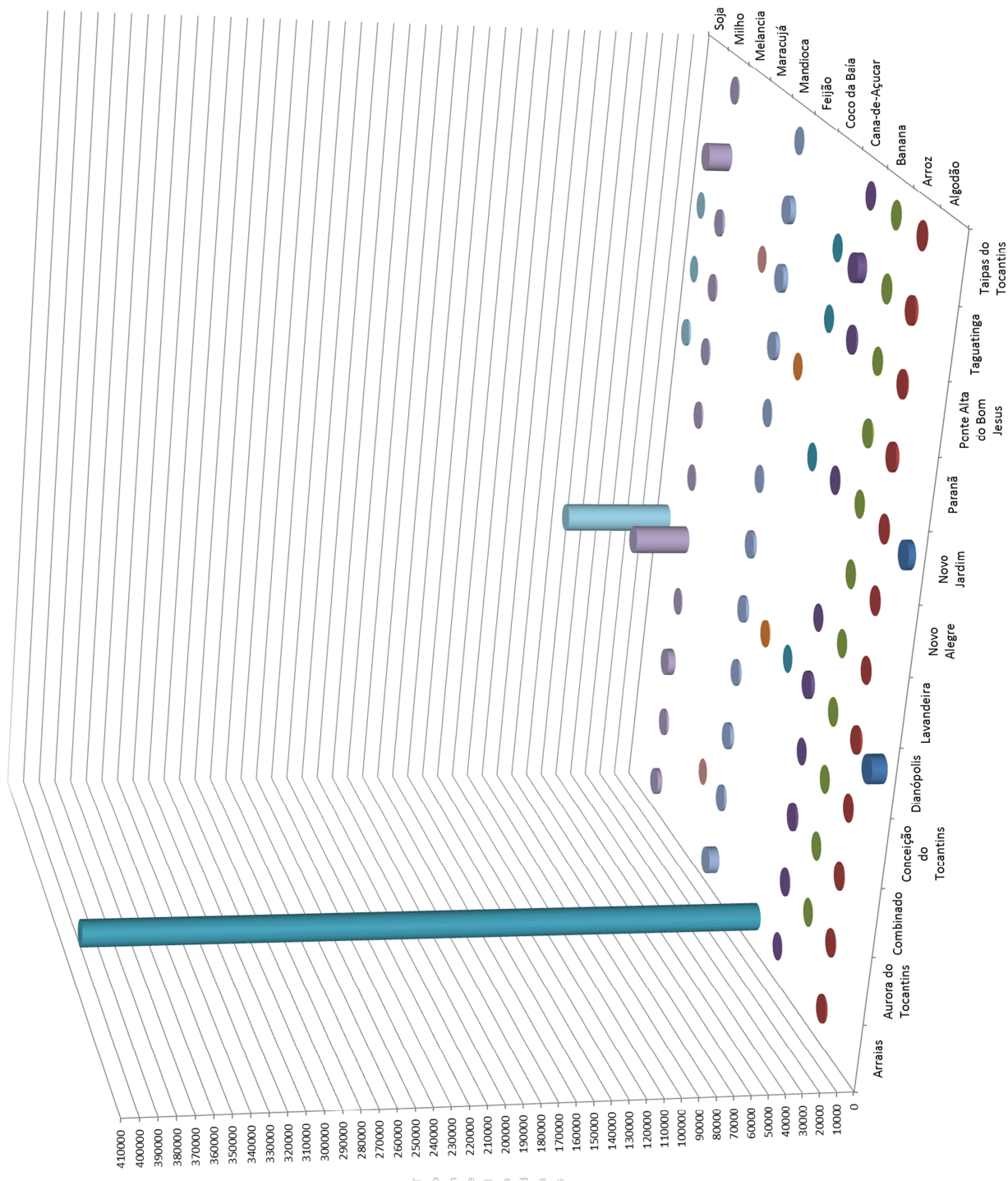
Tabela 3: Produção agrícola nos municípios da bacia hidrográfica do Rio Palma (2010)

	Produção (Toneladas) - 2010										
	Algodão	Arroz	Banana	Cana-de-Açúcar	Coco da Baía	Feijão	Mandioca	Maracujá	Melancia	Milho	Soja
Arraias	x	1.050	x	250	405.000	x	6.400	x	x	3.000	x
Aurora do Tocantins	x	630	36	700	x	x	1.600	20	x	1.560	x
Combinado	x	640	100	1.350	x	x	2.400	x	x	4.800	x
Conceição do Tocantins	x	300	60	210	x	x	1.500	x	x	720	x
Dianópolis	8.970	1.280	240	2.250	40	630	1.980	x	x	34.400	67.200
Lavandeira	x	300	15	200	x	x	2.000	x	x	660	x
Novo Alegre	x	320	60	x	x	x	665	x	x	1.120	x
Novo Jardim	4.103	450	25	400	60	x	560	x	x	1.000	1.350
Paraná	x	1.800	825	x	x	19	2.520	x	x	1.092	81
Ponte Alta do Bom Jesus	x	840	135	1.125	85	x	3.000	10	x	1.540	270
Taguatinga	x	1.558	200	5.400	105	x	3.520	x	x	14.400	x
Taipas do Tocantins	x	300	30	150	x	x	450	x	x	720	x

Fonte de dados: IBGE/SEPLAN-TO

No gráfico 2, é possível verificar a distribuição espacial da produção agrícola, em 2010, no território da área de estudo.

Gráfico 2: Produção agrícola nos municípios da bacia hidrográfica do Rio Palma (2010)



Fonte de dados: IBGE/SEPLAN-TO

Figura 7: Produção agrícola nos municípios da bacia hidrográfica do Rio Palma (2010)

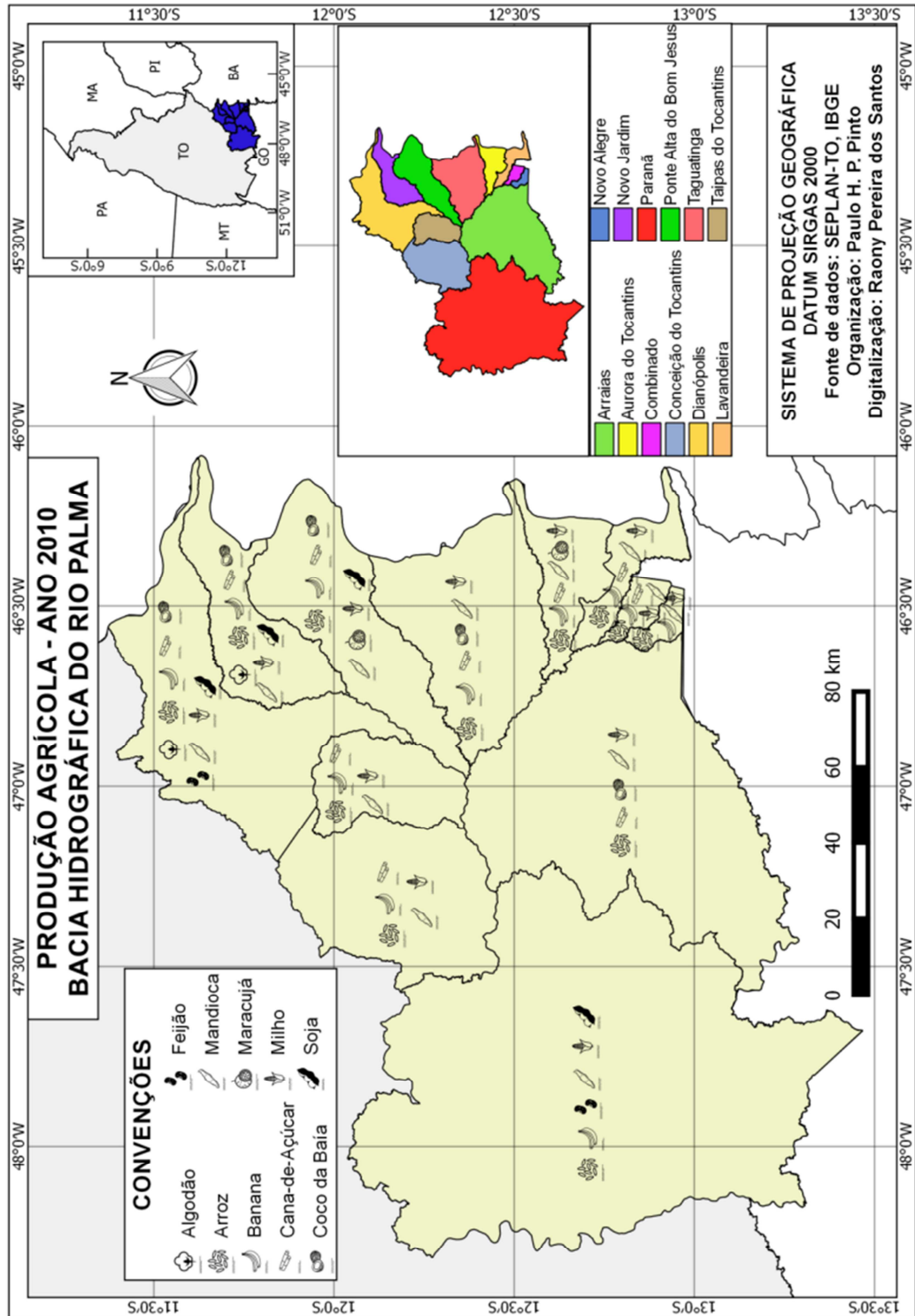
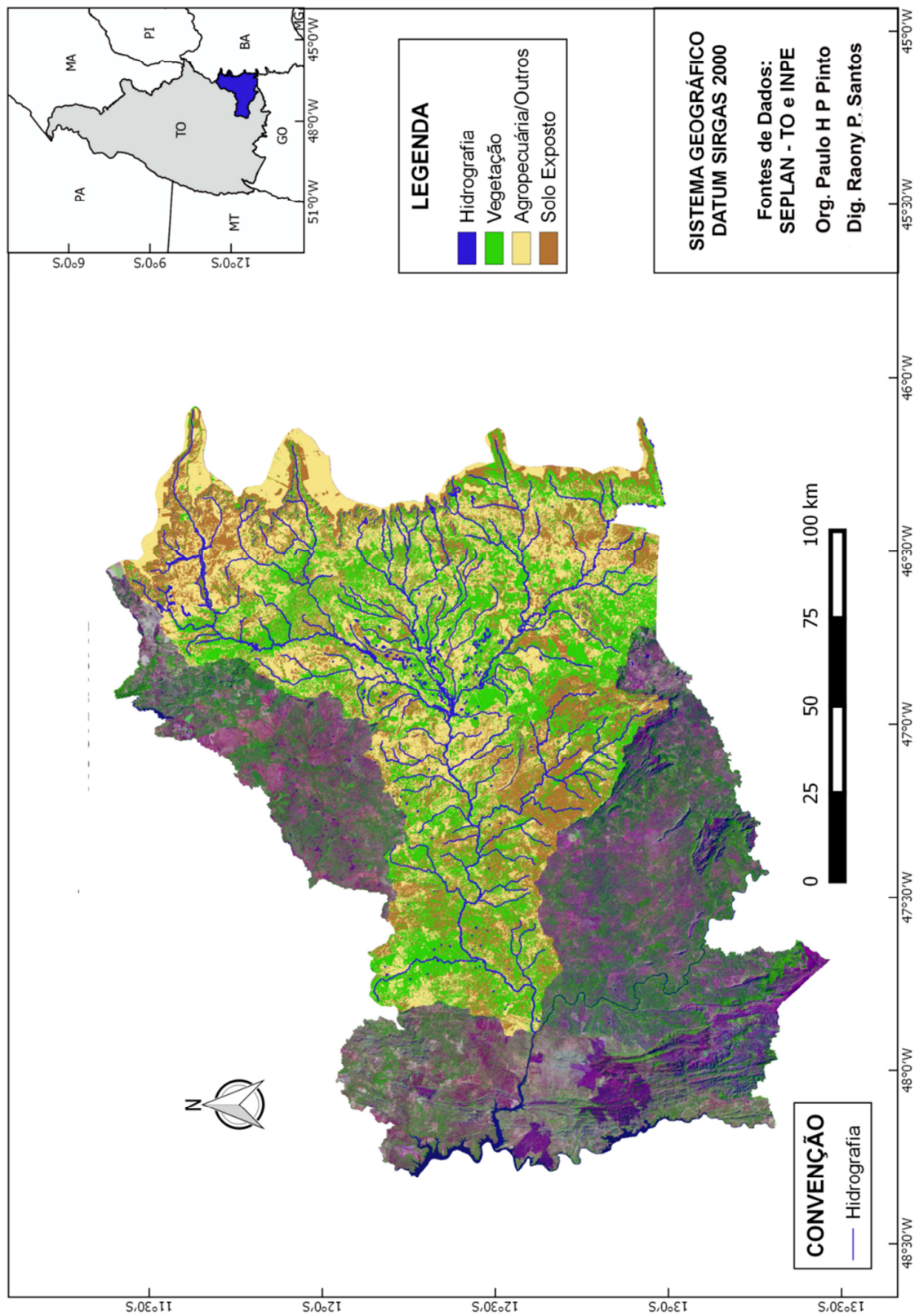


Figura 8: Uso da terra na bacia hidrográfica do Rio Palma



3.3 Altitude, unidades geomorfológicas, declividade e erodibilidade potencial

No que se refere à morfologia, a bacia hidrográfica do Rio Palma apresenta grande variedade de altitude e feições geomorfológicas. A altitude é bastante elevada na porção leste da área de estudo, onde é verificado o Chapadão Ocidental Baiano, cuja altitude ultrapassa os 800 metros. Essa região, conhecida como Serra Geral, possui limites administrativos com o Estado da Bahia (Figuras 10 e 11).

Na parte nordeste, os Patamares das Mangabeiras apresentam altitude que varia entre 500 e 700 metros. Os Patamares do Chapadão Ocidental ocupam grande parte da área central da bacia hidrográfica com altitudes que oscilam de 400 a 600 metros (Figuras 10 e 11).

Na porção centro-sul, a altitude eleva-se novamente, atingindo os 700 metros em razão das formações que caracterizam a Serra de Natividade (Figura 9). Na parte oeste, encontra-se a Depressão do Alto Tocantins, com altitudes menos elevadas, abaixo dos 300 metros (Figuras 10 e 11).

Figura 9: Serra da Natividade

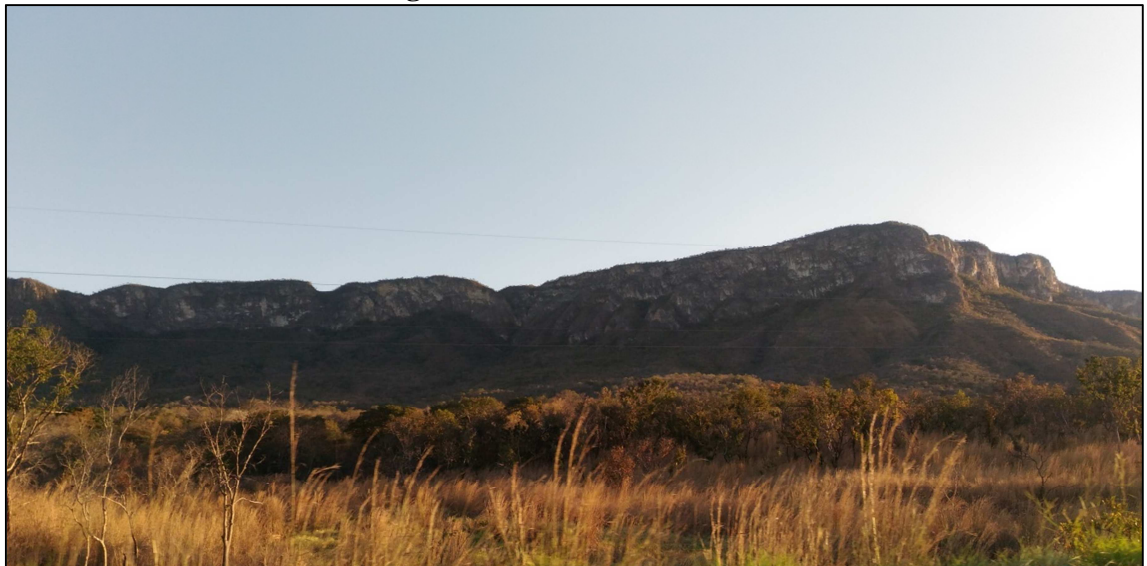


Foto: PINTO, P. H. P., 2017

Figura 10: Mapa de relevo - bacia hidrográfica do Rio Palma

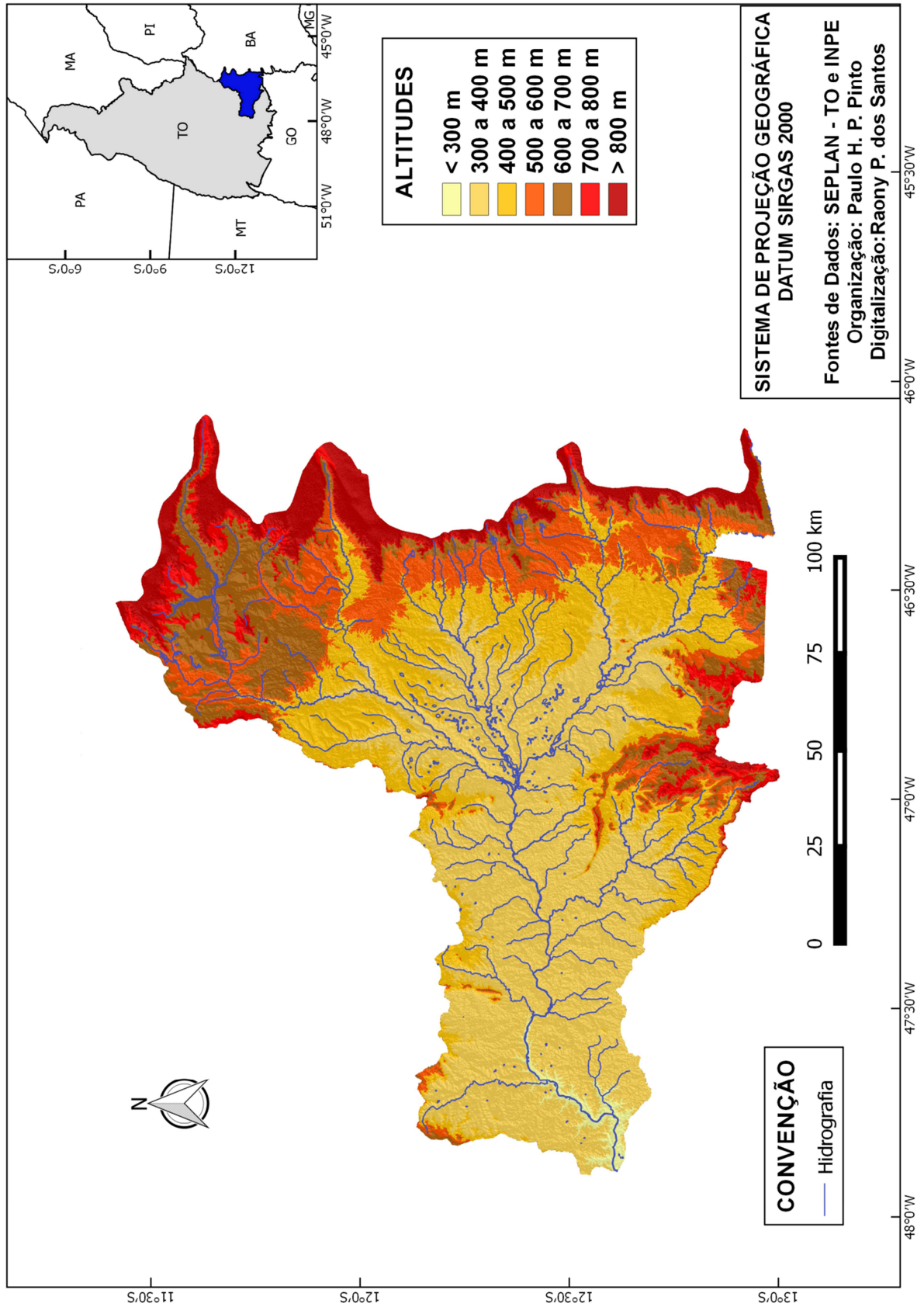
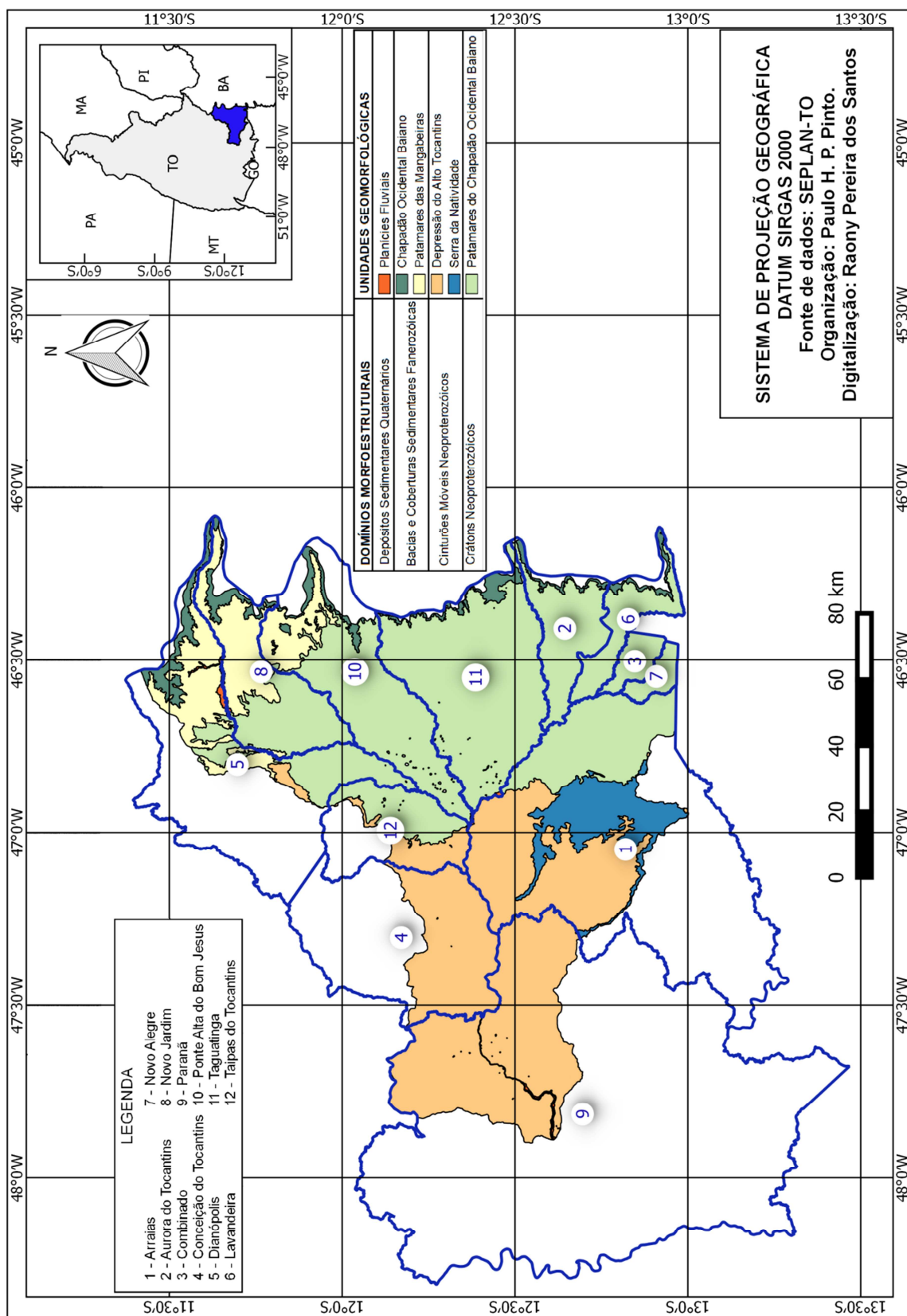


Figura 11: Unidades geomorfológicas da bacia hidrográfica do Rio Palma



A maior parte do território da bacia apresenta declive igual ou inferior a 5%, com predominância de áreas com baixa declividade, nos quais, na maior parte dos solos, o escoamento superficial é lento ou médio (Figura 12). Na região leste da bacia, onde estão localizados os municípios de Ponte Alta do Bom Jesus, Taguatinga e Aurora, o declive é maior que 15% e igual ou inferior a 30%, e há predominância de áreas inclinadas a fortemente inclinadas, cujo escoamento superficial é de rápido a muito rápido na maior parte dos solos. Essas áreas estão próximas ao lado oeste do Chapadão Ocidental Baiano.

Em uma área de tamanho reduzido, na porção centro-sul da bacia, nos municípios de Arraias e Combinado, o declive é superior a 30%. Nesses locais, há predominância de áreas fortemente inclinadas, cujo escoamento superficial é muito rápido. Em alguns locais, há declividade superior a 45%, fato que impossibilita algumas atividades agrícolas devido à predominância de áreas íngremes, de regiões montanhosas, onde nenhum tipo de máquina agrícola pode trafegar. Devido às características de declividade e relevo, o potencial hidrelétrico da bacia hidrográfica do Rio Palma é considerável, apresentando 11 usinas hidrelétricas de pequeno porte (Tabela 4).

Tabela 4: Potencial hidrelétrico da bacia do Rio Palma

<i>NOME</i>	<i>RIO</i>	<i>FASE</i>	<i>POTÊNCIA (MW)</i>
Sobrado	Sobrado	Operação	4,82
Taguatinga	Ribeirão do Abreu	Operação	1,8
Ponte Alta do Bom Jesus	Ponte Alta	Operação	0,28
Agrotrafo Ampliação	Palmeiras	Operação	4,82
Agrotrafo	Palmeiras	Operação	9,6
Água Limpa	Palmeiras	Construção	14
Areia	Palmeiras	Construção	11,4
Doido	Palmeiras	Pedido de registro de inv.	6
Diacal	Palmeiras	Operação	5,4
Porto Franco	Palmeiras	Construção	30
Boa Sorte	Palmeiras	Construção	16
Riacho Preto	Palmeiras	Construção	9,3
Lagoa Grande	Palmeiras	Construção	21,5
Silvânia	Ribeirão do Inferno	Pedido de inventário	5
Cachoeira	Ribeirão do Inferno	Pedido de inventário	4

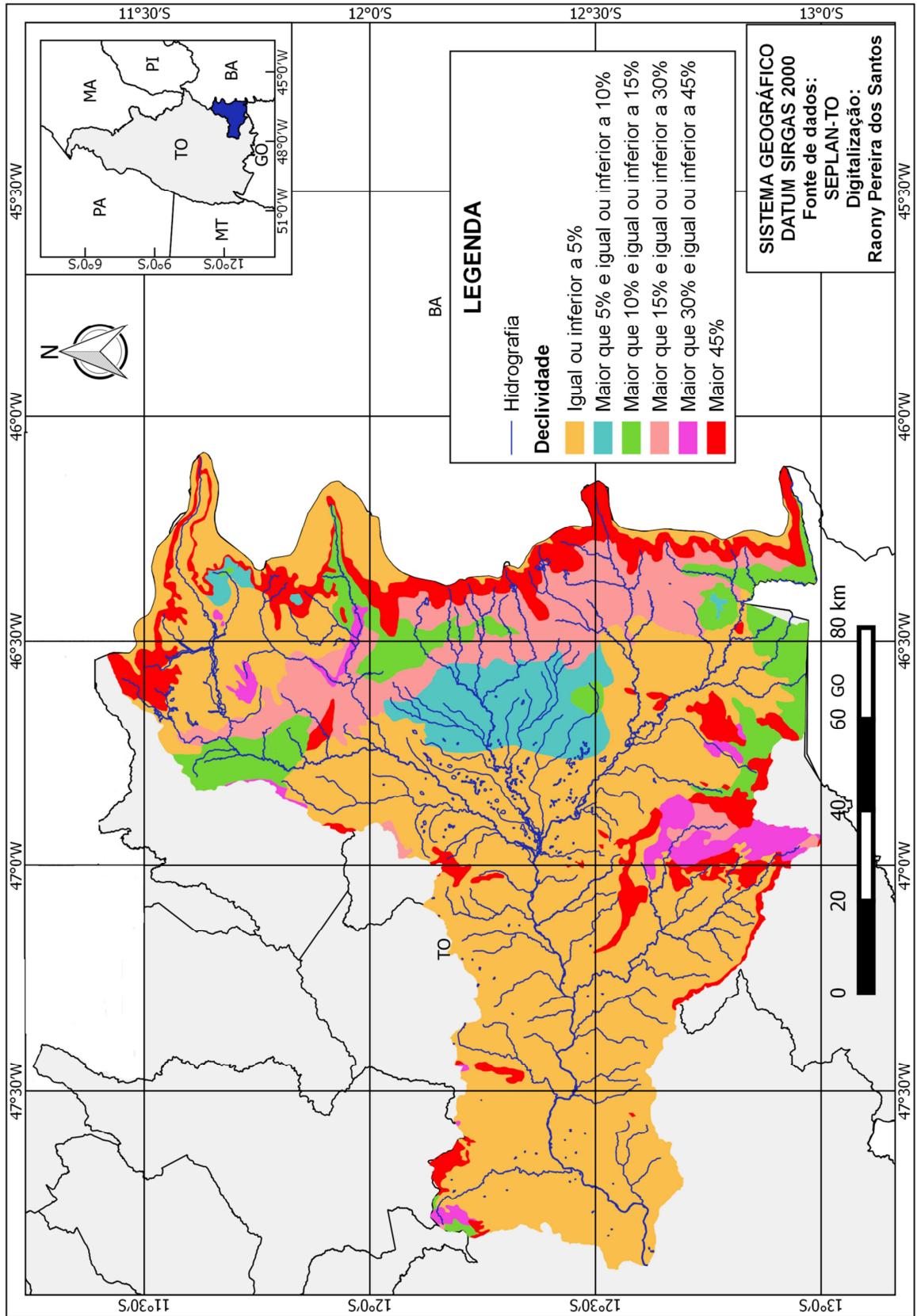
Fonte de dados: TOCANTINS, 2007

A Erodibilidade Potencial é um aspecto bastante relevante no estudo integrado de uma bacia hidrográfica, pois revela características cruciais de aptidão agrícola. Segundo Lal (1988 apud VITTE e MELLO, p. 110), a erodibilidade do solo

é o efeito integrado de processos que regulam a recepção da chuva e a resistência do solo para desagregação de partículas e o transporte subsequente. Esses processos são influenciados pelas propriedades do solo, assim como a distribuição do tamanho das suas partículas, estabilidade estrutural, conteúdo de matéria orgânica, natureza dos minerais de argila e constituintes químicos. Além desses, consideram-se que, os parâmetros do solo que afetam a sua estrutura, hidratação, e as características da circulação da água que afetam a erodibilidade do solo.

A bacia hidrográfica do Rio Palma apresenta diferentes classes de erodibilidade do solo. Segundo a hierarquia das classes, nota-se que há uma orientação que vai da classe muito fraca a fraca na parte oeste da área de estudo (exutório), passando por moderado, forte, chegando a moderada na parte leste, região das nascentes. Observa-se que, na porção oeste e central, as classes muito fraca e fraca são predominantes, indicando um solo com maior aptidão para atividades agrícolas. Na parte leste, verifica-se a predominância da classificação que revela um potencial de erodibilidade do solo muito forte; ademais, também foram verificadas as classes forte e ligeira (Figura 13). De acordo com Tocantins (2012, p. 32), as áreas de classificação com erodibilidade potencial muito fraca são “formadas por solos, normalmente, de grande significado agrícola. São solos muito profundos, porosos, bem permeáveis [...] situados em relevo plano, com declividades que raramente ultrapassam 3%”. A seguir, tem-se o mapa de declividade da bacia hidrográfica do Rio Palma (Figura 12).

Figura 12: Declividade na bacia do Rio Palma



As áreas com ligeira erodibilidade normalmente apresentam solos profundos e bem drenados que ocorrem em relevo ondulado com declive pouco acentuado, apresentando escoamentos superficiais lentos e difusos. Naquelas com erodibilidade moderada, os solos variam entre profundos a pouco profundos, com perfis permeáveis (op. cit.). Nas áreas classificadas com forte potencial de erodibilidade, “a maioria dos solos dessa classe são pouco profundos, com drenagem moderada. Ocorrem geralmente em relevo forte ondulado (declives com predomínio de 20 a 45%) e têm permeabilidade um tanto restrita, o que os torna muito erodíveis” (op. cit).

A classificação utilizada como parâmetro para determinar a erodibilidade do solo (figura 13) é a seguinte:

MUITO FRACA A FRACA: Compreende áreas formadas por solos, normalmente, de grande significado agrícola. São solos muito profundos, porosos, bem permeáveis - mesmo quando muito argilosos -, friáveis, situados em relevo plano, com declividades que raramente ultrapassam 3%. A ecodinâmica da paisagem é estável (pedogênese > morfogênese) e os processos de escoamento superficial são difusos e lentos. (74.839,5 km² - 26,9%).

LIGEIRA: Compreende áreas formadas por solos variando entre bem a fortemente drenados. São solos profundos e ocorrem em relevo suave ondulado (predomínio de declives entre 3 a 8%). A ecodinâmica da paisagem varia de estável a de transição (pedogênese □ morfogênese). Os processos de escoamento superficial são difusos e lentos, com eventuais escoamentos concentrados. (110.477,8 km² - 39,7%).

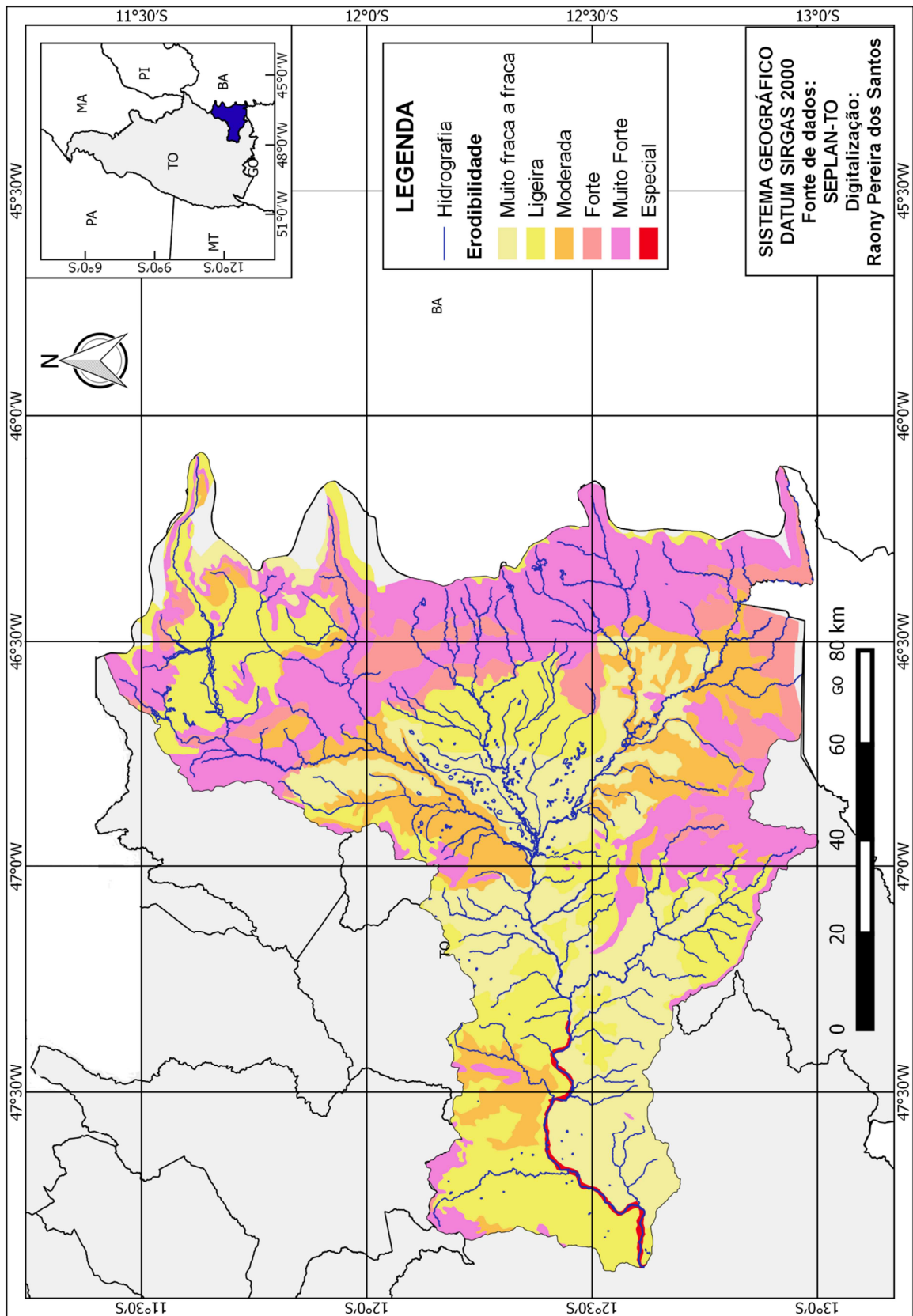
MODERADA: Compreende áreas formadas por solos variando entre profundos a pouco profundos, com perfis permeáveis e pequenas diferenciações entre horizontes. Ocorrem normalmente em relevos ondulados (8 a 20% de declive). A ecodinâmica da paisagem é de transição (pedogênese □ morfogênese). Os processos de escoamento superficial são difusos e lentos e com ocorrência dos de tipo concentrado. (25.083,8 km² - 9,0%).

FORTE: A maioria dos solos dessa classe são pouco profundos, com drenagem moderada, possuem poucos agentes agregadores e uma estrutura maciça, sem coesão no horizonte superficial (A). A matéria orgânica é inexpressiva e restrita a esse horizonte. Eles ocorrem geralmente em relevo forte ondulado (declives com predomínio de 20 a 45%) e têm permeabilidade um tanto restrita, o que os torna muito erodíveis. A ecodinâmica da paisagem é instável (pedogênese < morfogênese). Os processos de escoamento superficial são difusos e rápidos, concentrados, podendo ocorrer até mesmo movimentos de massa, do tipo rastejamento e solifluxão. (19.648,1 km² - 7,0%).

MUITO FORTE: Compreende áreas formadas por solos rasos e muito rasos, com presença de afloramentos de rochas. O relevo predominante vai do montanhoso até o escarpado, com declives maiores ou iguais a 45%. A ecodinâmica da paisagem é muito instável (pedogênese << morfogênese). Os processos de escoamento superficial são concentrados. Os movimentos de massa são do tipo deslizamento, desmoronamento, rastejamento e solifluxão, com eventuais quedas de blocos. (34.750,2 km² - 12,5%).

ESPECIAL: A condição da maioria dos solos referidos a essa classe vai de imperfeitamente drenados a muito mal drenados, com o nível do lençol freático normalmente elevado. A ecodinâmica da paisagem é instável e de transição (pedogênese < ou □ morfogênese). Os processos envolvidos são de escoamento concentrado ao longo da drenagem, remobilização e deposição de sedimentos finos, bem como escoamento difuso e lento nas planícies, terraços fluviais e margens de lagos, além de eventuais inundações. (13.621,3 km² - 4,9%). (TOCANTINS, 2012, p. 32).

Figura 13: Erodibilidade potencial do solo na bacia hidrográfica do Rio Palma



3.4 Vegetação

Na figura 17, podem ser verificados os aspectos da vegetação na bacia hidrográfica do Rio Palma. É possível notar que a cobertura vegetal é pouco presente na porção nordeste da área de estudo, sendo a agricultura mais expressiva nessa região. A grande aptidão agrícola dessa área decorre de suas características geomorfológicas favoráveis (declividade até 5%) e por se localizar próxima às nascentes do Rio Palma. As áreas de pastagens para atividade de pecuária são expressivas na parte Sul da bacia hidrográfica. A vegetação verificada é composta de diferentes tipos de cerrados e florestas estacionais. O mapa produzido tem como base de dados a Secretaria de Planejamento do Estado do Tocantins (SEPLAN-TO), que utiliza a terminologia do Manual Técnico da Vegetação Brasileira (IBGE, 2012).

A distribuição geográfica da vegetação na bacia hidrográfica do Rio Palma é a seguinte: na porção nordeste, é verificada a agricultura de soja, representada pela cor azul (Agricultura – Ac). Essa produção se deve às condições de relevo e de solo, pois são verificados Latossolos Amarelos, adequados à produção agrícola. Essa região está compreendida na parte superior da chapada da Serra Geral na divisa com o Estado da Bahia e apresenta declividade inferior a 5%, de modo que tal característica favorece o trabalho com o maquinário agrícola.

A área em amarelo, na porção sudeste da bacia hidrográfica, refere-se à atividade de pecuária, na qual a pastagem substitui a vegetação nativa (Figura 14). Apesar de se apresentar mais intensa nessa região, essa atividade é desenvolvida em quase toda a bacia hidrográfica.

Figura 14: Área de pastagem



Foto: PINTO, P. H. P., 2017

Como pode ser verificado, a maior parte do território da bacia hidrográfica é coberto por diversas variedades de cerrados, mas, de acordo com a classificação adotada pela Secretaria de Planejamento do Estado do Tocantins, essas áreas são denominadas de savanas. O termo savanas é utilizado para substituir o termo Cerrado, e, conforme o IBGE (2012), apresenta quatro subtipos: Savana Parque (ou Campo sujo); Savana gramíneo-lenhosa (ou Campo Limpo); Savana Arborizada (Campo Cerrado, Cerrado típico ou denso); Savana Florestada (Cerradão).

Na região nordeste e centro-norte da bacia, na cor verde, verifica-se a ocorrência de Savana Arborizada com Floresta de Galeria (Saf) ou campo cerrado (Figura 15). Essa formação vegetal caracteriza-se por apresentar extratos arbóreos mais abertos (campo cerrado) ou mais densos (cerrado típico ou cerrado denso).

Figura 15: Campo cerrado na bacia hidrográfica do Rio Palma



Foto: PINTO, P. H. P., 2017

A Savana Arborizada sem Floresta de Galeria (Sas) está disposta em uma faixa longitudinal na borda leste, uma área na região centro sul e outra na parte oeste da bacia hidrográfica.

A Savana Parque sem Floresta de Galeria ou campo sujo, também considerada como campo sujo (Figura 16), é predominante na região do baixo curso do Rio Palma, parte oeste da bacia hidrográfica, mas também é verificada no sul, leste e norte (IBGE, 2012).

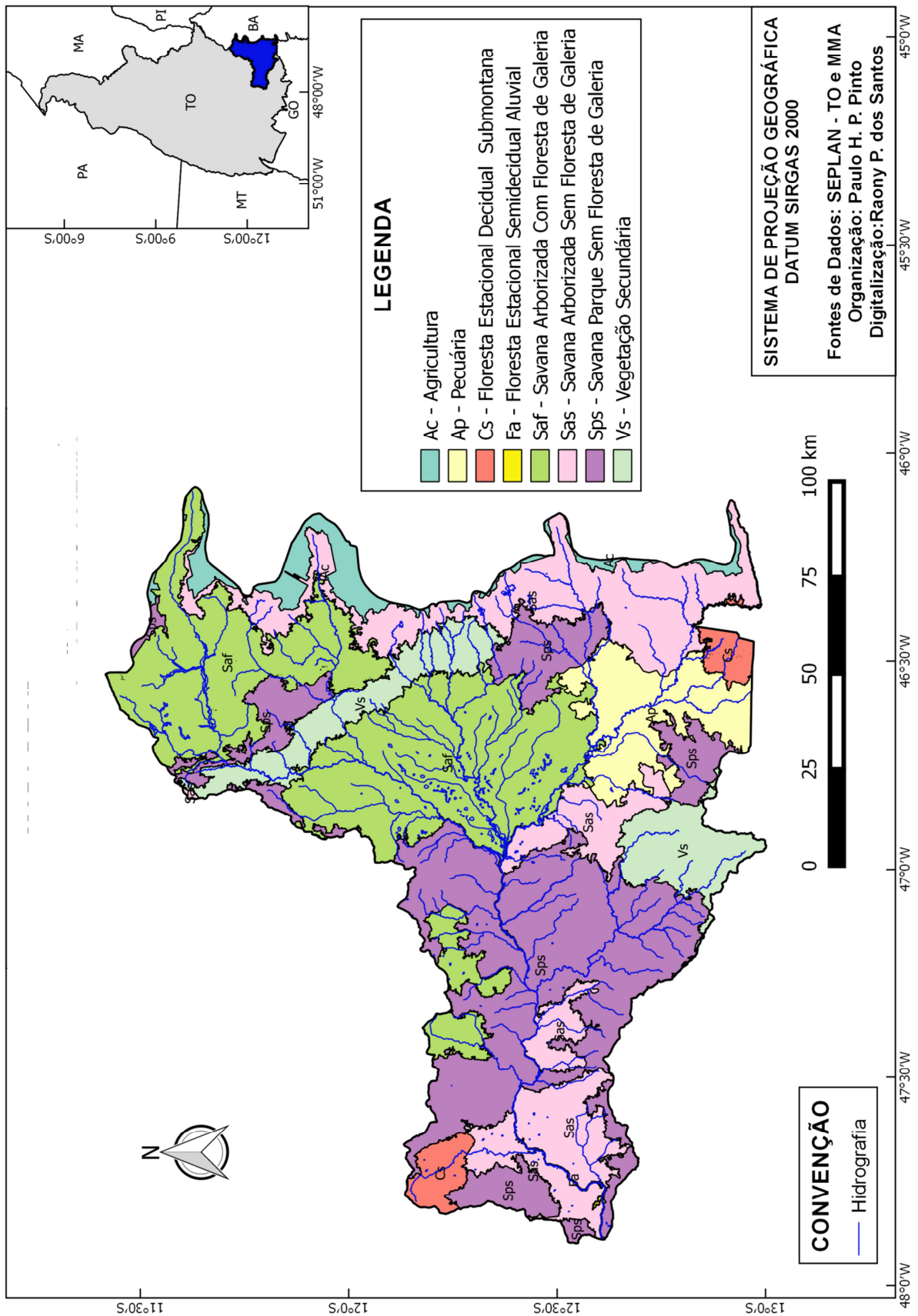
Figura 16: Campo sujo na bacia hidrográfica do Rio Palma



Foto: PINTO, P. H. P., 2017

As áreas florestadas são mais raras e ocorrem na região sudeste e em uma pequena área na parte oeste da área de estudo. São Florestas Estacionais Deciduais Submontana, que são marcadas pela sazonalidade climática conferida à região, que apresenta duas estações bem definidas, um outono-inverno quente e seco, e primavera-verão quente e chuvosa, e, eventualmente, o período seco é mais prolongado (Figura 17).

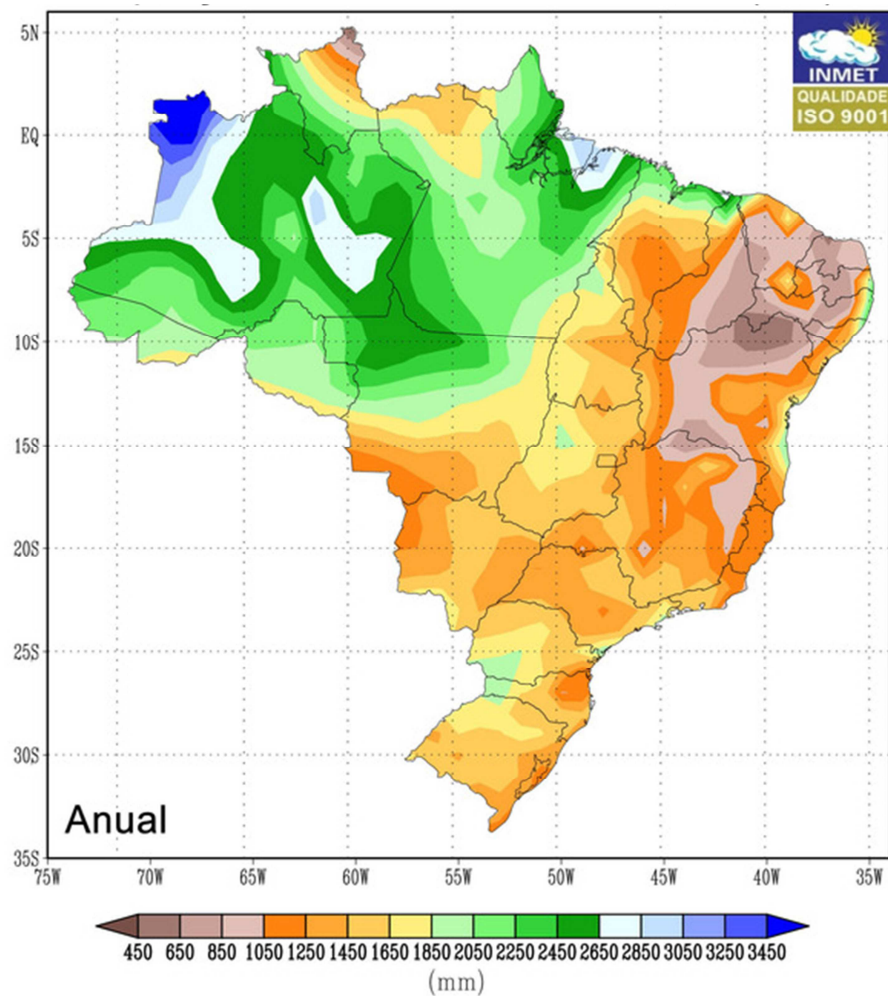
Figura 17: Vegetação na bacia hidrográfica do Rio Palma



3.5 A distribuição das chuvas e da temperatura na área de estudo

Com o intuito de conhecer as características da distribuição das chuvas na área de estudo, fez-se uma revisão a partir da escala nacional até a escala local. Verifica-se que, em escala nacional, o Estado do Tocantins está situado em uma zona de transição climática, com características que partem do clima semiárido ao úmido equatorial. Os valores normais de precipitação se elevam no sentido Leste-Oeste. As porções com os menores valores de chuva são o centro-sul e centro-leste, e aquelas as precipitação mais elevada é o noroeste. (Figura 18).

Figura 18: Precipitação acumulada anual (mm) - Normais climatológicas do Brasil 1961-1990



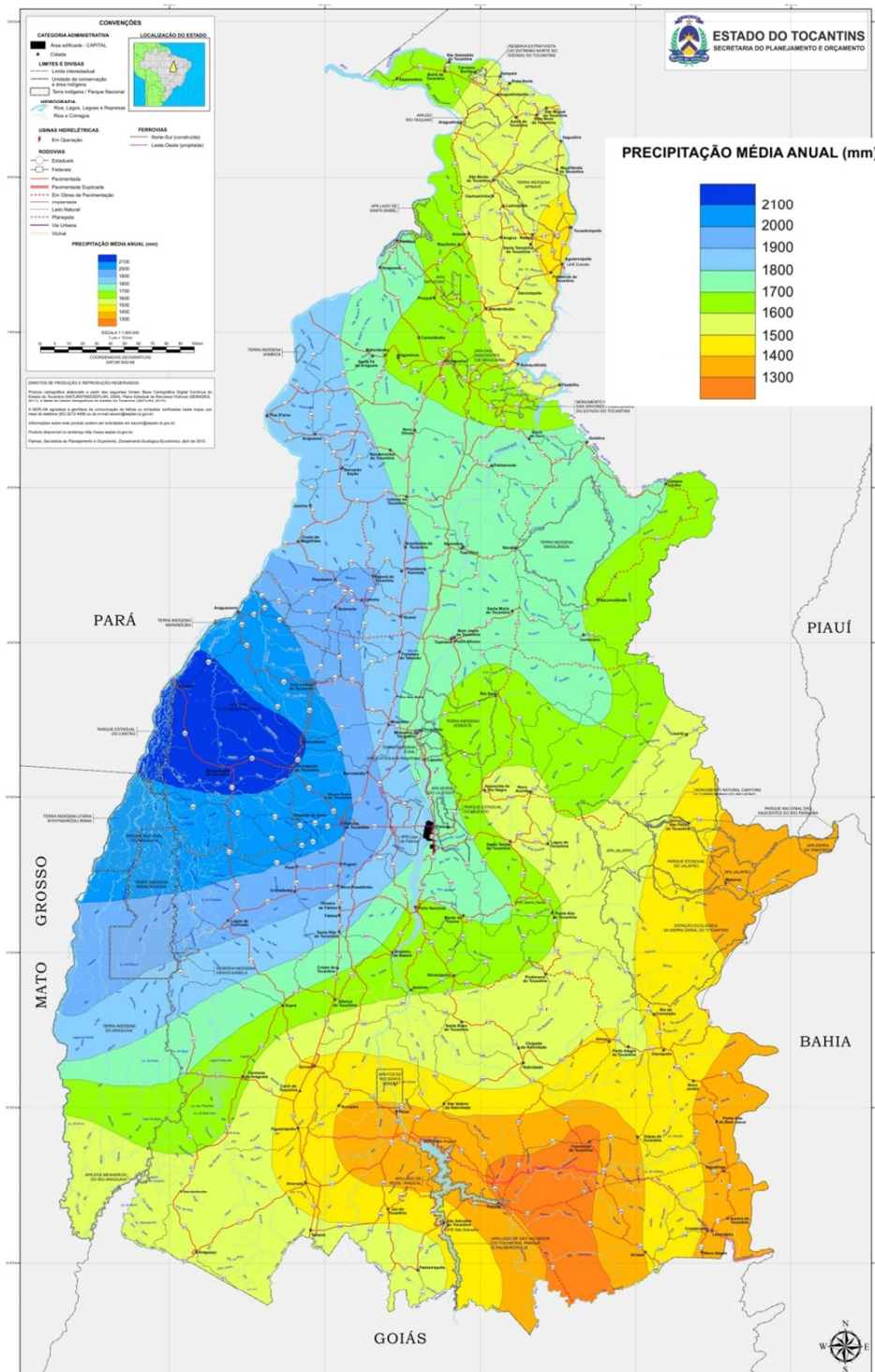
Fonte: INMET

A um nível mais detalhado, temos a distribuição média anual das chuvas no Estado do Tocantins. Em um levantamento realizado pela SEPLAN-TO (Figura 19), percebe-se que as regiões sudeste e centro-oeste são aquelas que apresentam os menores valores de precipitação, abaixo de 1400 mm. À medida que se observa na direção Oeste, as precipitações apresentam valores mais elevados, chegando a superar os 2000 mm, na região centro-oeste. A porção nordeste, por sua vez, também apresenta índices baixos de pluviosidade. Estas características garantem maior detalhamento e permitem verificar com mais clareza as diferenciações pluviométricas típicas de uma área de transição climática.

Apesar da sua grande relevância, a representação com base em dados médios possui suas limitações, e foi com o intuito de reduzi-las, que foram elaboradas cartas de isoietas em episódios de anos padrão (seco, habitual e chuvoso). As isoietas da distribuição anual das chuvas no Estado do Tocantins, elaboradas para os anos de 1989 (chuvoso), 1990 (seco), 2001 (habitual) e 2007 (seco), permitem perceber que o volume das chuvas é mais elevado na porção centro-oeste, e que as regiões sudeste e leste apresentam os menores valores de chuva.

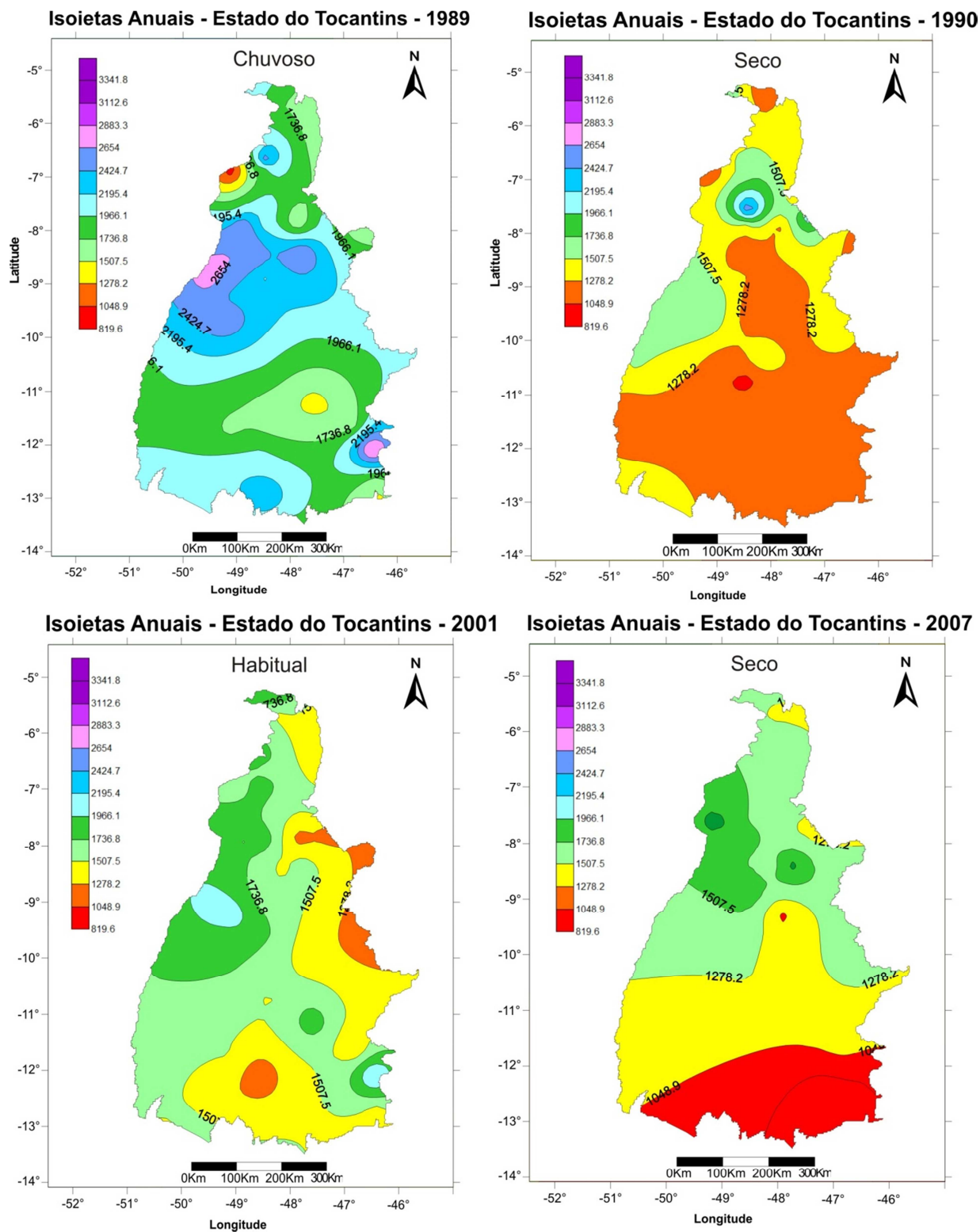
No ano chuvoso 1989, é aparente uma inversão de valores da pluviosidade, pois na região sudeste há um núcleo chuvoso, e na porção noroeste, normalmente mais chuvosa, verifica-se um núcleo bastante seco. O ano de 1990 foi classificado como de padrão seco, e na isoietas elaborada para este ano é possível verificar, que toda a região sudeste e centro-sul apresentaram valores abaixo de 1200 mm. No ano de padrão habitual (2001) nota-se novamente o centro-sul e leste com os menores valores de precipitação. No ano seco (2007), a região sudeste apresenta os menores valores de chuva. Este ano revelou-se, segundo Pinto (2013), um dos mais secos da última década. A falta de água para consumo da população desta área provocou enormes problemas, os quais serviram de motivação para intervenções governamentais (Figura 20).

Figura 19: Precipitação média anual (mm) - Estado do Tocantins



Fonte: SEPLAN-TO, 2015

Figura 20: Isoietas anuais - Estado do Tocantins

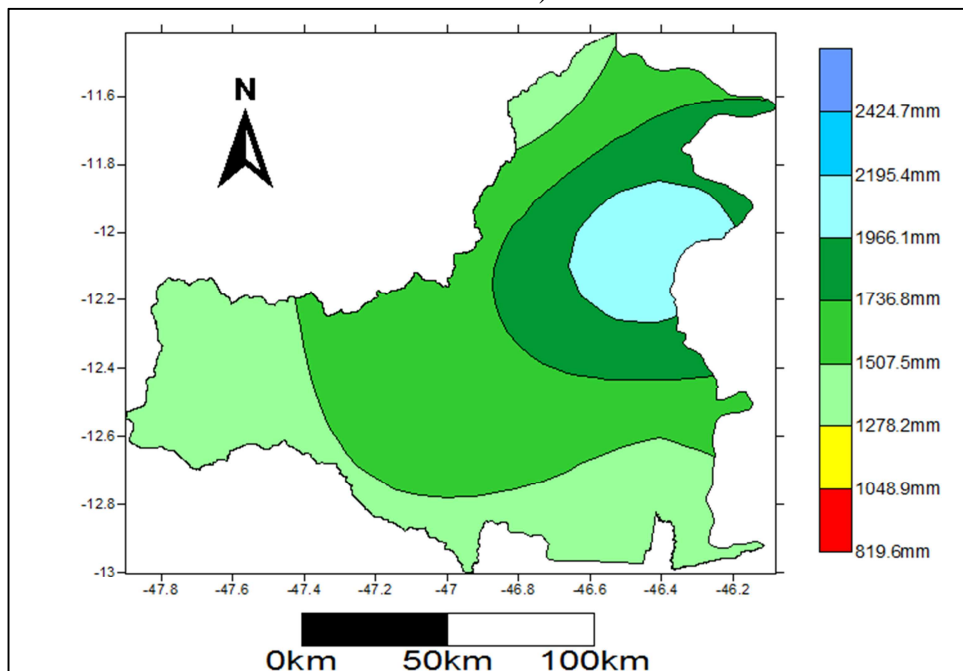


Fonte de dados: INMET/ANA

A distribuição anual das chuvas na bacia hidrográfica do Rio Palma é apresentada por episódios-padrão (anos-padrão), os quais representam os extremos seco e chuvoso e a situação mais recorrente na bacia, o padrão habitual.

No ano de 2001, que apresentou padrão habitual, as isoietas evidenciaram um decréscimo nos valores de precipitação no sentido Leste-Oeste. A parte sul e o extremo oeste da bacia hidrográfica apresentam os valores mais reduzidos para esse ano, e verifica-se um núcleo mais chuvoso a leste. Durante esse ano, os valores totais de precipitação não superaram 2200 mm, e os valores mínimos estiveram acima de 1278 mm. Cabe ressaltar que a análise detalhada da distribuição espacial da pluviosidade anual tem maior propriedade de detalhamento do que a simples aferição da média pluviométrica anual (Figura 21).

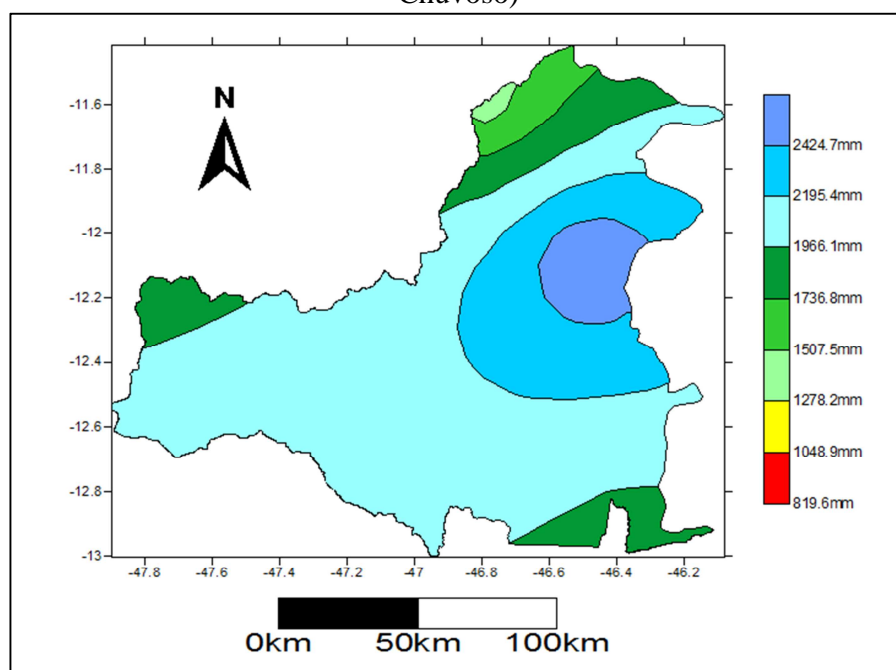
Figura 21: Distribuição das chuvas na bacia hidrográfica do Rio Palma – 2001 (Ano-Padrão Habitual)



Fonte de dados: ANA/INMET

O ano de 2004 foi considerado chuvoso na BHRP (Figura 22). A distribuição espacial é semelhante àquela verificada no ano de 2001, contudo os valores são mais elevados. A maior parte da bacia hidrográfica apresenta valores acima de 1500 mm.

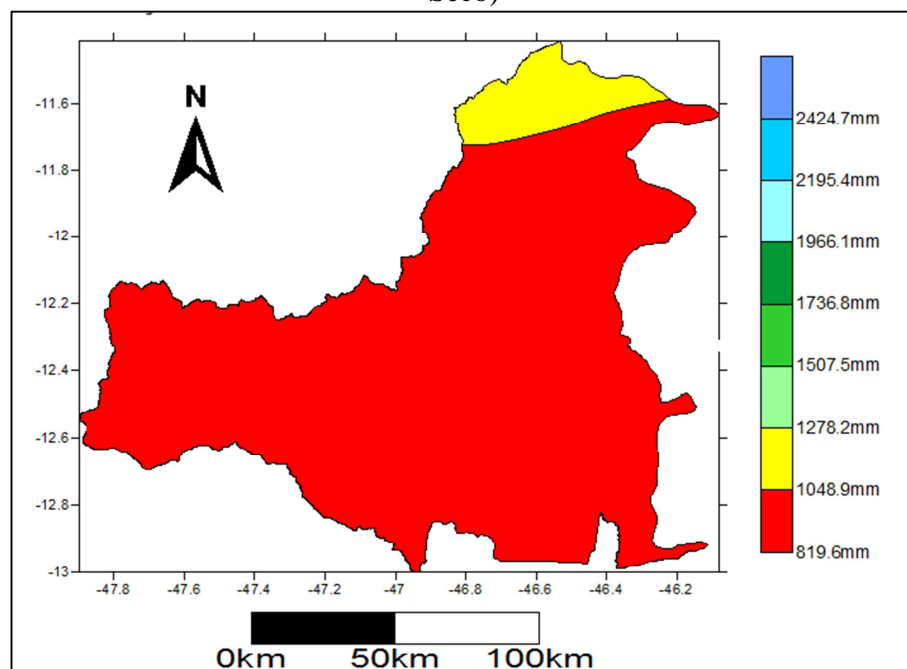
Figura 22: Distribuição das chuvas na bacia hidrográfica do Rio Palma – 2004 (Ano-Padrão Chuvoso)



Fonte de dados: ANA/INMET

A distribuição das chuvas no ano de 2007, que apresentou padrão seco, é homogênea em grande parte da área da bacia hidrográfica. Apenas o extremo norte na bacia hidrográfica apresentou valores superiores aos 1000 mm de precipitação anual. A carta de isoietas, a seguir, apresenta a distribuição anual das chuvas na bacia hidrográfica do Rio Palma em ano-padrão seco (ano de 2007) (Figura 23).

Figura 23: Distribuição das chuvas na bacia hidrográfica do Rio Palma – 2007 (Ano-Padrão Seco)

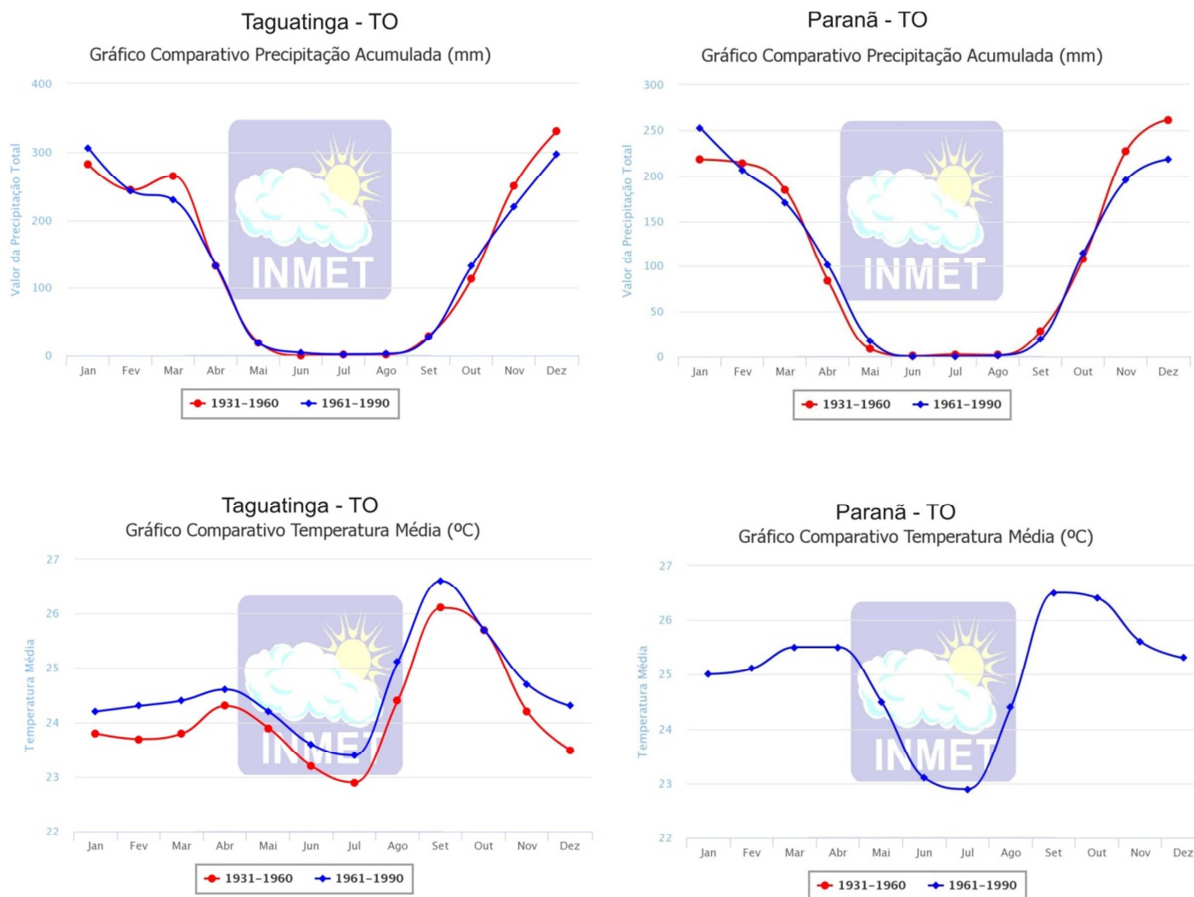


Fonte de dados: ANA/INMET

Em nível local, podem ser verificados os aspectos da precipitação acumulada e temperatura média a partir do gráfico 3 gerado com os dados das normais climatológicas (1931-1960/1961-1990), coletados pela estação meteorológica de Taguatinga e Paranã. Percebe-se que, nas duas localidades há um trimestre completamente seco (Junho, Julho e Agosto), e que as chuvas que superam os 200 mm ocorrem de novembro a abril.

A temperatura média do ar em Paranã (1961-1990) é mais elevada do que em Taguatinga (1961-1990), no início do ano, no entanto, durante os meses de junho e julho apresenta-se em torno de 23°C, aproximadamente 0,5°C a menos do que em Taguatinga.

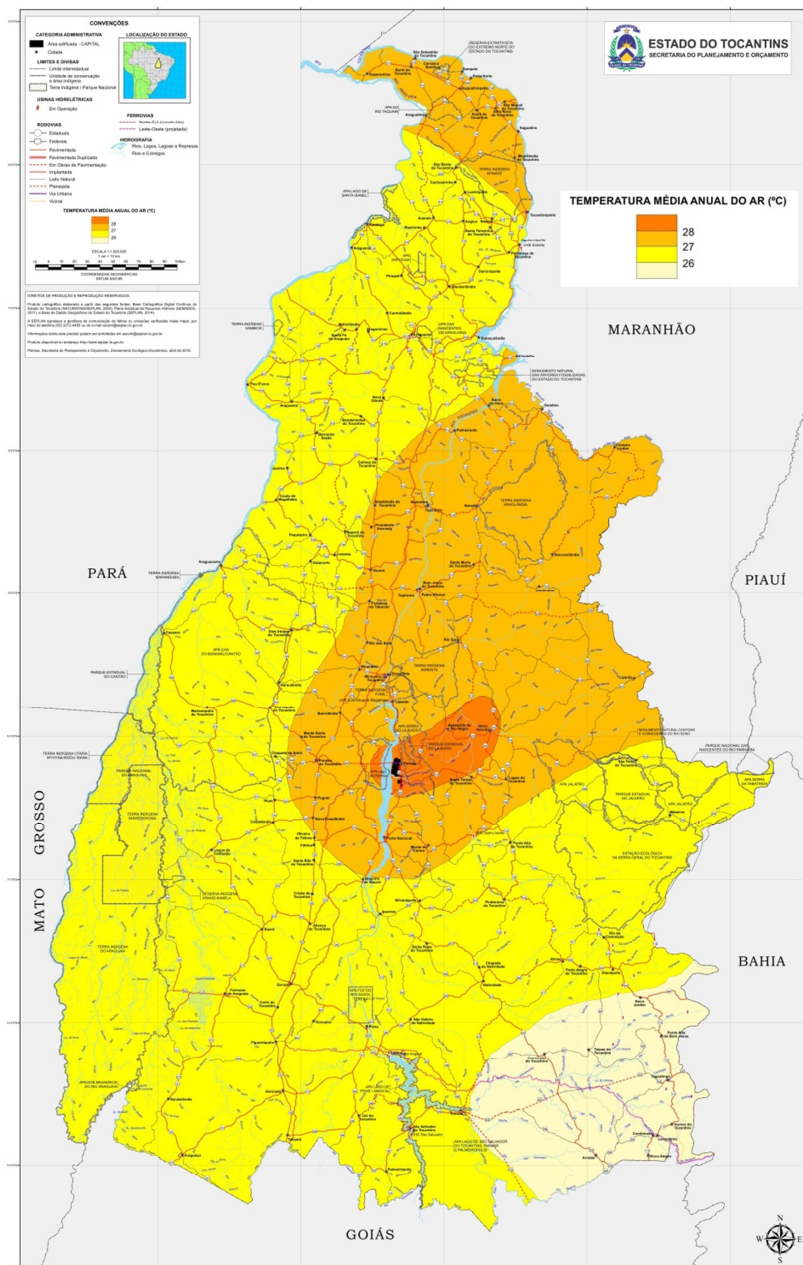
Gráfico 3: Comparativo da precipitação e temperatura média entre Taguatinga (TO) e Paranã (TO)



Fonte: INMET

No Estado do Tocantins, as temperaturas elevam-se gradativamente à medida que se desloca no sentido Leste-Oeste e Sul-Norte. Na figura 24 é possível verificar que a região sudeste do Estado do Tocantins, área na qual se encontra a bacia hidrográfica que é o foco deste estudo, a temperatura média é está entre 26 e 27°C.

Figura 24: Temperatura média anual do ar (°C) - Estado do Tocantins



Fonte: SEPLAN – TO, 2015

CAPÍTULO IV – RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análise empírica da fragilidade ambiental na bacia hidrográfica do Rio Palma

Esta análise propõe a classificação do grau de fragilidade ambiental das doze (12) sub-bacias que compõem a bacia hidrográfica do Rio Palma, e tem como base os dados de declividade, uso do solo e cobertura vegetal e distribuição das chuvas apresentados nos itens anteriores.

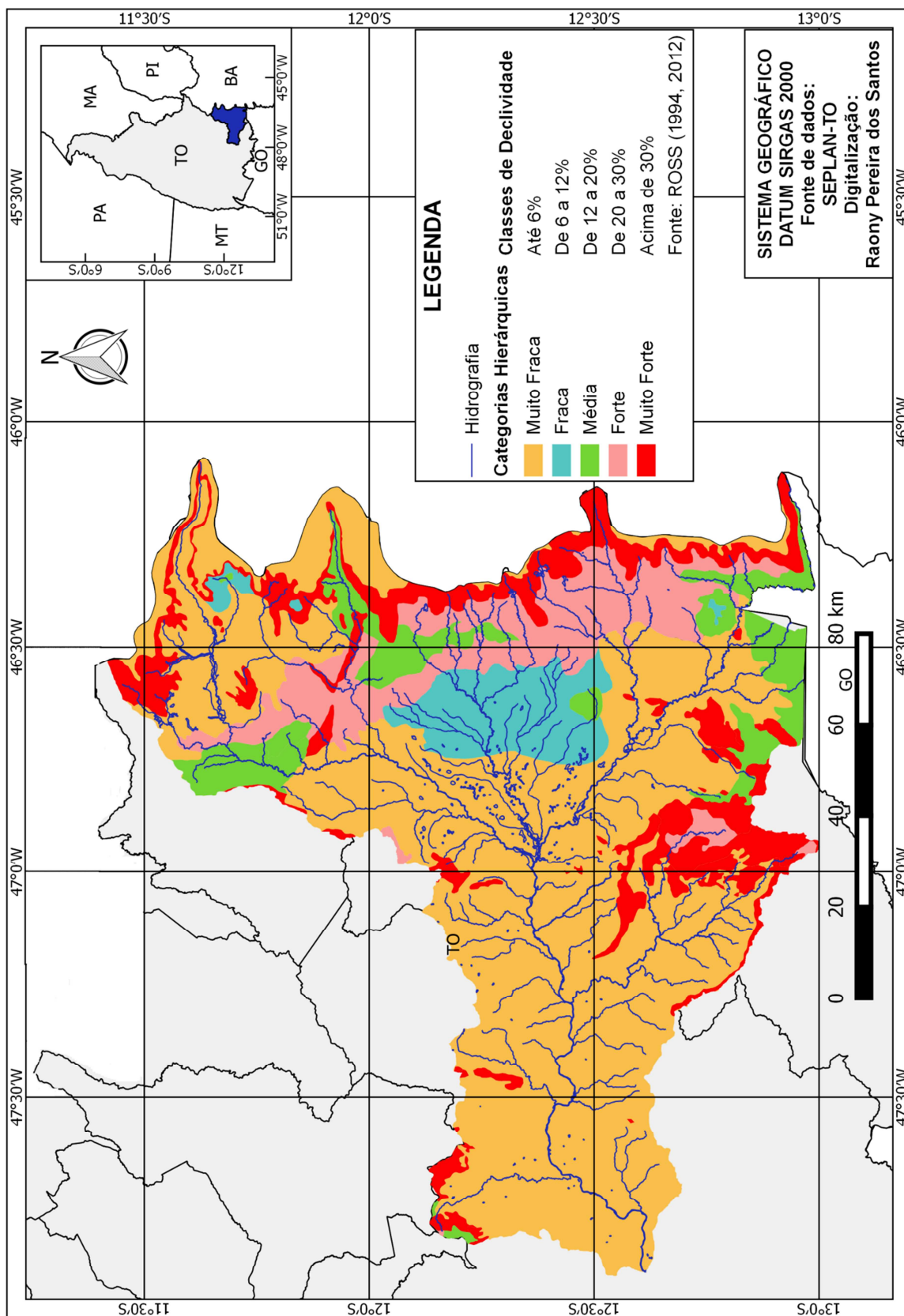
4.1.1 Categorias hierárquicas das classes de declividade

A declividade é uma importante variável na análise da fragilidade ambiental, pois pode favorecer a intensificação de processos erosivos. A bacia hidrográfica do Rio Palma apresenta as altitudes mais elevadas na porção leste, nascentes dos tributários do Rio Palma, e as terras mais baixas estão localizadas na parte oeste, na qual está localizado o exutório da bacia.

No concernente às fragilidades em relação à declividade, é possível verificar uma redução gradual e hierárquica das classes no sentido leste-oeste, na faixa que está contida entre as latitudes 12°S e 12°35'S. Inicia-se com uma fragilidade Muito Forte na borda leste, que apresenta as encostas mais íngremes da Serra Geral, e, em seguida, fragilidade Forte, Média e Fraca. A classe hierárquica Muito Fraca é predominante nessa faixa, aplicando-se desde o médio curso do Rio Palma até a sua foz.

Na porção norte da bacia, acima de 12°S, as classes alternam-se entre Muito Forte e Muito Fraca, e isso ocorre devido à transição dos topos aplainados do planalto ocidental baiano, passando pelas escarpas íngremes em direção a terrenos de menor altitude. Nessa parte da área de estudo, também são verificadas as classes Média e Fraca. A porção da área de estudo que está abaixo de 12°30' também é de transição decrescente de classes hierárquicas no sentido leste-oeste, porém não ocorrendo de forma tão gradual. Ocorre a predominância de fragilidade Muito Fraca intercalada com Muito Forte, e isso se deve à ocorrência de afloramentos rochosos na porção centro sul. O mapa a seguir (Figura 25) apresenta os diferentes graus de fragilidade devido à declividade em todo o território da bacia hidrográfica em estudo. A partir da observação desse mapa, é possível verificar que os mais altos graus de fragilidade estão localizados no alto curso do Rio Palma, na porção centro-leste da bacia.

Figura 25: Fragilidade devido à declividade – bacia hidrográfica do Rio Palma



4.1.2 Grau de proteção dos solos em função dos tipos de cobertura vegetal

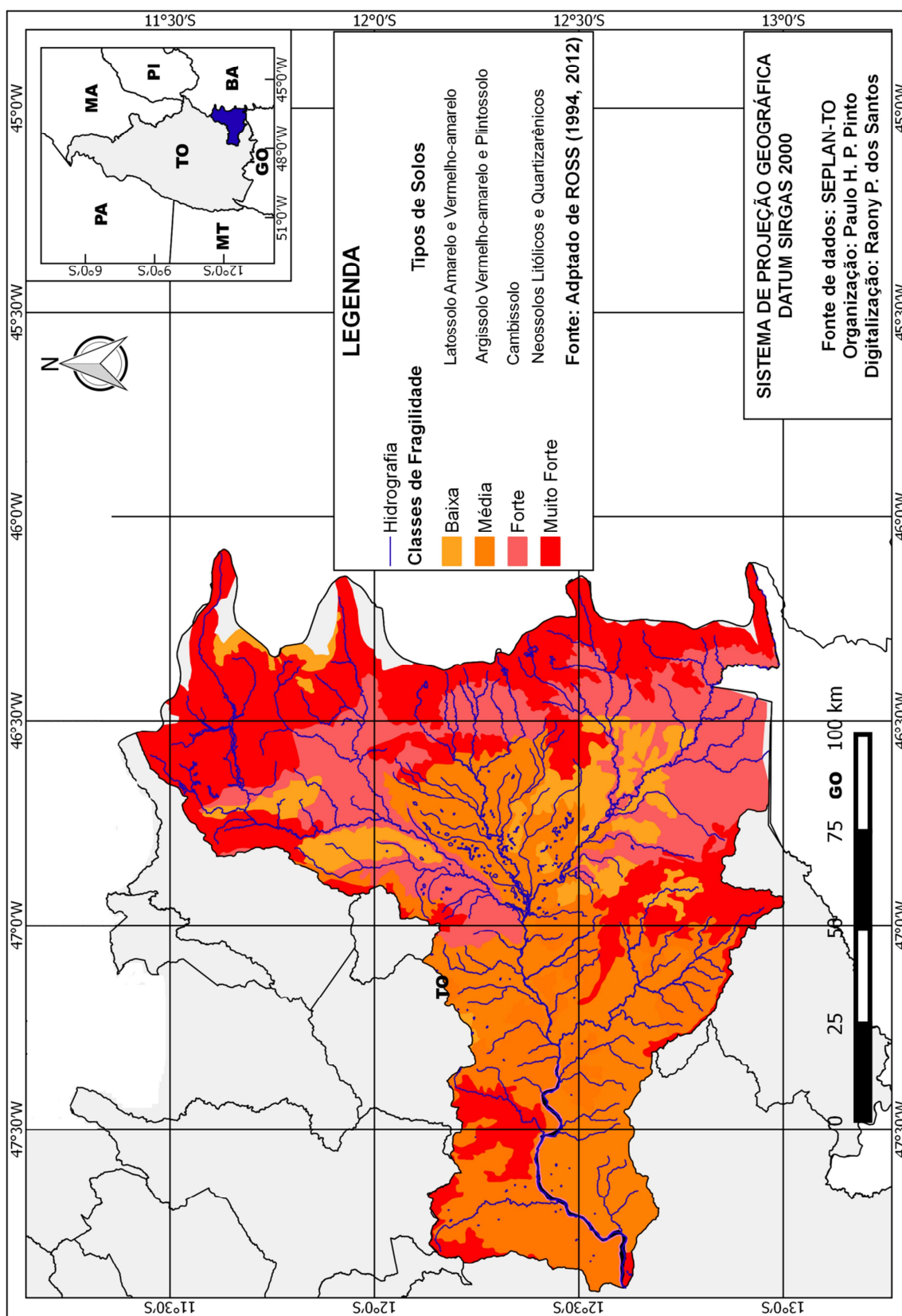
De acordo com Ross (1994, 2012), os tipos de solo apresentam determinados graus de fragilidade, que pode ser alterada pelo tipo de cobertura vegetal, pois, dependendo de suas características naturais e de preservação, pode fornecer diferentes graus de proteção aos solos.

Os tipos de solo, devido ao potencial de erodibilidade e características físicas e químicas, podem apresentar maior ou menor grau de fragilidade. Na área de estudo, os tipos de solo que apresentam maior fragilidade são os Neossolos Litólicos e Neossolos Quartizarênicos, encontrados na borda leste da bacia hidrográfica e também no sul. Estes solos mais porosos, friáveis e permeáveis, possuem alto potencial de erodibilidade.

Os Cambissolos apresentam forte fragilidade e também são verificados em grande parte do território da área de estudo, sobretudo no alto e médio cursos. Os solos Argissolos possuem uma fragilidade média. Os solos com baixa fragilidade são os Latossolos Amarelo e Vermelho-Amarelo, verificados na parte nordeste e em porções do centro norte e centro sul da área estudada. É necessário levar em consideração que, apesar do grau de fragilidade baixa, esses tipos de solos são muito aptos às atividades agrícolas, fato que resulta na remoção da cobertura vegetal e influencia de modo direto na fragilidade ambiental da área (Figura 26).

A cobertura vegetal fornece aos solos graus de proteção de acordo com suas características. Portanto, o uso da terra e a remoção da vegetação nativa podem influenciar na classificação final da fragilidade ambiental.

Figura 26: Fragilidade do Solo – bacia hidrográfica do Rio Palma



De acordo com Ross (2012, p. 64), tipos de cobertura vegetal tais como “formações arbustivas com extrato herbáceo denso, formações arbustivas densas (mata secundária, Cerrado denso, Capoeira densa) [...] Pastagens cultivados com baixo pisoteio de gado” fornecem ao solo alta proteção. A área de estudo desta pesquisa apresenta ampla diversidade de cobertura vegetal, que inclui diversos tipos de cerrado (campo limpo, campo sujo, cerrado, cerradão, veredas e brejos); formações de floresta e corredores de vegetação (floresta estacional decidual submontana); o cultivo de monoculturas em áreas extensas (soja, milho); e também a substituição da vegetação nativa por pastagem em regiões onde há criação de gado.

Para chegar à classificação do grau de proteção dos solos em virtude da cobertura vegetal, foi necessário realizar uma adaptação metodológica em que a hierarquização se tornasse mais adequada às características da bacia hidrográfica do Rio Palma. Os principais aspectos estão relacionados com as distinções de cada tipo de vegetação. Por exemplo, uma área na qual predomina a agricultura, como, por exemplo, culturas de ciclo curto, como arroz, soja e milho, fornecem baixa proteção ao solo devido à remoção da cobertura vegetal nativa. O mesmo ocorre em regiões em que predomina a pecuária, nas quais o cerrado dá lugar ao pasto. Por outro lado, em áreas nas quais se pode verificar o cerrado típico e até mesmo partes mais florestadas, a proteção do solo é mais alta. Desse modo, chega-se à seguinte classificação (Quadro 11):

Quadro 11: Classificação da vegetação de acordo com seu grau de proteção do solo

Tipos de cobertura vegetal (ocorrência na bacia)	Grau proteção dos solos em função dos tipos de cobertura vegetal	Código numérico
Ap - Pecuária	Muito Baixa	5
Ac - Agricultura	Baixa	4
Sas - Savana Arborizada Sem Floresta de Galeria. Sps - Savana Parque Sem Floresta de Galeria. Vs - Vegetação Secundária	Média	3
Fa - Floresta Estacional Semidecidual Aluvial. Saf - Savana Arborizada Com Floresta de Galeria.	Alta	2
Cs - Floresta Estacional Decidual Submontana.	Muito Alta	1

Elaborado pelo autor.

Na parte nordeste da bacia hidrográfica em estudo, são verificados casos de plantio de soja, atividade que desfavorece a proteção do solo, mesmo sendo Latossolo Amarelo, que possui, de acordo com a classificação obtida, baixa fragilidade. Além disso, deve-se considerar o potencial risco à qualidade da água, que esse tipo de cultivo oferece a rede de drenagem devido à sua proximidade das nascentes do Rio Palma. Nessa mesma região da bacia hidrográfica, nos Patamares das Mangabeiras, há ocorrência de areias quartzosas, solos litólicos, contudo, a vegetação, que varia entre campo sujo e campo cerrado, confere médio e alto grau de proteção aos solos.

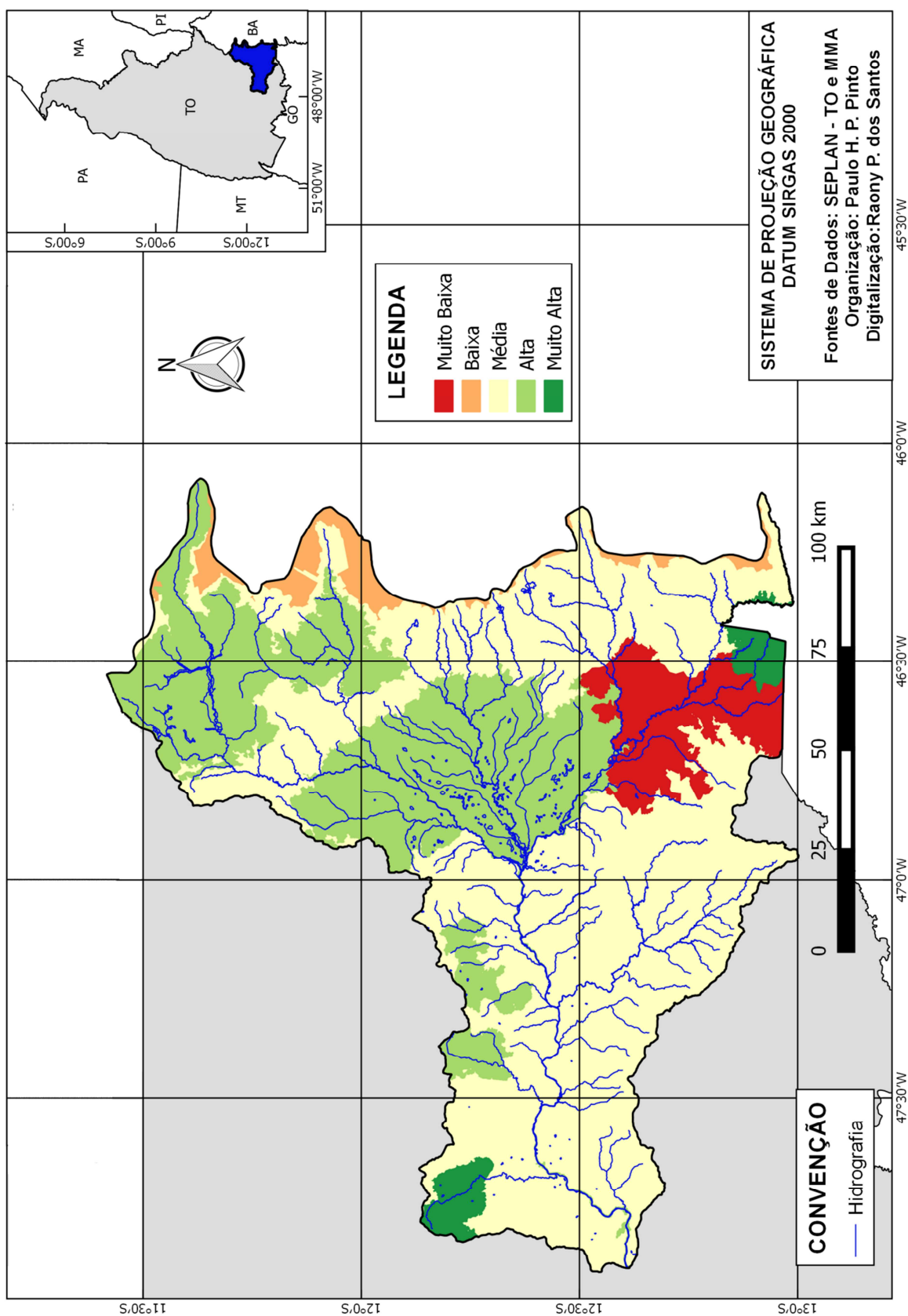
Na parte central da bacia hidrográfica, são verificados os plintossolos, que possuem elevada fragilidade, contando com alta proteção por parte da savana arborizada, predominante na área.

Na porção sudeste, ocorrem os solos cambissolos e também latossolos vermelho-amarelo, e, nessa mesma área, verifica-se a presença de pastagens e de savana arborizada. As pastagens não conferem um grau de proteção satisfatório aos solos, ao contrário do campo cerrado. Nessa região, há uma pequena área com a presença de floresta estacional decidual que garante uma proteção muito alta ao solo.

No médio curso do Rio Palma predominam os solos podzólicos e plintossolos. Esses solos possuem média e alta fragilidade e proteção média, pois a vegetação prevalecente nessa área é a savana parque sem floresta de galeria, também conhecida como campo sujo.

Na região oeste da bacia hidrográfica, na qual está localizada a foz do Rio Palma, nota-se que os solos podzólicos ocorrem em maior parte e também há presença de solos litólicos e plintossolos. Todos possuem elevada fragilidade, e soma-se a isso o fato de a vegetação ser savana arborizada e savana parque, que fornecem médio grau de proteção. A figura 30 contém a distribuição geográfica das classes de proteção do solo em função da cobertura vegetal na bacia hidrográfica do Rio Palma (Figura 27).

Figura 27: Grau de proteção em função da cobertura vegetal



No quadro a seguir (quadro 12), estão dispostos alguns casos de tipos de solo e de cobertura vegetal que ocorrem na área de estudo e seus respectivos graus de fragilidade e proteção.

Quadro 12: Ocorrência de tipos solo e seu grau de proteção na área de estudo

Tipos de solos	Grau de fragilidade	Tipos de cobertura vegetal (ocorrência na bacia)	Grau proteção dos solos em função dos tipos de cobertura vegetal
Latossolo Amarelo	1 - Muito Baixa	Ac - Agricultura	4 - Baixa
Latossolo Vermelho-Amarelo	2 - Baixa	Fa - Floresta Estacional Semidecidual Aluvial. Saf - Savana Arborizada Com Floresta de Galeria.	2 - Alta
Latossolo Vermelho-Amarelo	2 - Baixa	Sas - Savana Arborizada Sem Floresta de Galeria. Sps - Savana Parque Sem Floresta de Galeria. Vs - Vegetação Secundária	3 - Média
Latossolo Vermelho-Amarelo	2 - Baixa	Ac - Agricultura	4 - Baixa
Cambissolo	4 - Forte	Ac - Agricultura	4 - Baixa
Cambissolo	4 - Forte	Cs - Floresta Estacional Decidual Submontana.	1 - Muito Alta
Argissolo Vermelho-Amarelo,	3 - Média	Ap - Pecuária	5 - Muito Baixa
Argissolo Vermelho-Amarelo,	3 - Média	Cs - Floresta Estacional Decidual Submontana.	1 - Muito Alta
Plintossolo	5 - Muito Forte	Saf - Savana Arborizada Com Floresta de Galeria.	2 - Alta
Neossolos Litólicos e Quartizarênicos	5 - Muito Forte	Ac - Agricultura	5 - Muito Baixa
Neossolos Litólicos e Quartizarênicos	5 - Muito Forte	Sas - Savana Arborizada Sem Floresta de Galeria.	3 - Média

Elaborado pelo autor.

4.1.3 Níveis hierárquicos de fragilidade a partir das características pluviométricas

A estipulação dos níveis hierárquicos da fragilidade ambiental apresentados a seguir tem como base as características pluviométricas verificadas na área de estudo.

A fim de verificar o regime mensal das chuvas na bacia hidrográfica do Rio Palma, buscou-se seguir o referencial de Schröder (1956) para a produção de pluviogramas e elaboração de classes. Foram selecionados três postos de dados pluviométricos: Dianópolis – TO, situada na região norte da bacia hidrográfica; Taguatinga – TO, localizada na região nordeste da bacia hidrografia e; Aurora do Tocantins – TO, na parte sudeste da bacia hidrográfica. Para essa seleção, foram consideradas a disponibilidade e a qualidade dos dados, bem como a distribuição espacial que favorecesse as análises e permitisse uma aproximação do perfil regional da precipitação na área de estudo.

A cidade de Dianópolis (TO), na qual está localizada a estação meteorológica do INMET e cujos dados foram utilizados para produzir o pluviograma a seguir, situa-se na porção norte da bacia hidrográfica do Rio Palma. Os dados coletados e apresentados em sua distribuição mensal revelam um longo período seco durante o ano, de 4 a 6 meses (Figura 28). Durante esse período, a ocorrência de chuvas é inexistente nos meses de junho, julho e agosto. Os meses de maio e setembro também não apresentam registro de precipitação em alguns anos. Esse longo e intenso período de estiagem representa grave problema para a população da região. Como já apresentado no início deste trabalho, ocorre o esgotamento de mananciais devido ao acentuado déficit, a consequente morte de animais, e as populações urbana e rural são afetadas com problemas de abastecimento.

Os meses mais chuvosos variam de dezembro a março, período que concentra a maior parte da precipitação das chuvas anuais.

Figura 28: Regime mensal das chuvas em Dianópolis - TO

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1986					S	S	S	S	S			C
1987					S	S	S	S	S			C
1988		C			S	S	S	S	S			
1989					S	S	S	S				C
1990		C				S	S	S				
1991	C				S	S	S	S			C	
1992					S	S	S	S				C
1993		C				S	S	S				
1994						S	S	S	S		C	
1995		C				S	S	S	S			
1996			C			S	S	S	S			
1997			C			S	S	S				
1998						S	S	S	S		C	
1999						S	S	S			C	
2000					S	S	S	S	S			C
2001						S	S	S	S		C	
2002					S	S	S	S	S			C
2003	C					S	S	S	S			
2004	C				S	S	S	S	S			
2005			C		S	S	S	S	S			

	acima de 30,1%		de 18,1% a 24,0%		de 6,1% a 12%	S	Sem chuva
	de 24,1% a 30,0%		de 12,1% a 18,0%		Até 6,0%	C	Mais chuvoso

Fonte de dados: ANA/INMET

Os dados utilizados para produzir os pluviogramas a seguir foram coletados por estação meteorológica do INMET instalada na cidade de Taguatinga (TO), localizada na porção nordeste da bacia hidrográfica em análise. Apesar de ser uma das estações mais antigas do Estado do Tocantins, tendo entrado em operação em 1915, são verificadas muitas falhas nos dados. Tal fato é observado no pluviograma aqui apresentado, no qual o período de junho de 1990 a dezembro de 1994 não apresenta dados (Figura 29).

Em que pesem essas falhas, é possível notar inúmeros aspectos no que se refere à distribuição temporal das chuvas nessa localidade. O pluviograma elaborado a partir dos dados coletados pela estação meteorológica de Taguatinga revela que os meses mais chuvosos são verificados no período chuvoso, que vai de novembro a março. Há um intervalo seco de 5 a 6 meses, dos quais o trimestre junho, julho e agosto, além de ser o mais seco, é o momento em que se constata total ausência de chuvas em quase todo o período analisado. Os meses mais chuvosos verificados são dezembro e janeiro.

Figura 29: Regime mensal das chuvas em Taguatinga - TO

	Jan	Fev	Mar	Abril	Mai	Junho	Julho	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1986						S						C
1987			C			S	S	S				
1988						S	S	S	S			C
1989								S				C
1990		C										
1991												
1992												
1993												
1994												
1995		C				S	S	S				
1996						S	S	S				C
1997			C				S	S				
1998	C					S	S	S				
1999						S	S	S				C
2000			C			S	S					
2001						S	S	S				C
2002	C					S		S				
2003						S	S				C	
2004	C					S	S					
2005	C					S	S	S				

	acima de 30,1%		de 18,1% a 24,0%		de 6,1% a 12%	S	Sem chuva
	de 24,1% a 30,0%		de 12,1% a 18,0%		Até 6,0%	C	Mais chuvoso
	Ausência de dados pluviométricos						

Fonte de dados: ANA/INMET

O pluviograma elaborado a partir dos dados coletados em Aurora do Tocantins (TO) evidencia um padrão de descontinuidade em relação aos meses chuvosos e meses com pouca contribuição no total anual. É possível verificar meses com reduzida precipitação durante a primavera e o verão, período caracterizado pela presença de chuva em outras localidades do Tocantins (Figura 30).

Nessa localidade, o trimestre consecutivo mais chuvoso é dezembro, janeiro e fevereiro; e o mais seco junho, julho e agosto, embora os meses de maio e setembro também sejam muito secos. O período chuvoso vai de outubro a abril, contudo é preciso considerar uma severa variação nesse período, podendo ocorrer antecipação do final do período chuvoso ou atraso do seu início, causando, assim, prolongamento do período seco. A verificação dos meses mais chuvosos não consecutivos durante o período analisado revela que são dezembro, janeiro e março.

Figura 30: Regime mensal das chuvas em Aurora do Tocantins

	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
1986				C		S	S	S	S			
1987					S	S	S	S				C
1988		C			S	S	S	S				
1989					S	S	S	S				C
1990		C				S	S					
1991	C					S	S	S				
1992		C				S	S					
1993		C				S	S	S				
1994			C		S	S	S	S	S			
1995		C				S	S	S	S			
1996							S	S	S			C
1997			C		S	S	S	S				
1998		C				S	S	S	S			
1999						S	S	S			C	
2000					S	S	S	S				C
2001		C				S	S					
2002	C					S	S	S				
2003		C				S	S					
2004	C				S		S	S	S			
2005			C			S	S	S				

	acima de 30,1%		de 18,1% a 24,0%		de 6,1% a 12%	S	Sem chuva
	de 24,1% a 30,0%		de 12,1% a 18,0%		Até 6,0%	C	Mais chuvoso

Fonte de dados: ANA/INMET

A partir da análise dos dados do regime das chuvas apresentados até aqui, foi elaborada a classificação que segue.

Quadro 13: Níveis hierárquicos de fragilidade a partir das características pluviométricas

Características pluviométricas	Ocorrência	Níveis Hierárquicos
Situação pluviométrica com distribuição anual desigual, com período seco entre 3 e 6 meses, alta concentração de chuvas no verão entre novembro e abril, quando ocorrem de 70% a 80% do total das chuvas.	Todo o território da bacia hidrográfica do Rio Palma	4 - Forte

Elaboração PINTO, P.H.P. 2017. Adaptado de Massa e Ross (2012).

As características consideradas para a classificação dos diferentes níveis hierárquicos em relação aos aspectos da pluviosidade, distribuição anual e regime mensal, levaram a apenas uma classe de fragilidade (Forte) em todo o território da bacia hidrográfica do Rio Palma.

4.1.4 Síntese da fragilidade ambiental na bacia do Rio Palma

A análise de fragilidade proposta por Ross (1990, 1994, 2012) considera que, para se ter um diagnóstico das diferentes categorias da fragilidade ambiental, é necessário realizar uma análise integrada dos aspectos ambientais relacionados à declividade, aos tipos de solo, à cobertura vegetal e às condições pluviométricas. Essas informações possibilitaram identificar e especializar os graus de fragilidade ambiental.

A carta-síntese da fragilidade ambiental é dividida em diferentes graus de fragilidade ambiental (de Muito Fraco a Muito Forte), que podem ser verificados nas áreas em que há Instabilidade Potencial, que é a reformulação das Unidades Ecodinâmicas Estáveis de Tricart (1977), mas que, segundo Ross (1990), tende ao desequilíbrio devido às atividades antrópicas, e também nas áreas de Instabilidade Emergente, que são aquelas que já apresentam desequilíbrio ambiental. No caso desta pesquisa foi utilizada apenas a fragilidade emergente, uma vez que todo território da bacia hidrográfica possui intervenção antrópica.

A síntese permite a combinação de diferentes fatores, por exemplo, na parte nordeste da bacia hidrográfica verifica-se o tipo de solo Latossolo Amarelo, com baixa declividade e os maiores índices pluviométricos da área de estudo, no entanto o cultivo de soja faz com que essa região apresente graus de fragilidade de categorias Forte e Muito Forte. Esta análise pode ser aplicada para todos os parâmetros apresentados nesta pesquisa.

As categorias de fragilidade mais elevadas (Forte e Muito Forte) são verificadas na parte leste da bacia hidrográfica do Rio Palma. Em uma vasta área da porção norte e nordeste da área estão classificadas as fragilidades de grau Média e Forte, isto decorre do fato de o relevo ser aplainado nos Patamares das Mangabeiras e a vegetação (de campo sujo a campo cerrado) fornece forte grau de proteção aos solos. As áreas de Fragilidade Emergente Muito Forte estão localizadas nas encostas íngremes da Serra Geral e devido a essas características, não são aptas para as atividades de agricultura, e o solo possui alto potencial de erodibilidade. Na região nordeste da bacia, apesar das condições do relevo, que é mais aplainado, a fragilidade se enquadra na categoria Muito Forte, pois a cobertura vegetal removida deu lugar ao cultivo de monoculturas de soja e milho.

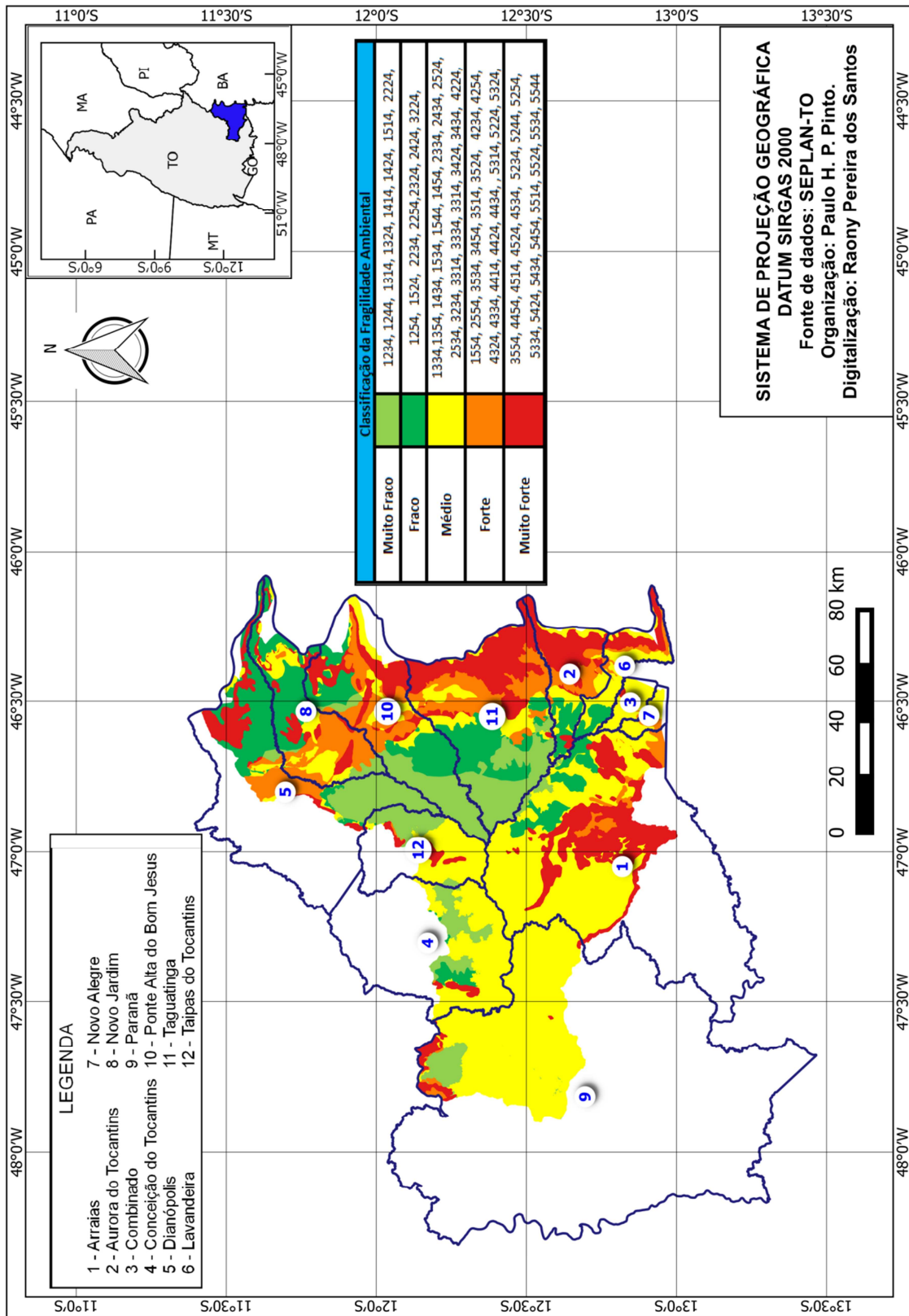
Na parte central da área de estudo, entre os paralelos 12°S e 12°30'S, observa-se que no sentido leste-oeste os níveis de fragilidade alteram-se em escala decrescente, mudando de Média

para Muito Fraco. A região do baixo curso do Rio Palma apresenta Fragilidade Média, e isso se deve às características de solo, vegetação e declividade.

Conforme Massa e Ross 2012, a declividade é o fator que define de forma mais marcante a fragilidade ambiental, contudo numa análise integrada é preciso levar em consideração todas as variáveis que compõem a pesquisa. Desse modo, nota-se que, em algumas áreas, nas quais a declividade é baixa e, portanto, deveria determinar a baixa fragilidade, os aspectos de solo bastante degradável (neossolos quartzarênicos e neossolos litólicos) contracenam com uma vegetação quase ausente, que fornece baixa proteção. Sendo assim, as áreas que apresentam esta característica (ex. códigos 1544, 1454) foram classificadas com Forte fragilidade.

A compreensão da carta síntese da fragilidade ambiental na área de estudo tem como auxílio a legenda integrada. Na coluna “Ocorrência na área de estudo”, estão contidos Algarismos que variam de 1 a 5 (vide referencial teórico e procedimentos metodológicos sobre a análise da fragilidade ambiental). O primeiro algarismo representa os graus de fragilidade que estão relacionados com os dados de declividade, o segundo algarismo, ao grau de fragilidade dos solos, o terceiro, ao grau de proteção em função cobertura vegetal, e o quarto algarismo refere-se às classes hierárquicas da pluviosidade. A sobreposição das informações sobre declividade/solos/vegetação/pluviosidade na carta síntese da fragilidade ambiental na bacia do Rio Palma (Figura 31).

Figura 31: Fragilidade Ambiental na bacia hidrográfica do Rio Palma



A aplicação da Análise da Fragilidade Ambiental da bacia do Rio Palma permitiu verificar as regiões com diferentes graus de instabilidade. Os resultados foram muito esclarecedores e diferem de tudo aquilo que já foi produzido para a área de estudo, no entanto, é possível notar que a metodologia elaborada por Ross (1990, 1994, 2012), devido ao seu caráter genérico, não favorece plenamente as informações do relevo, solo e vegetação e apresenta algumas limitações no que se refere às características climáticas.

Os critérios adotados pelo autor citado acima para as características pluviométricas levam em consideração os aspectos das chuvas em relação ao regime. Tal metodologia revelou um único nível hierárquico para toda a bacia hidrográfica do Rio Palma. Apesar disso, as isoietas anuais revelam que o quantitativo anual da precipitação é mais elevado no alto curso do Rio Palma e mais reduzido no baixo curso, região em que o déficit hídrico também é mais acentuado, como é possível verificar no gráfico de balanço hídrico normal (Figura 32).

Os valores mensais de Paranã (exutório) revelam considerável redução no excedente e aumento do déficit em relação à Taguatinga (nascente). Fica evidente que, logo ao fim da estação chuvosa, inicia-se o déficit hídrico e a reposição é bastante tardia (Figura 32).

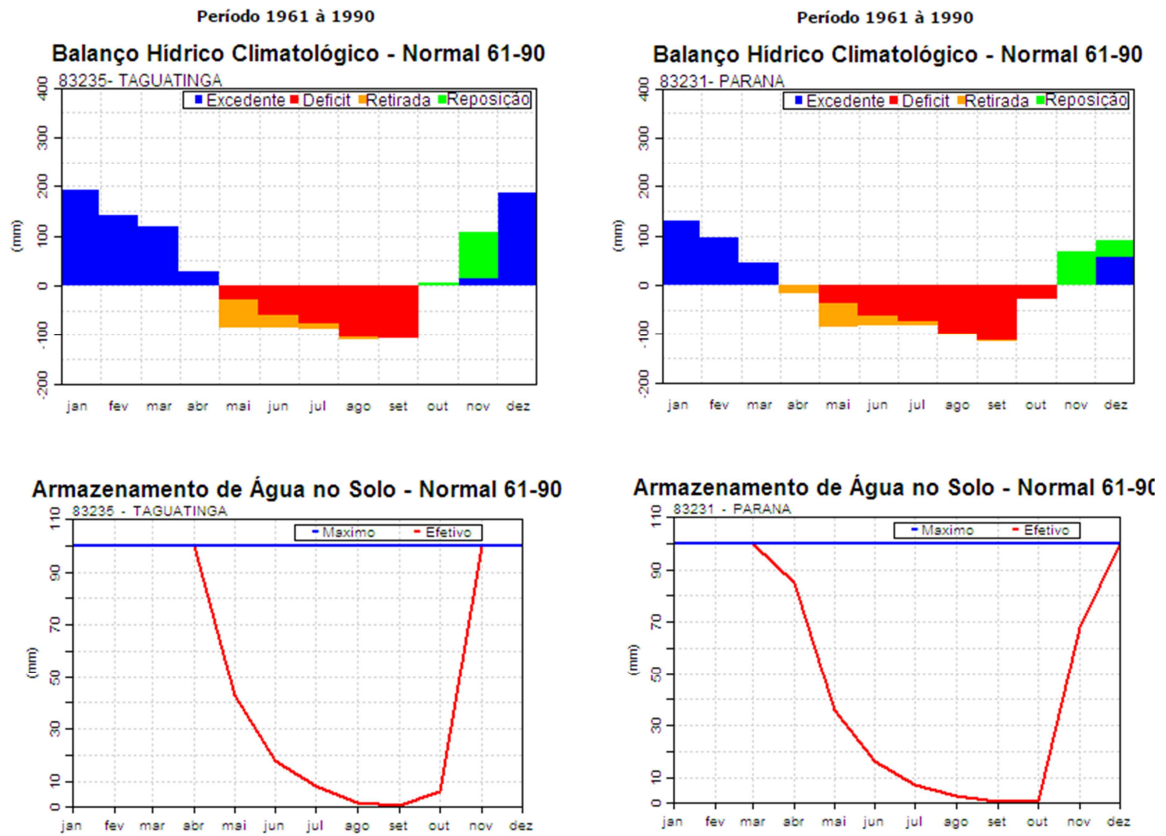
Desse modo, no que se refere à disponibilidade pluviométrica, espacial e temporal, o baixo curso do Rio Palma apresenta maior Fragilidade. Entretanto, essa informação, que revela haver uma diferença sensível em regiões distintas da bacia hidrográfica, não pode ser verificada na abordagem metodológica utilizada para obter a Fragilidade Ambiental da área de estudo.

É com base nessas considerações e na relevância que o entendimento do aspecto climático possui para o estudo da seca que a presente pesquisa apresenta, de forma complementar, um estudo detalhado das características da gênese e da dinâmica climática da área de estudo. Nesse sentido, foi realizado um aprofundamento no estudo das características climáticas no qual foram investigados a dinâmica atmosférica e os principais sistemas atuantes, assim como os tipos de tempo e a gênese das chuvas.

É necessário deixar claro que as considerações feitas a respeito da metodologia proposta por Ross (op. cit.) possuem um caráter construtivo e apresentam-se como contribuição, e que as limitações apontadas nesta pesquisa estão relacionadas diretamente com o foco deste estudo, que é a seca. Sendo assim, tem como fator mais relevante a chuva, diferindo de outras abordagens que

têm como foco, por exemplo, o objetivo de verificar a intensidade de processos erosivos, alterações na paisagem etc.

Figura 32: Balanço hídrico normal 1961 a 1990



Fonte: INMET

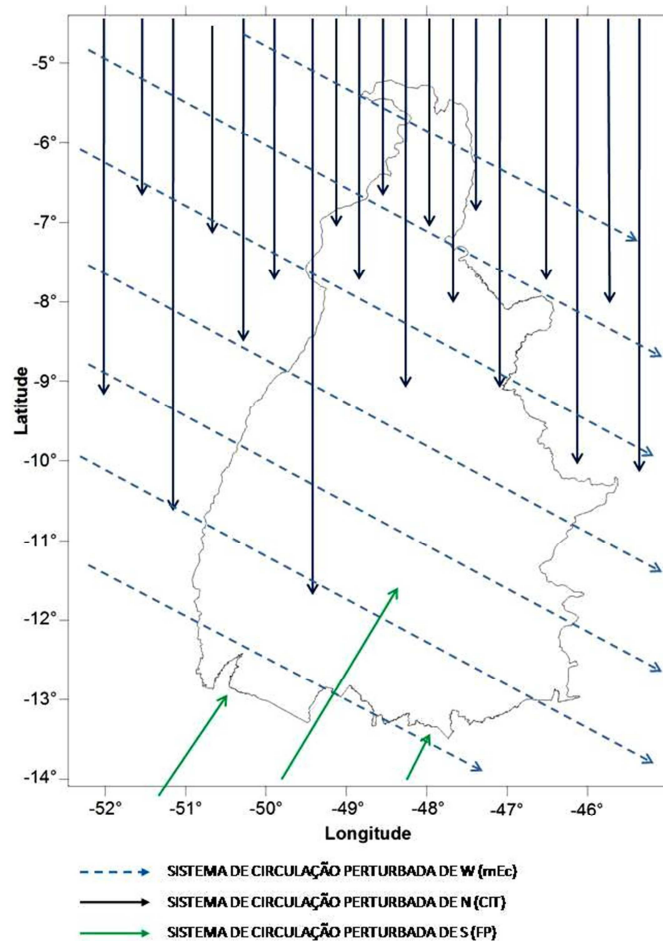
4.2 Gênese e dinâmica do clima na bacia hidrográfica do Rio Palma

A compreensão da dinâmica climática e da gênese das chuvas foi realizada a partir da abordagem genética e dinâmica, proposta por Monteiro (1961, 1962, 1964, 1971), e recentemente defendida por Zavattini e Boin (2013), a qual consiste na identificação da sucessão habitual e excepcional dos estados atmosféricos em uma determinada área. A análise se deu por meio da relação entre os tipos de sistemas atmosféricos atuantes e o tipo de tempo local (gênese), e a sucessão de atuação desses sistemas e sequências dos tipos de tempo (dinâmica). Para proceder ao uso dessa técnica, Monteiro (1971, p. 9) ressalta que “apenas a partir da escala diária é possível associar à variação dos elementos do clima *os tipos de tempo* que se sucedem segundo os mecanismos da circulação regional”. Também foram utilizados pluviogramas para fins de compreensão do regime pluvial na bacia hidrográfica. A operacionalização dessa parte da pesquisa foi realizada por meio da técnica da Análise Rítmica (MONTEIRO, 1962, 1971). Essa técnica permite a análise concomitante dos elementos atmosféricos e sua variação com os tipos de tempo e os sistemas atmosféricos geradores deles.

Os aspectos do mecanismo atmosférico de varias regiões do Brasil podem ser verificados no trabalho de Nimer 1989. Nesta obra há um capítulo no qual o autor trata do clima na região centro-oeste. Embora quando este estudo foi realizado, o Estado do Tocantins (criado em 1988) ainda fizesse parte do Estado de Goiás, é perfeitamente possível extrair as informações que forem relevantes. Conforme Nimer (1989) a região centro-oeste do Brasil recebe ventos durante todo o ano, oriundos do anticiclone semifixo do Atlântico sul, responsáveis por tempo estável devido à subsidência.

No Estado do Tocantins é forte a atuação da corrente perturbada de Oeste que, sob influencia da Massa Equatorial Continental (mEc) e das Linhas de Instabilidade Tropicais, gera ventos de Oeste e Noroeste. As correntes perturbadas de Norte se formam na convergência intertropical e atuam no verão, outono e inverno. As correntes perturbadas de Sul estão relacionadas aos sistemas frontais (Figura 33).

Figura 33: Circulação perturbada no Estado do Tocantins



Fonte: PINTO, 2013. Adaptado de NIMER, 1989

A literatura que versa especificamente sobre a dinâmica atmosférica no Estado do Tocantins é bastante rara. São verificados alguns estudos recentes que revelam algumas características sobre a atuação dos sistemas atmosféricos formadores de tipos de tempo no Estado, como é o caso das pesquisas de Silva (2013) e Pinto (2013). Uma investigação mais recente, realizada por Souza (2016), teve como base as obras de Serra e Rastisboma (1959 e 1960), Nimer (1989) e Monteiro (2000), e aponta com mais precisão as massas de ar que atuam no Estado do Tocantins e os tipos de tempo gerados por elas.

Segundo Souza (2016), na porção Norte do Estado a atuação predominante é da Massa Equatorial Atlântica (mEa), já a Massa Tropical Atlântica (mTa) atua na região central e sul. As chuvas no Tocantins, no período de primavera-verão, estão associadas à atuação destas massas de

ar, assim como a estiagem no outono-inverno. A Massa Equatorial Continental (mEc), que possui seu núcleo sobre a Amazônia, adquire maiores proporções durante o verão, deslocando-se para leste. Desse modo, atua sobre o território tocantinense e possui contribuição para o percentual pluviométrico. As incursões dos sistemas frontais são raras, mas ocorrem nos períodos de primavera e de outono inverno.

4.2.1 A participação dos sistemas atmosféricos na gênese das chuvas

No intuito de compreender a gênese das chuvas na bacia hidrográfica para os anos-padrão, foram elaborados gráficos de atuação mensal dos sistemas atmosféricos e sua participação na gênese das chuvas. Os postos pluviométricos cujos dados foram utilizados para a elaboração dos gráficos a seguir foram selecionados devido à sua localização geográfica em relação à bacia hidrográfica estudada e à disponibilidade e à qualidade dos dados.

Os dados utilizados foram coletados por Estações Meteorológicas Convencionais do INMET que foram instaladas nas seguintes localidades: na cidade de Peixe (TO), cidade localizada a oeste da bacia hidrográfica do Rio Palma (BHRP), fora do seu território; na cidade de Taguatinga (TO), que se situa ao norte da BHRP, dentro dela; e a na cidade de Posse (GO), que não está contida no território da bacia hidrográfica e se localiza ao sul dela.

O posicionamento dessas estações favoreceu a compreensão da atuação dos sistemas atmosféricos no território da BH em análise. Os gráficos apresentados neste item favorecem, de forma substancial, o conhecimento da atuação dos sistemas atmosféricos e da participação deles na gênese das chuvas, fornecendo, assim, uma compreensão, ainda que preliminar, sobre a dinâmica das chuvas na área de pesquisa.

Para organizar os gráficos de participação dos sistemas atmosféricos aqui apresentados (Figuras 33, 34, 35), foi necessário elaborar gráficos de Análise Rítmica (Apêndices de A a I) e realizar o procedimento de inspeção visual de imagens de satélites meteorológicos disponibilizados no site do NOAA. Tais procedimentos possibilitaram a identificação dos sistemas atmosféricos atuantes na área de estudo. Os gráficos que apresentam a gênese das chuvas foram elaborados a partir da verificação da ocorrência diária das chuvas sob a atuação de

sistemas Tropicais, Equatoriais e Polares. Os dados utilizados estão disponíveis nos apêndices J, K e L.

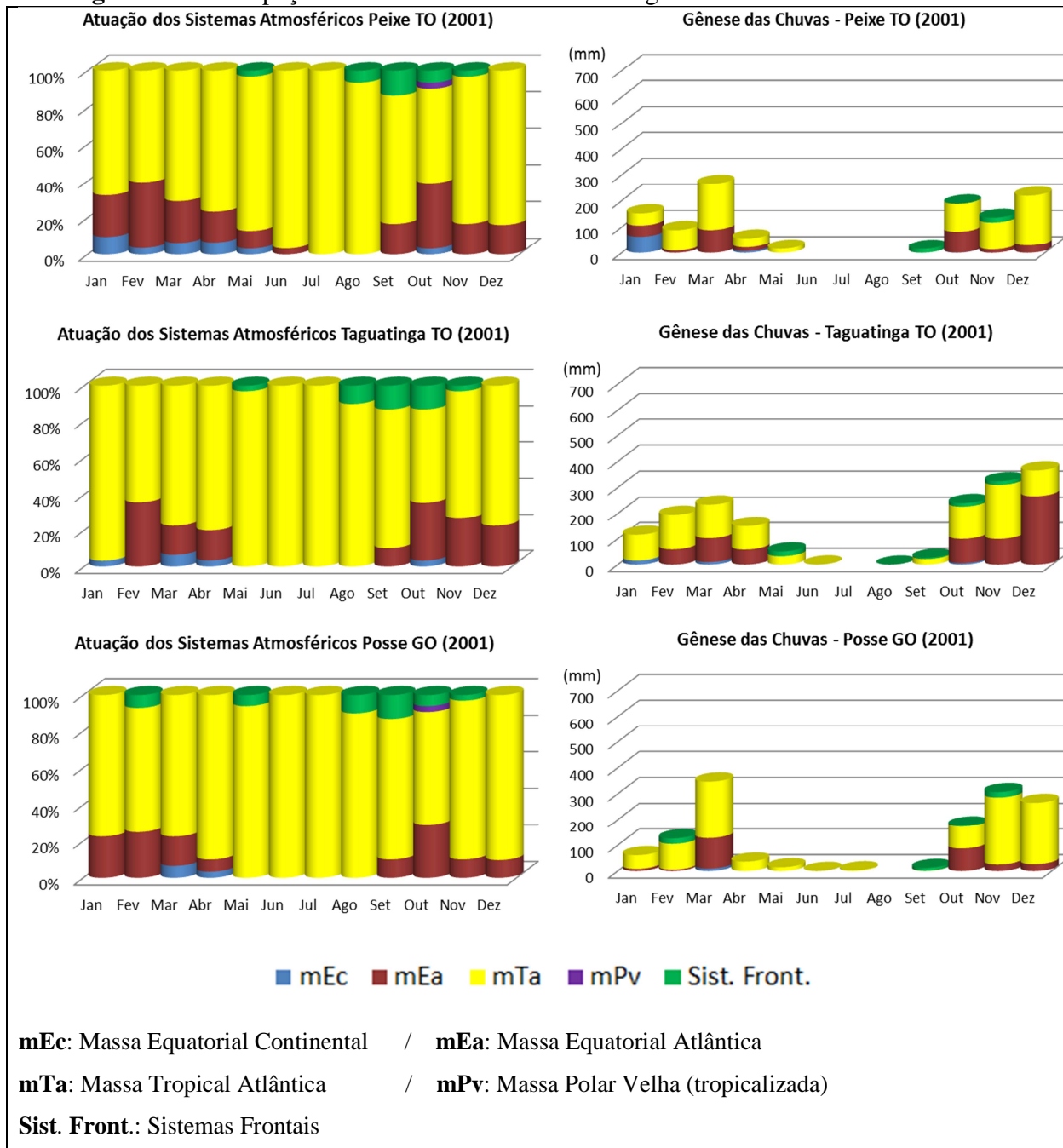
A participação dos sistemas atmosféricos em Peixe (TO), Taguatinga (TO) e Posse (GO), no ano de 2001 (ano que representa o padrão habitual), apresentou algumas semelhanças. A Massa Tropical Atlântica (mTa) teve grande participação durante o ano todo nas três localidades, com destaque para os meses de maio, junho, julho e agosto. E esse período do ano também é o mais seco.

Durante os meses de janeiro, fevereiro e março, houve maior participação da mTa, contudo os sistemas Equatoriais Continentais e Atlânticos também tiveram sua parcela de atuação e contribuição na gênese das chuvas nos três pontos amostrados. A Massa Equatorial Continental (mEc) apresentou maior percentual de atuação em Peixe (TO), devido à sua posição geográfica, do que em Taguatinga (TO) e Posse (GO), localizadas mais ao sudeste (Figura 2). A gênese das chuvas nesse trimestre teve maior contribuição dos sistemas atlânticos equatorial e tropical: Massa Equatorial Atlântica – mEa e Massa Tropical Atlântica – mTa. A mEc apresentou maior contribuição para a gênese das chuvas na cidade de Peixe.

O período de abril a junho marca o encerramento do período chuvoso e a forte atuação da mTa, assim como as incursões ocasionais de sistemas frontais. A gênese das chuvas, que já apresenta volume reduzido em relação ao trimestre anterior, é condicionada, principalmente, pela atuação da mTa, seguida da mEa e de Sistemas Frontais.

Junho, julho e agosto conformam o trimestre mais seco do ano em todas as localidades e o sistema mais atuante é a mTa; também é esse sistema atmosférico responsável pela gênese da escassa chuva que ocorre nesse período. Os sistemas frontais, tais como Massas Polares já tropicalizadas, conhecidas como Massa Polar Velha (mPv), a repercussão de Frentes Polar Atlântica (fPa) em atuação ou dissipação também são responsáveis pela precipitação nesse período.

O final da primavera marca a retomada das chuvas e novamente a mTa divide a maior parcela de contribuição com a mEa. A gênese das chuvas nesse período também possui a contribuição dos sistemas frontais que eventualmente chegam à região devido à atuação mais intensa das massas de ar polares (Figura 34).

Figura 34: Participação dos sistemas atmosféricos na gênese das chuvas no ano de 2001

Fonte de dados: INMET/NOAA

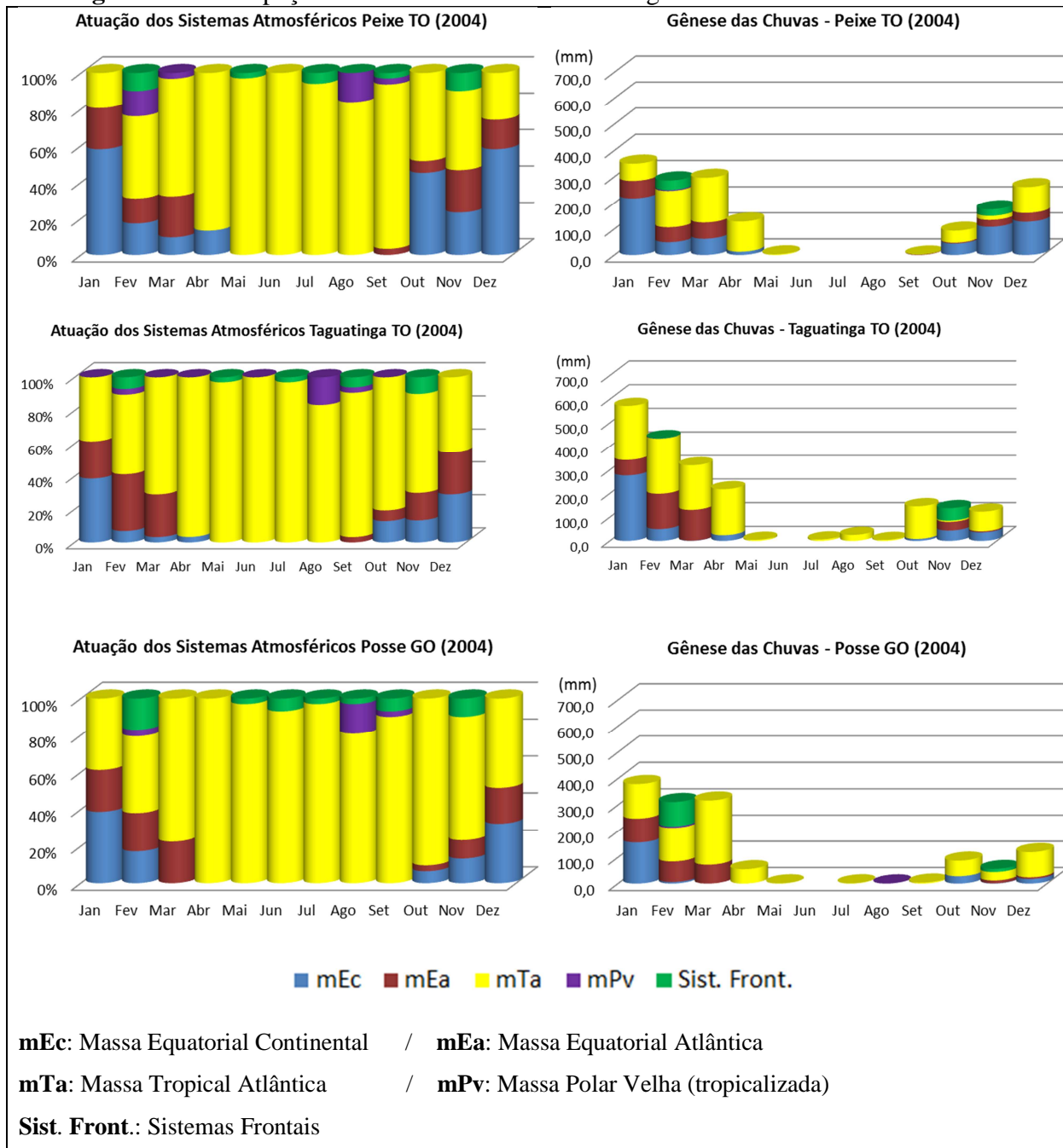
Os meses de outubro, novembro e dezembro concentram grande parte do total pluviométrico anual, sendo a mTa, ainda, a grande responsável pela maior parte das chuvas registradas nas três localidades. Nesse período, o diferencial é a atuação da mEa e sua maior contribuição para as chuvas na cidade de Taguatinga (Figura 34).

O ano de 2004 é o representante do padrão chuvoso na região sudeste do Estado do Tocantins, na qual está localizada a área de estudo. Em comparação ao ano habitual (2001), as chuvas, durante o ano de 2004, atingiram valores mais elevados (apêndices J, K e L) e concentraram-se, principalmente, nos meses de dezembro a março.

Durante o ano de 2004, os meses de janeiro, fevereiro e março apresentaram os maiores volumes de chuvas nas três localidades, com destaque para Taguatinga, que apresentou maior total pluviométrico no mês de janeiro. Os sistemas atmosféricos atuantes que mais contribuíram com a geração de chuvas no referido trimestre foram a Massa Equatorial Continental e a Massa Equatorial Atlântica. A Massa Tropical Atlântica também teve parcela considerável de contribuição. Os sistemas frontais atuaram e provocaram chuvas nesse período. Nota-se que, à medida que o verão termina, a atuação da mTa aumenta em relação aos outros sistemas dominantes (figura 35).

A partir do mês de abril, as chuvas começam a cessar, e a atuação da mTa é dominante nas três localidades. Como já foi constatado anteriormente, os meses de junho, julho e agosto representam o trimestre mais seco do ano. Nesse período, a atuação predominante é da mTa, com raras incursões de sistemas frontais.

O mês de setembro, apesar de marcar o retorno das chuvas, não apresenta elevados valores de precipitação (apêndices J, K e L). Pode-se considerar, então, que, pelas características locais, o mês de retomadas das chuvas é outubro. Nesse mês, há forte atuação da mTa e também a retomada dos sistemas equatoriais.

Figura 35: Participação dos sistemas atmosféricos na gênese das chuvas no ano de 2004

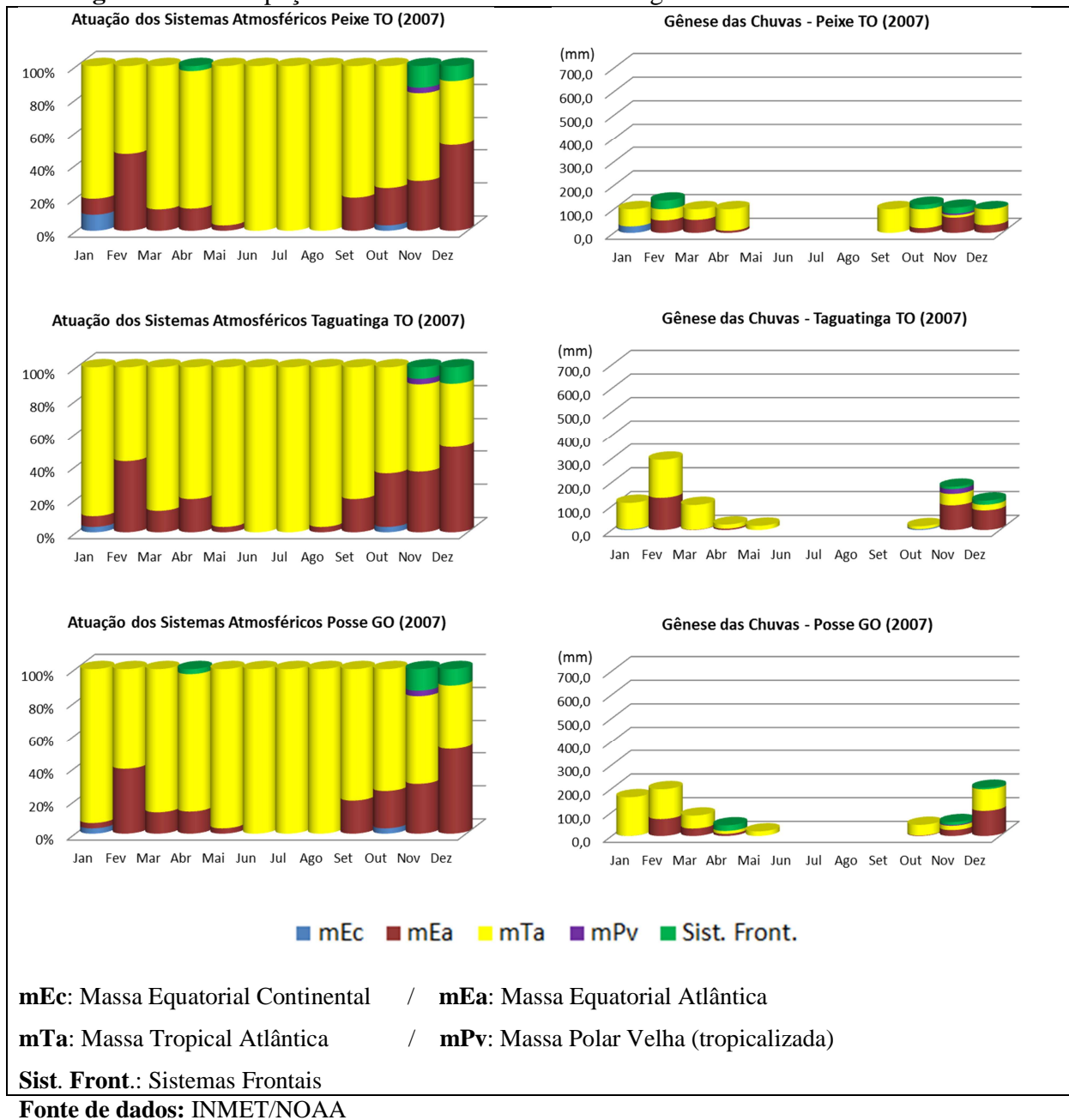
Fonte de dados: INMET/NOAA

O ano de 2007, representante do padrão seco, foi o ano mais seco da última década na área de estudo (Figura 36). Foram registradas, naquele ano, inúmeras situações calamitosas que assolaram a região sudeste do Estado do Tocantins. Ao verificar a atuação dos sistemas atmosféricos nas três localidades estudadas, é possível perceber que a atuação da mTa é superior àquela observada nos anos de 2001 (habitual) e 2004 (chuvoso).

Durante os meses de janeiro, fevereiro e março, a atuação da mTa foi dominante, em detrimento dos sistemas equatoriais, continental e atlântico, uma situação diferente dos outros dois anos analisados. A precipitação nesse trimestre foi bastante reduzida. Abril e maio também apresentaram baixos valores de precipitação e foram marcados pelo forte domínio da mTa.

Ao longo desse ano de padrão seco, o período de estiagem foi mais prolongado, apresentando quatro meses de total ausência de chuva nas três localidades. Em Posse (GO) e Taguatinga (TO), não houve chuva de junho a setembro, e, em Peixe (TO), esse período foi de maio a agosto. Durante esse período, o sistema que teve atuação dominante foi a mTa.

A retomada das chuvas em 2007 foi tardia em Posse (GO) e Taguatinga (TO), iniciando-se apenas em outubro. Ainda assim, os valores verificados foram muito baixos, pouco acima dos 100 mm (apêndices J, K e L).

Figura 36: Participação dos sistemas atmosféricos na gênese das chuvas no ano de 2007

4.2.2 O ritmo e a dinâmica atmosférica

A partir da verificação dos dados da análise rítmica elaborados para as cidades de Peixe (TO), Taguatinga (TO) e Posse (TO), que formam um triângulo no qual está contida a área de estudo, foi possível constatar que, em ano de padrão habitual, no verão, a atuação da mTa é considerável e divide espaço com a mEa e mEc. Quando o centro de ação da mTa está localizado mais a leste do continente, toma seu lugar a mEa, que pode, em alguns casos, alternar com a mEc antes da retomada da mTa. O período de outono-inverno apresenta um predomínio quase absoluto da mTa e de raras incursões de sistemas frontais, e isso ocorre sempre que uma massa polar mais expressiva consegue transpor o planalto central. Na primavera, os sistemas frontais estão mais ativos e atuam sempre que a mTa está deslocada para o oceano atlântico; após a atuação desse sistema e antes da retomada da mTa, ocorre atuação da mEa e, em alguns casos, da mEc.

No que se refere à atuação dos sistemas atmosféricos em relação à posição geográfica das três localidades analisadas, nota-se que a mEc é mais ativa na cidade de Peixe (TO), que fica mais a oeste, e menos ativa em Posse (TO), que está posicionada mais ao sudeste. A mEa apresenta maior atuação nas duas localidades que estão em latitudes mais baixas, Peixe e Taguatinga, e a mTa é mais expressiva em Posse, principalmente no inverno.

Em ano de padrão chuvoso (2004), a dinâmica atmosférica é ligeiramente diferente, pois a atuação da mEc é maior em relação ao ano habitual. Nota-se que, nos três primeiros meses do ano, a mEc apresenta-se bastante ativa nas três localidades e vai perdendo espaço para mTa à medida que o outono-inverno aproxima-se. No início do ano, a atuação da mEa vem quase sempre sucedida pela mEc antes da retomada da mTa. No outono-inverno, é a mTa que apresenta quase absoluto domínio, sendo que sua atuação é intercalada por raras incursões de sistemas frontais. No início da primavera, intensifica-se a atuação desses sistemas, sobretudo a mPv, nesse ano. A retomada dos sistemas equatoriais ocorre na primavera, intercalando-se entre a atuação predominante da mTa.

A posição geográfica das estações meteorológicas evidencia a abrangência da atuação dos sistemas atmosféricos no espaço. Observa-se que, em Peixe, que fica mais a oeste, a mEa atua mais que nas outras localidades. Em Taguatinga, que está quase na mesma latitude que Peixe,

porém mais ao leste, a mEa atua mais que em Peixe e Posse. Nesta última cidade, devido à latitude, os sistemas equatoriais cedem ainda mais espaço para atuação da mTa. Essa mesma característica favorece uma atuação ligeiramente maior dos sistemas frontais em Posse.

O ano de 2007 foi considerado seco para toda a região sudeste do Estado do Tocantins, na qual está localizada a área de estudo. Nesse ano, houve sensível redução da atuação da mEc e novamente é a mTa que tem o domínio predominante da área. Nos meses de janeiro a setembro do ano seco, a mTa teve atuação predominante, com exceção de fevereiro, mês no qual a mEa apresentou-se mais ativa. Os meses de outubro a dezembro também tiveram participação da mEa e de sistemas frontais. As características de atuação espacial dos sistemas atmosféricos é semelhante à dos outros anos, com a mEc atuando mais em Peixe, e a mEa em Taguatinga.

4.3 Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) na bacia hidrográfica do Rio Palma

4.3.1 Aspectos socioeconômicos

No concernente à demografia dos municípios que estão contidos na bacia hidrográfica do Rio Palma, apenas 4 dos 12 apresentam população superior a 10 mil habitantes. A maioria dos municípios tem mais de 50% da população na zona rural, e há o caso de Paranã, onde a população rural supera a urbana. A taxa de urbanização média é de 61%.

Tabela 5: Caracterização demográfica dos municípios da bacia hidrográfica do Rio Palma

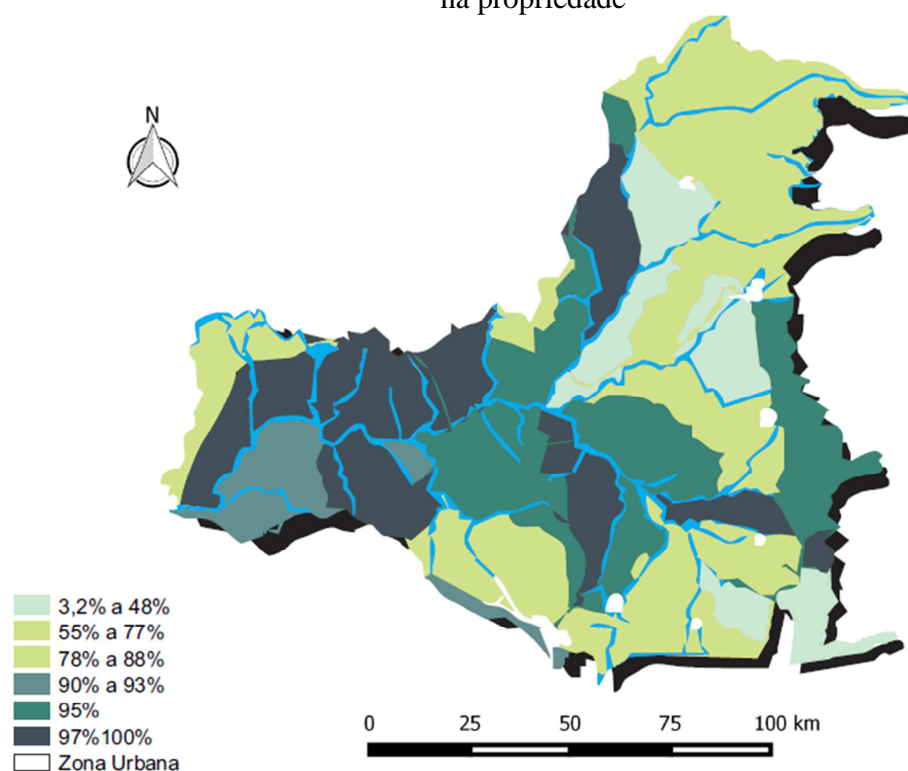
<i>Município</i>	<i>População Urbana</i>	<i>População Rural</i>	<i>Total</i>
Arraias	6.136	4.848	10.984
Aurora do Tocantins	1.960	1.141	3.101
Combinado	3.740	784	4.524
Conceição do Tocantins	2.335	2.042	4.377
Dianópolis	12.447	2.981	15.428
Lavandeira	629	580	1.209
Novo Alegre	1.806	468	2.274
Novo Jardim	1.373	778	2.151
Paraná	2.833	7.583	10.416
Ponte Alta do Bom Jesus	2.464	2.110	4.574
Taguatinga	8.160	5.009	13.169
Taipas do Tocantins	1.103	610	1.713
Total	44.986	28.934	73.920

Fonte de dados: TOCANTINS, s/d/ SEPLAN-TO

O índice de desenvolvimento humano (IDH) médio dos municípios da bacia hidrográfica é de 0,642. Os municípios de Novo Alegre e Dianópolis apresentam os maiores IDH, 0,701 e 0,699, respectivamente. Os mais baixos valores de IDH foram registrados em Conceição do Tocantins (0,592) e Paranã (0,595) (IBGE, 2010).

Quanto ao abastecimento de água tratada, a zona urbana dos municípios tem atendimento de 100% realizado pela Agência Tocantinense de Saneamento (ATS). Na zona rural, de acordo com o Plano da bacia hidrográfica do Rio Palma, a maior parte da população é atendida por poços (cisternas) ou pelas nascentes (Figura 37). Considerando o fato de o abastecimento da população rural ser realizado por reservatórios que, normalmente, secam durante os períodos de estiagem, é possível considerar uma situação de vulnerabilidade por parte dessa população.

Figura 37: Domicílios particulares permanentes com abastecimento de água de poço ou nascente na propriedade



Fonte: TOCANTINS 2007 (adaptado).

3.6.2 Habitação e Saneamento

A primeira dimensão utilizada para retratar a vulnerabilidade social dos municípios que compõem a bacia hidrográfica do Rio Palma elucida as condições de Habitação e Saneamento. Foram utilizados 6 subíndices, a saber:

- 1 - % de pessoas em domicílios com abastecimento de água e esgotamento sanitário inadequados (2010);
- 2 - % da população em domicílios com água encanada (2010);
- 3 - % da população em domicílios com banheiro e água encanada (2000);
- 4 - % da população em domicílios com coleta de lixo (2010);
- 5 - % da população em domicílios com energia elétrica (2010);
- 6 - População em domicílios vulneráveis e com idoso (2010).

Os indicadores 1 e 6 apresentam relação direta com a vulnerabilidade, pois, quanto maiores os seus valores, maior será o valor obtido no IVS. Os demais indicadores (2, 3, 4 e 5) apresentam relação inversa à vulnerabilidade, ou seja, quando seus valores forem elevados, a vulnerabilidade será reduzida. Esse fato é levado em consideração durante o cálculo e a padronização dos indicadores.

A observação dos resultados obtidos para o indicador 1 (acesso ao abastecimento de água, mas com esgoto inadequado) mostra que os municípios de Ponte Alta do Bom Jesus (localizado na região norte da área de estudo) e Paranã (localizado na foz do Rio Palma) apresentaram os índices mais elevados, enquanto que Taipas, Lavandeira e Aurora do Tocantins (todas localizadas na parte leste da área de estudo) revelaram os mais baixos valores de vulnerabilidade (Tabela 6).

Calculada a média da vulnerabilidade entre os indicadores da dimensão Habitação e Saneamento, verificou-se que Ponte Alta do Bom Jesus e Taguatinga apresentaram os maiores índices. A situação oposta é verificada nos municípios de Lavandeira, Novo Jardim e Arraias (Tabela 6). Nas figuras que seguem, utilizou-se escala de cores em dégradé (de cores frias para cores quentes), apenas com o intuito de facilitar a visualização e interpretação dos resultados.

Tabela 6: Vulnerabilidade na dimensão Habitação e Saneamento

	Habitação e Saneamento						IVS (Média)
	1	2	3	4	5	6	
Arraias (TO)	0,327	0,039	0,000	0,060	0,000	0,674	0,183
Aurora do Tocantins (TO)	0,088	0,430	0,655	0,285	0,347	0,147	0,325
Combinado (TO)	0,121	0,146	0,365	0,520	0,098	0,062	0,219
Conceição do Tocantins (TO)	0,261	0,024	0,222	1,000	0,054	0,271	0,305
Dianópolis (TO)	0,450	0,074	0,808	0,510	0,552	0,567	0,494
Lavandeira (TO)	0,083	0,000	0,062	0,047	0,095	0,000	0,048
Novo Alegre (TO)	0,156	0,569	0,691	0,335	0,305	0,085	0,357
Novo Jardim (TO)	0,275	0,295	0,212	0,000	0,127	0,070	0,163
Paraná (TO)	0,875	0,176	0,564	0,055	0,262	0,921	0,476
Ponte Alta do Bom Jesus (TO)	1,000	0,854	1,000	0,007	1,000	0,354	0,702
Taguatinga (TO)	0,170	1,000	0,620	0,966	0,282	1,000	0,673
Taipas do Tocantins (TO)	0,000	0,439	0,454	0,485	0,169	0,087	0,272

Legenda
Escala de cor inicia em Verde-Claro (menos vulnerável)
Escala de cor vai até Vermelho-Escuro (mais vulnerável)
Escala numérica inicia em 0,000 (menos vulnerável) até 1,000 (mais vulnerável)

Elaborado pelo autor

4.3.3 Educação

A dimensão *Educação* foi composta por três subíndices, descritos a seguir:

7 - Taxa de analfabetismo - 15 anos ou mais (2010);

8 - % de mães chefes de família sem fundamental e com filho menor, no total de mães chefes de família (2010);

9 - Taxa de analfabetismo - 25 anos ou mais (2010).

Verificou-se que, quanto aos valores que refletem a vulnerabilidade relacionada às condições de educação, Ponte Alta do Bom Jesus e Taguatinga obtiveram os maiores índices nos três indicadores e, conseqüentemente, na média calculada para o IVS dessa dimensão. Os municípios de Arraias, Novo Jardim e Lavandeira apresentaram os menores índices nos três indicadores e também na média (Tabela 7).

Tabela 7: Vulnerabilidade na dimensão Educação

	Educação			
	7	8	9	IVS (Média)
Arraias (TO)	0,000	0,311	0,000	0,104
Aurora do Tocantins (TO)	0,690	0,467	0,698	0,618
Combinado (TO)	0,696	0,776	0,649	0,707
Conceição do Tocantins (TO)	0,532	0,083	0,537	0,384
Dianópolis (TO)	0,831	0,749	0,888	0,823
Lavandeira (TO)	0,169	0,516	0,228	0,304
Novo Alegre (TO)	0,789	0,000	0,730	0,506
Novo Jardim (TO)	0,256	0,156	0,266	0,226
Paraná (TO)	0,630	1,000	0,650	0,760
Ponte Alta do Bom Jesus (TO)	1,000	0,699	1,000	0,900
Taguatinga (TO)	0,955	0,986	0,898	0,947
Taipas do Tocantins (TO)	0,588	0,638	0,587	0,604

Legenda

Escala de cor inicia em Verde-Claro (menos vulnerável)
Escala de cor vai até Vermelho-Escuro (mais vulnerável)
Escala numérica inicia em 0 (menos vulnerável) até 1 (mais vulnerável)

Elaborado pelo autor

4.3.4 Trabalho e Renda

Na dimensão Trabalho e Renda, também foi utilizado um total de três subíndices, que estão descritos a seguir:

10 - Taxa de desocupação, 18 anos ou mais (2010);

11 - % de pessoas de 18 anos ou mais sem fundamental completo e em ocupação informal (2010);

12 - % de vulneráveis à pobreza (2010).

Em consonância com o que foi verificado nas dimensões anteriores, os três municípios com os maiores índices de vulnerabilidade nos três indicadores e também no IVS médio foram Ponte Alta do Bom Jesus, Taguatinga e Dianópolis. Em situação oposta, com baixos índices de vulnerabilidade no que se refere à renda, estão os municípios de Arraias e Lavandeira (Tabela 8).

Tabela 8: Vulnerabilidade na dimensão Trabalho e Renda

	Trabalho e Renda			
	10	11	12	IVS (Média)
Arraias (TO)	0,327	0,000	0,000	0,109
Aurora do Tocantins (TO)	0,472	0,656	0,656	0,595
Combinado (TO)	0,000	0,626	0,704	0,443
Conceição do Tocantins (TO)	0,449	0,460	0,445	0,452
Dianópolis (TO)	0,371	0,820	0,887	0,693
Lavandeira (TO)	0,408	0,197	0,385	0,330
Novo Alegre (TO)	0,268	0,524	0,645	0,479
Novo Jardim (TO)	0,706	0,343	0,533	0,527
Paraná (TO)	0,500	0,639	0,856	0,665
Ponte Alta do Bom Jesus (TO)	0,997	1,000	1,000	0,999
Taguatinga (TO)	0,667	0,962	0,976	0,868
Taipas do Tocantins (TO)	0,426	0,748	0,831	0,668

Legenda
Escala de cor inicia em Verde-Claro (menos vulnerável)
Escala de cor vai até Vermelho-Escuro (mais vulnerável)
Escala numérica inicia em 0 (menos vulnerável) até 1 (mais vulnerável)

Elaborado pelo autor

4.3.5 Índice Sintético de Vulnerabilidade Social nos municípios da bacia do Rio Palma

Os dados analisados até aqui permitiram perceber, de modo bastante evidente, os municípios que apresentam os melhores e piores índices em cada uma das dimensões adotadas. Doravante, far-se-á uma descrição do Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) dos municípios abrangidos pela bacia hidrográfica do Rio Palma. O índice resultou da média aritmética dos valores obtidos nas três dimensões apresentadas anteriormente, e a seleção das classes teve como base a metodologia aplicada por IPEA (2015).

Ao observar a figura 44, que apresenta o IVS para os 12 municípios que compreendem a bacia hidrográfica do Rio Palma, é possível verificar que apenas um município (Arraias) está em situação de vulnerabilidade muito baixa, e outro (Lavandeira) apresenta vulnerabilidade baixa. Dois deles (Novo Jardim e Conceição do Tocantins) foram classificados em condições de média vulnerabilidade. No caso de Novo Alegre e Combinado, verifica-se um índice que indica alta vulnerabilidade. E, por fim, em situação mais extrema, configurando situação de vulnerabilidade muito alta, estão os municípios de Aurora do Tocantins, Taipas do Tocantins, Paranã, Dianópolis, Taguatinga e Ponte Alta do Bom Jesus.

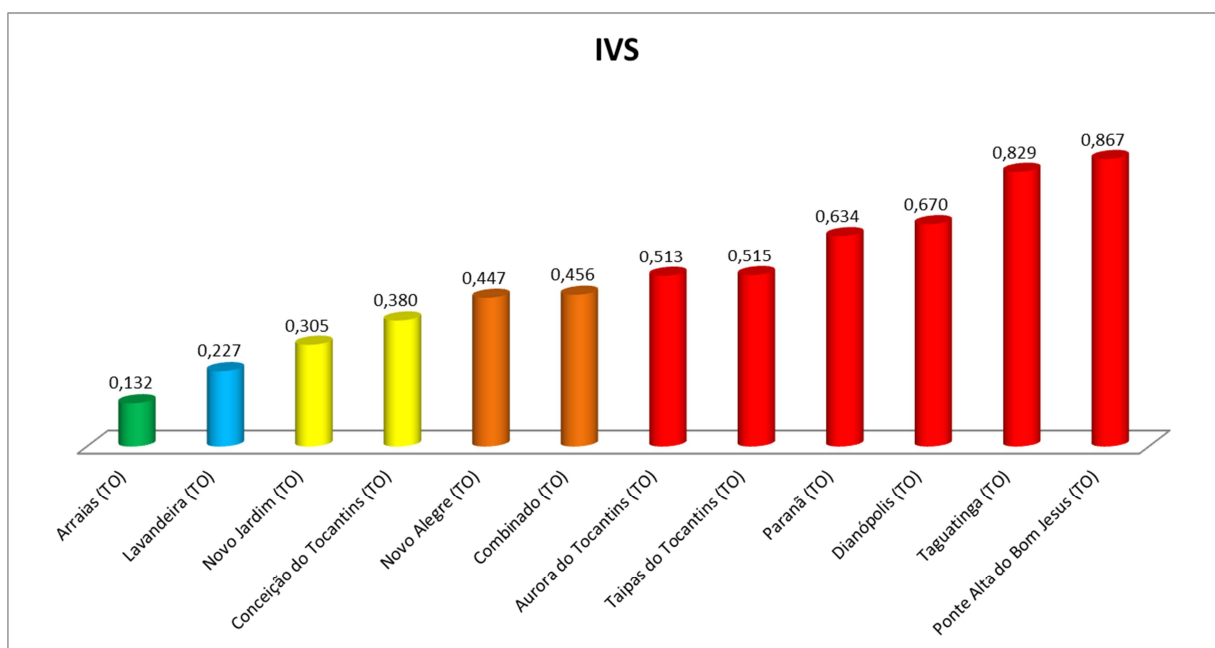
Tabela 9: IVS nos municípios da bacia hidrográfica do Rio Palma

Municípios	Dimensões				Vulnerabilidade
	Habitação	Educação	Renda	IVS	
Arraias (TO)	0,183	0,104	0,109	0,132	Muito Baixa
Lavandeira (TO)	0,048	0,304	0,330	0,227	Baixa
Novo Jardim (TO)	0,163	0,226	0,527	0,305	Média
Conceição do Tocantins (TO)	0,305	0,384	0,452	0,380	
Novo Alegre (TO)	0,357	0,506	0,479	0,447	Alta
Combinado (TO)	0,219	0,707	0,443	0,456	
Aurora do Tocantins (TO)	0,325	0,618	0,595	0,513	Muito Alta
Taipas do Tocantins (TO)	0,272	0,604	0,668	0,515	
Paraná (TO)	0,476	0,760	0,665	0,634	
Dianópolis (TO)	0,494	0,823	0,693	0,670	
Taguatinga (TO)	0,673	0,947	0,868	0,829	
Ponte Alta do Bom Jesus (TO)	0,702	0,900	0,999	0,867	

Elaborado pelo autor

O gráfico a seguir (Gráfico 4) demonstra a diferença no grau de vulnerabilidade entre os 12 municípios que são foco desta parte do estudo. A disposição dos indicadores verificados no gráfico evidencia os resultados obtidos e apresentados até agora.

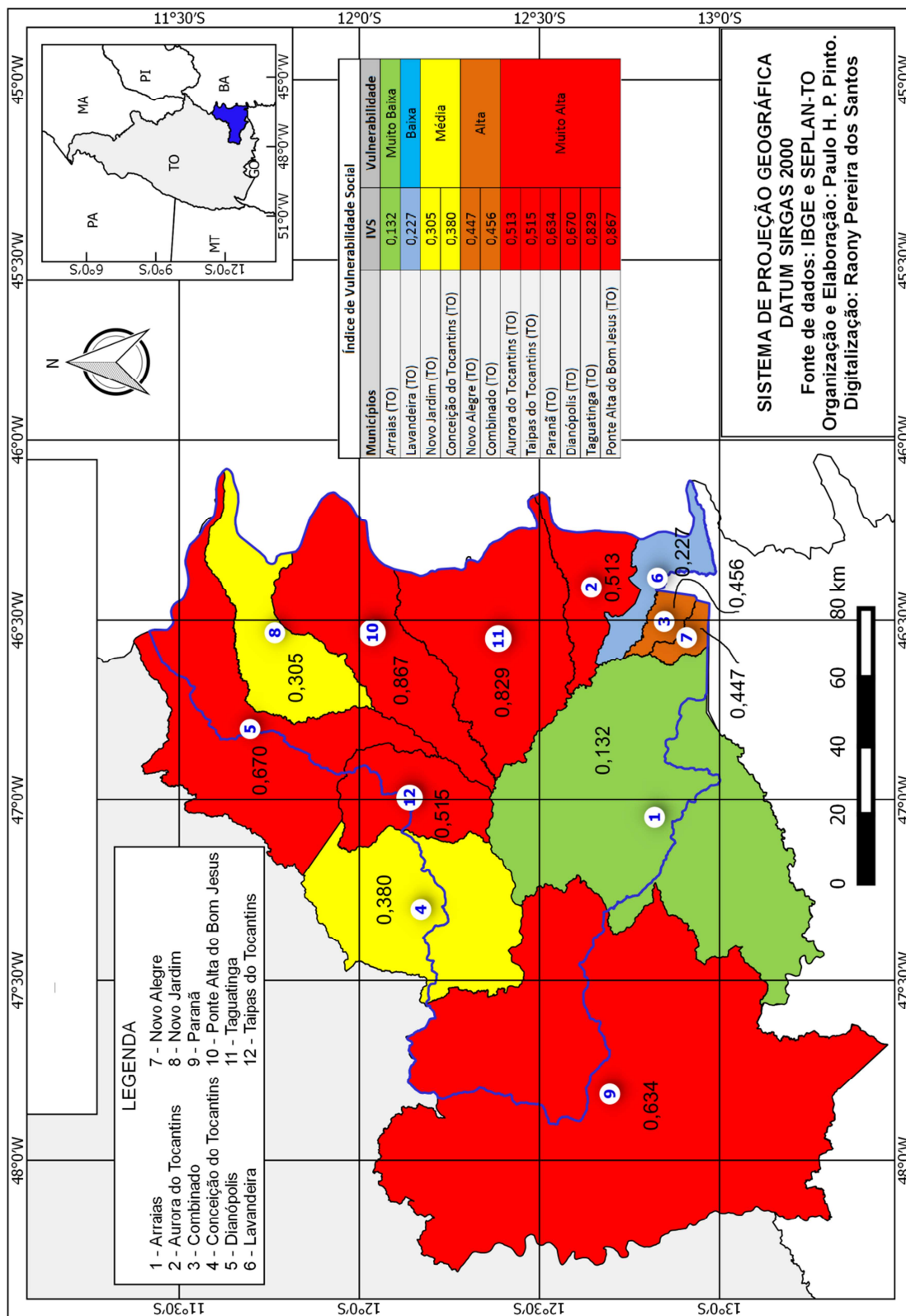
Gráfico 4: Diferença da vulnerabilidade entre os municípios situados na bacia do Rio Palma, região sudeste do Estado do Tocantins.



Elaborado pelo autor

Com o intuito de apresentar a distribuição espacial do IVS, foi elaborada uma carta-síntese (figura 38). Observando esta carta e retomando os dados de produção agrícola e criação, apresentados na caracterização, é possível verificar que os municípios que apresentam os mais altos valores do IVS são os mesmos que possuem a maior quantidade de cabeças de bovinos e aves. Dianópolis também é possui a maior produção de soja e milho, dentre os municípios da bacia, mas possui alto IVS, fato que mostra o desacordo entre o comércio agropecuário e o desenvolvimento social.

Figura 38: Índice de vulnerabilidade social (IVS) - Municípios da bacia hidrográfica do Rio Palma



4.4 A Vulnerabilidade Socioambiental na bacia do Rio Palma: análise integrada e sugestões

A elaboração deste subitem tem como intuito realizar a análise e a comparação entre os resultados obtidos na carta síntese da Fragilidade Ambiental (FA) e do Índice de Vulnerabilidade Social (IVS) para a bacia hidrográfica e os municípios que a compõem. O desafio metodológico a que se propõe aqui é a inclusão da vulnerabilidade social como mais uma categoria de análise na carta-síntese de fragilidade ambiental. As descrições, análises e comparações apresentadas neste item têm como base tudo o que foi produzido nesta pesquisa. Far-se-á, então, um esforço no sentido de inter-relacionar as variáveis a fim de realizar uma análise integrada bem-sucedida.

A porção centro-sul da bacia hidrográfica do Rio Palma, que está contida no município de Arraias, apresenta vulnerabilidade social muito baixa devido às características de habitação, saneamento, educação, renda e trabalho, que são os aspectos socioeconômicos utilizados para criar os IVS. Essa área possui altos níveis de fragilidade emergente (Forte e Muito Forte) devido, principalmente, à declividade presente nas encostas da Serra de Arraias, o tipo de solo e o baixo grau de proteção oferecido pela vegetação. A fragilidade com graus Médio, Fraco e Muito Fraco, também é verificada nessa mesma porção em área de menor declividade, nas quais a vegetação oferece mais proteção ao solo. Considerando a correlação entre a FA e o IVS, a área descrita neste parágrafo é classificada como de Vulnerabilidade Socioambiental Muito Baixa nas áreas em que se verifica a fragilidade Baixa, Muito Baixa e Média. Arraias possui a maior produção de mandioca da região, além de também apresentar cultivos de milho e arroz, destacando-se, ainda, pela produção de coco da baía.

O município de Lavandeira tem seu território totalmente contido na bacia hidrográfica, possui vulnerabilidade social baixa, porém a fragilidade ambiental emergente é Forte e Muito Forte. Essa classificação decorre das condições do solo (erodibilidade) e de declividade acentuada, uma vez que nessa área encontra-se a transição entre os topos aplainados da Serra Geral e suas escarpas íngremes. Também se verifica no extremo leste do território de Lavandeira as fragilidades Média e Fraca. Essas áreas possuem um relevo mais plano, com cobertura vegetal e tipos de solos mais favoráveis às atividades agrícolas. Uma pequena área que se encontra no topo da Serra Geral, apresenta fragilidade Muito Forte devido ao plantio de soja que ocorre na região. Nesse município, a Vulnerabilidade Socioambiental é constatada em todos os graus de

classificação devido à relação entre o IVS e as características ambientais de cada área do seu território. A produção agrícola em Lavandera é de caráter temporário e destacam-se o cultivo de mandioca, seguido de milho, arroz e cana-de-açúcar.

O território do município de Novo Jardim também está totalmente contido na bacia hidrográfica aqui estudada. Esse município possui IVS de médio grau devido, principalmente, às características de habitação, saneamento básico e educação. Quanto aos aspectos físico-naturais, a fragilidade ambiental varia de Fraca a Muito Forte, dependendo das características da área. A fragilidade é maior nas áreas com maior declividade e potencial de erodibilidade, ou seja, próximo às encostas da Serra Geral e também em regiões mais elevadas no interior do município. A fragilidade Média é verificada em vasta porção de Novo Jardim, e em uma pequena área localizada no topo da Serra Geral verifica-se Forte grau devido, principalmente, à remoção da cobertura vegetal para cultivo de soja, algodão; também em lavouras temporárias, cultivam-se mandioca, milho e arroz. A vulnerabilidade social em Novo Jardim é média e forte.

Conceição do Tocantins tem cerca de 60% do seu território inserido na área da bacia do Rio Palma, e é o único município cuja sede está localizada fora da BHRP. Apresentando um IVS Médio, esse município possui fragilidade ambiental, sobretudo de grau Fraca e Muito Fraca, na maior parte de sua área. Isso se deve ao fato de que a baixa declividade e a cobertura vegetal favorecem boas condições ao solo. As características climáticas nessa área também, pois a distribuição pluviométrica revela maior disponibilidade volumétrica e temporal à medida que se desloca no sentido noroeste em direção ao centro sul do Estado. Tais características favorecem a produção temporária de mandioca, milho, cana-de-açúcar e arroz. Os aspectos relacionados às chuvas só foi possível por meio do detalhamento dos aspectos climáticos.

Novo Alegre e Combinado são dois pequenos municípios na parte sudeste da bacia hidrográfica que estão totalmente contidos no território dela e apresentam um IVS alto. A vulnerabilidade social nessa região está relacionada, principalmente, com o analfabetismo e a pobreza. Somam-se a isso as condições de fragilidade ambiental que, nessa área, é de grau Médio e Forte, devido à declividade e ao solo com alto potencial de erodibilidade, isto porque, nesse caso, a declividade não passa de 15%, e a cobertura vegetal fornece maior proteção ao solo. Relacionando os dois fatores, tem-se uma vulnerabilidade socioambiental de níveis Médio e Forte. Além dos aspectos verificados na FA e no IVS, também se deve levar em consideração as

características pluviométricas, uma vez que, quanto mais se desloca para o sudeste da região, menor é o período chuvoso e o volume total das chuvas. Além disso, características locais como o posicionamento a barlavento em relação às vertentes da Serra Geral podem influenciar na dinâmica dos sistemas atmosféricos e, conseqüentemente, na disponibilidade de precipitação. É preciso ter atenção para o caso desses dois municípios, pois a vulnerabilidade socioambiental é muito alta e isso implica medidas mais firmes.

Aurora do Tocantins está entre os seis municípios que possuem IVS muito alto. Com 100% de seu território na bacia do Rio Palma, localiza-se a sudeste em uma área com fragilidade ambiental Forte e Muito Forte, em razão do relevo ondulado e da declividade acentuada nas proximidades da Serra Geral. Nas partes mais planas, a fragilidade é de grau Médio e Forte. Os solos dessa região são bastante arenosos e porosos e com alto potencial de erodibilidade. O cultivo principal nessa região é de milho e mandioca, e os cultivos são prioritariamente temporários, sendo frequentemente afetados pela falta de água. Esse município apresenta um período de três a cinco meses (de maio a setembro) de quase total ausência de chuvas, seguido de uma tímida retomada de precipitação em outubro. Quando ocorre a antecipação do final da estação chuvosa, a situação se agrava e os problemas, tais como os já relatados outrora, começam a reaparecer. Considerando os aspectos da fragilidade ambiental e do índice de vulnerabilidade social, Aurora do Tocantins apresenta vulnerabilidade socioambiental Alta e Muito Alta na maior parte de seu território.

O município de Taipas do Tocantins possui cerca de 55% do seu território contido na bacia do Rio Palma. Sua vulnerabilidade social é alta e está relacionada, sobretudo, a problemas referentes à educação, renda e trabalho, e as características ambientais apresentam fragilidade de Muito Fraca a Muito Forte. Na área desse município que está contida na bacia hidrográfica, verificam-se afloramentos rochosos em porções classificadas com grau muito forte de vulnerabilidade emergente. Na parte em que se constata a fragilidade Média, os solos são argissolos e cambissolos, e a vegetação nativa foi substituída por pastagens. A vulnerabilidade socioambiental nesse município é classificada como Muito Fraca na maior parte da sua área.

Paraná é o município que possui a menor porção do seu território contido na bacia do Rio Palma, apenas 20%. Sua vulnerabilidade social é muito alta e, assim como Taipas, seus problemas também possuem relação direta com a alfabetização e ocupação. Da área desse

município que faz parte da bacia hidrográfica, a maior parte apresenta fragilidade ambiental Muito Fraca e, em apenas algumas porções, verificam-se os graus Forte e Muito Forte. Esse grau de fragilidade predominante deve-se ao fato de o relevo ser bastante aplainado e à presença de plintossolos. Considerando a correlação entre a FA e o IVS, tem-se uma vulnerabilidade socioambiental predominantemente Fraca em Paranã. Além dessas características, outros dados reforçam essa vulnerabilidade socioambiental, como o caso do déficit hídrico, que aumenta à medida que se desloca na direção da foz do Rio Palma, localizada nesse município.

Dianópolis possui 47% da área do seu município contida no território da bacia hidrográfica aqui estudada. Seu IVS também é muito alto e se deve ao acesso a água encanada e banheiro nas residências, taxa de analfabetismo, e à situação de vulnerabilidade à pobreza. Na área do município abrangida pela bacia do Rio Palma, a fragilidade ambiental varia Fraca a Forte em função da declividade, da erodibilidade dos solos e da baixa proteção da cobertura vegetal que foi substituída por pastagens. Nas áreas em que há ocorrência de latossolos, nos topos aplainados da Serra Geral, a fragilidade ambiental é muito forte devido ao cultivo da monocultura de soja. A vulnerabilidade socioambiental em função da correlação entre os fatores ambientais e sociais em Dianópolis é definida como Média, Forte e Muito Forte.

Taguatinga e Ponte Alta do Bom Jesus representam os casos mais críticos na área de estudo, porque, além de apresentarem o IVS mais alto, cujo índice se deu em virtude do pouco acesso a água encanada, esgotamento sanitário, elevada taxa de analfabetismo e desemprego, ambas estão localizadas na área de maior fragilidade ambiental. A fragilidade ambiental Forte e Muito Forte é verificada nas áreas de maior declividade, nas quais predominam os solos litossolos, areias quartizosas e neossolos. A cobertura vegetal é fortemente substituída por pastagens e, na parte leste, divisa com o Estado da Bahia, também há o cultivo de monoculturas como soja e milho. Na porção oeste desses municípios, a fragilidade ambiental é de grau Muito Fraco e Fraco, devido à baixa declividade e à presença de cambissolos. Para esses dois municípios, a vulnerabilidade socioambiental é Alta e Muito Alta na parte leste e Média e Fraca na parte oeste.

Ao se chegar a esta etapa do estudo, verifica-se uma gama vasta de opções de interpretação acerca das características de cada região da bacia hidrográfica do Rio Palma. No aspecto ambiental, tem-se que, além da baixa disponibilidade pluviométrica, o tipo de solo e a

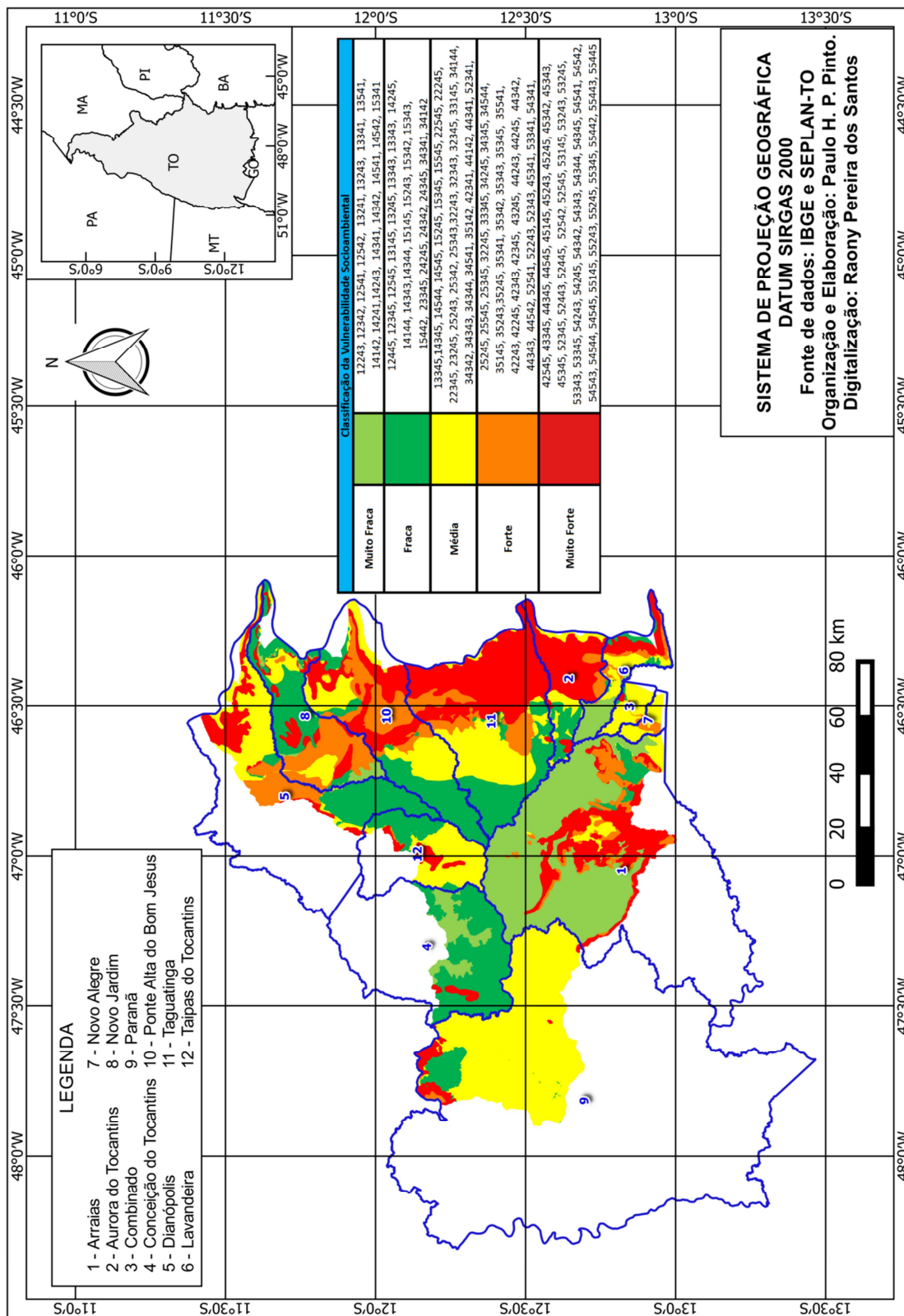
vegetação tornam-se fatores decisivos na tomada de decisões que visem a intervir diretamente no problema em foco. Entretanto, esses estudos devem estar diretamente associados aos elementos sociais, e, no caso verificado na área de estudo, o saneamento básico e a renda apresentaram dados que requerem atenção e com certeza podem contribuir para o aumento da vulnerabilidade da população, visto que a ameaça da “falta d’água” persiste.

A análise da vulnerabilidade social junto à fragilidade ambiental de cada um dos municípios revela uma nova realidade e descortina a possibilidade de uma nova percepção a partir de uma relevante contribuição metodológica. A importância da inclusão do IVS nesta análise decorre do fato de que, se a intervenção aos efeitos da estiagem prolongada ou da seca tiver como base apenas o fator socioeconômico e as características ambientais forem desprezadas, a interpretação pode tornar-se limitada, implicando, assim, resultados insatisfatórios na resolução do problema. Desse modo, a análise integrada proposta aqui integra diversas variáveis que permitem o conhecimento amplo e detalhado da área pesquisada.

O produto final desta pesquisa é a carta síntese da vulnerabilidade socioambiental (Figura 38). É preciso ressaltar que esta carta não se trata apenas da inclusão de mais uma variável na análise da fragilidade ambiental, mas sim de índice que agrega inúmeras variáveis sociais.

É preciso ressaltar que para realizar a análise e classificação das cinco variáveis, representadas pelo código de cinco dígitos, é preciso que o pesquisador possua conhecimento empírico da área de estudo. Pois, somente a classificação automática, realizada pelo software em ordem crescente dos dígitos, não irá garantir a representação que se aproxime da realidade. Neste caso, é preciso que o pesquisador analise as variáveis uma a uma para poder classificá-las. Por exemplo, em áreas da bacia hidrográfica em estudo, nas quais a fragilidade com base na declividade é muito baixa (1) o software tenderá a classificar os códigos que começam em esse algarismo como sendo de vulnerabilidade socioambiental baixa. Contudo, se os outros três dígitos forem superiores a 3 é preciso considerar a alteração desta classe.

Figura 39: Vulnerabilidade Socioambiental na Bacia hidrográfica do Rio Palma



CONSIDERAÇÕES FINAIS

O alcance dos objetivos desta pesquisa foi possível devido ao percurso metodológico da mesma. A partir de um aporte teórico que envolveu três embasamentos teóricos distintos foi possível realizar o detalhamento das características ambientais e sociais da área de estudo.

A análise da fragilidade ambiental na bacia do Rio Palma revelou a associação da fragilidade com aspectos da declividade, solo, vegetação e da pluviosidade. A análise da combinação destas variáveis é complexa, mas permitiu visualizar as áreas com maior ou menor fragilidade. O fato das nascentes do Rio Palma estarem localizadas nas áreas de maior fragilidade, devido ao solo e à vegetação levanta uma preocupação sobre as condições das populações que vivem nestas áreas.

Ao analisar as variáveis e o IVS é possível perceber, que alguns municípios, como é o caso de Dianópolis, Taguatinga e Ponte Alta do Bom Jesus, ao mesmo tempo em que estão em áreas de alta fragilidade socioambiental, possui os mais altos valores de cabeças de gado.

O desafio metodológico proposto neste trabalho demonstrou-se bastante eficiente para atingir o objetivo principal da pesquisa. O estudo da fragilidade ambiental permitiu verificar de forma integrada as inter-relações entre diversos componentes ambientais, revelando as áreas mais frágeis e possibilitando maior capacidade de intervenção a partir dos resultados obtidos. A avaliação do IVS permitiu detalhar as condições socioeconômicas da população da área de estudo, considerando as peculiaridades de cada município e revelando intimamente a vulnerabilidade de cada um deles. A inclusão do IVS como variável na análise fragilidade ambiental deu origem à carta-síntese da vulnerabilidade socioambiental, e esse procedimento revelou aspectos de extrema relevância para a gestão do território da área de estudo. A análise de múltiplas variáveis de modo integrado favorece a compreensão das inter-relações complexas que se dão entre a natureza e a sociedade.

Outro aspecto metodológico desta pesquisa que esteve aliado à análise integrada foi o estudo da gênese e da dinâmica climática da bacia hidrográfica em foco. Ao se tratar dos percalços causados pela estiagem ou pela seca, os aspectos climáticos tornam-se ainda mais relevantes. No caso desta pesquisa, a partir do momento que notou-se a limitação da abrangência da classificação hierárquica a partir das características pluviométricas da área de estudo,

procedeu-se à aplicação análise rítmica, que permitiu um conhecimento mais profundo dos aspectos climáticos da área. O conhecimento da gênese das chuvas, assim como da dinâmica dos sistemas atmosféricos permitiu uma visão do complexo climático da região sudeste do Estado do Tocantins. A análise destas informações de modo conjunto com as características ambientais (relevo, solo, vegetação) favorece um conhecimento inédito para esta região. Desse modo, entende-se que de acordo com o objetivo de cada pesquisa haverá uma ou mais variáveis que poderão determinar a maior ou menor fragilidade ambiental e conseqüentemente, neste caso, recomenda-se que se demandem esforços no sentido de esmiuçar tais variáveis em busca de informações que possam completar e enriquecer a análise integrada.

A contribuição metodológica que se alcançou neste trabalho também pode servir de direcionamento para outros estudos, que tenham como objetivo a investigação de outros fatores, para aplicação de projetos diversos. A título de exemplo, tem-se que um estudo que vise ao controle dos processos erosivos poderá dar preferência às variáveis como erodibilidade potencial, tipo de solo, cobertura vegetal, declividade etc. No caso de visar à construção de barragens, poderá se utilizar a combinação entre a infiltração do solo, porosidade, características hidrogeológicas, dentre outras. Também aqueles que pretendem realizar a perfuração de poços artesianos podem relacionar as informações de disponibilidade hídrica superficial, água encanada, lençol freático, qualidade da água subterrânea, dentre outros, e, desse modo, indicar mais precisamente as áreas com maior ou menor aptidão para aplicação de tal projeto.

É preciso considerar que os resultados desta pesquisa fornecem subsídios que podem ser utilizados pelo poder público federal, estadual e municipal para o planejamento e gestão do território da bacia hidrográfica foco deste estudo, podendo, também, ser aplicado a outras áreas de interesse. Sendo assim, esses mesmos resultados podem fundamentar estudos para implantação de projetos agroecológicos baseados no trabalho coletivo e na agricultura familiar.

É de grande relevância ressaltar o impacto provocado pelas monoculturas, visto que favorecem baixa proteção ao solo e contribuem para sua contaminação, assim como das nascentes dos tributários do Rio Palma. Sugere-se que o ideal para reduzir a fragilidade ambiental seria a adoção de um modelo de uso da terra com características de agricultura familiar, com multiculturas e captação integral das águas pluviais, inclusive com tipos de reservatórios mais adequados a cada tipo de solo e de localização.

REFERÊNCIAS

- ALENCAR, M. L. S. **El Niño de 1997/1998: sistemas hídricos, degradação ambiental e vulnerabilidades socioeconômicas no Cariri Paraibano**. 2004. 170 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola). UFCG, Campina Grande, 2004
- ALENCAR, M. L. S. **Os sistemas hídricos, o Bioma Caatinga e o social na bacia do Rio Sucuru: Riscos e vulnerabilidades**. 2008, 157 f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) UFCG, Campina Grande, 2008
- ARAÚJO, A. E. de. **Construção social dos riscos e degradação ambiental: município de Souza, um estudo de caso**. Campina Grande, 2002. 122p. Dissertação de Mestrado – UFCG.
- AYOADE, J. O. **Introdução à climatologia para os trópicos**. 3 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2007.
- AZEVEDO, A de. **Brasil: A terra e o homem**. v. I, 2 ed. Companhia Editora Nacional, São Paulo, 1968.
- BANCO MUNDIAL, **Secas no Brasil: política e gestão proativas – Brasília: - Centro de Gestão e Estudos Estratégicos**, 2016.
- BERTALANFFY, L. Von. **Teoria Geral dos sistemas: fundamentos, desenvolvimento e aplicações**. 7 ed. Petrópolis, RJ: Vozes, 2013 (Tradução: Francisco M. Guimarães).
- BRASIL. AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS. **Inventário estações pluviométricas**. 2 ed. Brasília DF, abr., 2009.
- BHATTACHARYA, Sumana; Dass Aditi. Vulnerability to drought, cyclones and floods in India. **Winrock Internacional**, India, September, 2007.
- CAMPOS, A. S. Educación y prevención de desastres. **Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres em América Latina**, 1999. Disponível em: <<http://www.desenredando.org/public/libros/index.html>> Acesso em: 15 nov. 2016.
- CARDONA, O. D. A. La necesidad de repensar de manera holística los conceptos de vulnerabilidad y riesgo. In: International Work-Conference On Vulnerability In Disaster Theory And Practice. **Annals...** Wageningen (Holanda): Wageningen University and Research Centre, 2001. 18 p. Disponível em: <<http://www.desenredando.org/public/articulos/index.html>> Acesso em: 15 nov. 2016.
- CHORLEY, Richard. **Modelos integrados em Geografia**. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1974^a.
- CHORLEY, Richard. **Modelos sócio-econômicos em Geografia**. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos, 1974^b.

CHORLEY, Richard., Ed. **Modelos físicos e de informação em geografia**. Coordenação editorial Richard J. Chorley. São Paulo, Ed. da USP, 1975.

CHRISTOFOLETTI, Antonio. **Análise de sistemas em Geografia**. Editora HICITEC, USP. São Paulo, 1979.

_____. **Geomorfologia**. São Paulo, Editora Edgard Blucherr, 1980.

_____. Definição e Objeto da Geografia. **Geografia**. V. 8 (15-16): 1-28, outubro de 1983.

_____. Significância da teoria de sistemas em Geografia Física. **Boletim de Geografia Teorética**, 16-17 (31-34): 119-128, 1986-1987.

_____. A potencialidade das abordagens sobre sistemas dinâmicos para os estudos geográficos: alerta para uma nova fase. **Geografia**, 13 (26): 149-151, 1988.

_____. Aplicação da abordagem de sistemas na Geografia Física. **Revista Brasileira de Geografia**, 52 (2): 21-35, 1990b.

G1-TOCANTINS. Tocantins: Organizações Globo, 2016. Disponível em: <http://g1.globo.com/to/tocantins/noticia/2016/09/tocantins-tem-22-municipios-em-situacao-de-emergencia-pela-seca.html>. Acesso: agosto de 2017

_____. **Modelagem de sistemas ambientais**. 1 ed. – São Paulo: Edgard Blücher, 1999.

CHURCHMAN, C. W. **Introdução à teoria dos sistemas**. 2 ed. Petrópolis, Vozes, 1972

CONTI, J. B. **Clima e Meio Ambiente**. Scarlato. São Paulo: Atual, 1998.

DESCHAMPS, M. V. **Vulnerabilidade Socioambiental na Região Metropolitana de Curitiba**. Curitiba: UFPR, 2004. 155f. Tese (Doutorado em Meio Ambiente e Desenvolvimento) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2. ed. – Rio de Janeiro: EMBRAPA-SPI, 2006. 306 p.: il.

FEITOSA, P. H. C. Estudo comparativo das vulnerabilidades no cenário seca/desertificação em municípios do semiárido brasileiro e norte de Portugal. **Revista Verde** (Mossoró – RN – Brasil) v. 5, n3, p. 01-09, julho/setembro de 2010.

FONZAR, B. C. **Os principais campos de pressão da América do Sul e sua atuação na caracterização do clima dos cerrados (savanas) do Centro-Oeste do Brasil**. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Geografia Física, FFLH USP, São Paulo, 1990.

GERARDI, L. H. **Quantificação em Geografia**. São Paulo: DIFEL, 1981.

INMET. Instituto Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas (1961 a 1990)**.

IPECE. Instituto de Pesquisa e Estratégia Econômica do Ceará. **Índice Municipal de Alerta 2010**. Fortaleza. 2010. Disponível em: <www.ipece.ce.gov.br>. Acesso em: 10 jan. 2016.

IPEA. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. **Atlas da vulnerabilidade social nos municípios brasileiros** / editores: Marco Aurélio Costa, Bárbara Oliveira Marguti. – Brasília : IPEA, 2015.

JORNAL DO DURO. 18 ago. 2007. Disponível em: <<http://www.dno.com.br/jornal965f.htm>>. Acesso em: 20 jul. 2012.

JORNAL DO TOCANTINS. **Reportagens de capa**. Edições dos dias 08, 10, 19 e 24 de agosto e 02 de setembro de 2007.

LANDIM, P. M. B. **Introdução aos métodos de estimação espacial para a confecção de mapas**. DGA/IGCE/UNESP/Rio Claro, Lab. Geomatemática, Texto Didático 02, 20 p. 2000.

LAVELL, A. **Gestión de riesgos ambientales urbanos**. Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres em América Latina, Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales. 1999. Disponível em: <<http://www.desenredando.org/public/articulos/index.html>> Acesso em: 15 de novembro. 2016.

LINDOSO, Diego. **Vulnerabilidade e Adaptação da Vida às Secas: desafios à sustentabilidade rural familiar nos semiáridos nordestinos**. 2013. Tese (Doutorado pelo Centro de Desenvolvimento Sustentável) Universidade de Brasília, Brasília. Brasília - DF, 519 p.: il.

MASSA, E. M.; ROSS, J. L. S. Aplicação de um modelo de fragilidade ambiental relevo-solo na Serra da Cantareira, bacia do Córrego do Bispo, São Paulo-SP. **Revista do Departamento de Geografia – USP**, v. 4 (2012), p. 57-79.

MACIEL, J. **Elementos da Teoria Geral dos Sistemas**. Petrópolis - Vozes, 1974.

MARANDOLA JR., E.; HOGAN, D. J. Natural hazards: o estudo geográfico dos riscos e perigos. **Ambiente & Sociedade**, 7(2), 95-107, 2004.

MATTEDI, M. A.; BUTZKE, I. C. A relação entre o social e o natural nas abordagens de hazards e desastres. **Ambiente & Sociedade**, 9, 1-16, 2001.

MEDEIROS, N. C.; SOUZA, J. N. S. Metodologia para mapeamento da vulnerabilidade socioambiental: o caso do município de Caucaia, Estado do Ceará. **REDE – Revista Eletrônica do PRODEMA**, Fortaleza, CE, v. 10, n. 1, p. 54-73, jan-jun, 2016.

MEDINA, J. Sistemas de Información en las regiones de San Martín. **Desastres y Sociedad**, Lima, LA RED / ITDG. n. 2, ano 2, p. 144-115, 1994.

MELO, J. A. B. de. **Diagnóstico físico-conservacionista e das vulnerabilidades como subsídio ao ordenamento territorial da microbacia do Riacho do Tronco, Boa Vista, PB**. 2010. Tese (Doutorado em Recursos Naturais). UFCG, Campina Grande, PB.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA E REFORMA AGRÁRIA. Secretaria Nacional de Irrigação. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normais Climatológicas (1961-1990)**. Brasília, 1992.

MONTEIRO, C. A. F. Da Necessidade de um Caráter Genético à Classificação Climática: algumas considerações metodológicas a propósito do estudo do Brasil Meridional. **Revista Geográfica**, 57, Instituto Pan-Americano de Geografia e História, 1962.

_____. Sobre a análise geográfica de seqüências de cartas de tempo (pequeno ensaio metodológico sobre o estudo do clima no escopo da Geografia). **Revista Geográfica**, Rio de Janeiro, v.32, p.169-179, 1963.

_____. Sobre um Índice de Participação das Massas de Ar e suas Possibilidades de Aplicação à Classificação Climática. **Revista Geográfica**, 61, Instituto Pan-Americano de Geografia e História, 1964.

_____. Sobre um índice de participação das massas de ar e suas possibilidades de aplicação à classificação climática. **Revista Geográfica**, Rio de Janeiro, v.33, p.59-69, 1964.

_____. Clima. In: IBGE. **Geografia do Brasil - Grande Região Sul**, 2ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1968, v. IV, tomo I, p.114-166.

_____. **A frente polar atlântica e as chuvas de inverno na fachada sul-oriental do Brasil** (contribuição metodológica à análise rítmica dos tipos de tempo no Brasil). São Paulo: USP/IG, 1969, 68p.

_____. **Análise Rítmica em Climatologia**. Problemas da atualidade climática em São Paulo e achegas para um programa de trabalho. São Paulo: Instituto Geografia, Universidade de São Paulo, 1971.

_____. **A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo**: estudo geográfico sob forma de atlas. São Paulo: USP/IG, [1964]1973, 129p.

_____. **Teoria e clima urbano**. São Paulo: USP/IG, 1976, 181p.

_____. Derivações antropogênicas dos geossistemas terrestres no Brasil e alterações climáticas: perspectivas agrárias e urbanas ao problema da elaboração de modelos de avaliação. Simpósio

Sobre a Comunidade Vegetal, como Unidade Biológica, Turística e Econômica. 1978 São Paulo **Anais...**, São Paulo: ACIESP, 1978, 43-74

_____. **A Geografia no Brasil (1934-1977):** avaliação e tendências. São Paulo: USP/IG, 1980, 157p.

_____. **Clima e Excepcionalismo:** conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico. Florianópolis: Editora da UFSC, 1991, 241p.

_____. Os Geossistemas como elemento de integração na síntese geográfica e fator de promoção interdisciplinar na compreensão do ambiente. **Revista de Ciências Humanas**, Florianópolis, v. 14, n.19, p. 67-101, 1996.

_____. **O Estudo Geográfico do Clima.** Florianópolis: Editora da UFSC, 1999, 72p. (Cadernos Geográficos, 1)

_____. **Geossistemas:** a história de uma procura. São Paulo: Contexto, 2000.

_____. **A dinâmica climática e as chuvas no Estado de São Paulo.** 1.ed. Rio Claro: UNESP / AGETEO, 2000. 1 CD-ROM.

MORAIS NETO, J. M. **Gestão de riscos e desastres ENOS (EL NINÕ OSCILAÇÃO SUL) no semiárido paraibano:** uma análise comparativa. 2003 Tese de Doutorado. Campina Grande: UFCG, 2003

MORE, Rosemary J. **Os modelos Hidrológicos e a Geografia.** In: CHORLEY, Richard (Ed.). **Modelos físicos e de informação em geografia.** Coord. editorial Richard J. Chorley. São Paulo, Ed. da USP, 1975.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil.** SUPREM, Rio de Janeiro, 1989.

NOAA. Satellite and Information Service. Disponível em: <http://www.ncdc.noaa.gov/gibbs/>. Acesso em março de 2013

PINTO, P. H. P. **As chuvas no Estado do Tocantins:** distribuição geográfica e gênese das variações rítmicas. 2013. 183f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rio Claro, São Paulo, 2013.

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa social:** métodos e técnicas. São Paulo: Atlas (1999).

ROCHA, J. S. M.; KURTZ, S. M. J. M. **Curso de manejo integrado de bacias hidrográficas:** aplicações técnicas avançadas em diagnósticos conservacionista, socioeconômico ambiental. Santa Maria: UFSM, 2003.

ROSS, J. L. S. Análise empírica da fragilidade dos ambientes naturais e antropizados. **Revista do Departamento de Geografia**. n. 8, 1994, p. 65-75.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia, ambiente e planejamento**. São Paulo, Ed. Contexto, 1990, 85p,

ROSENDO, E. E. Q. **Desenvolvimento de indicadores de vulnerabilidade à vida na região semiárida brasileira**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental). UFRB, João Pessoa, PB, 2014

SANTOS, R. F; CALDEYRO, V. S. Paisagens, Condicionantes e Mudanças. In: SANTOS, R. F. (Org.). **Vulnerabilidade Ambiental: desastres ambientais ou fenômenos induzidos?** Brasília: MMA, 2007.

SANTOS, Rozely Ferreira dos. (org.). **Vulnerabilidade Ambiental: Desastres naturais ou fenômenos induzidos?** – Brasília: MMA, 2007. 192 p.

SERRA, A.; Ratisbonna, L. As massas de ar na América do Sul. **Revista Geográfica**. n. 51. Jun/dez 1969

SCHUMANN, Livia Rejane Miguel Amaral; MOURA Leides Baroso Azevedo. Índices sintéticos de vulnerabilidade: uma revisão integrativa de literatura. **Ciência & Saúde Coletiva**, 20(7) p. 2105-2120, 2015.

SILVA, A. A. F. **Variações do ritmo pluvial e a produção de soja no município de Pedro Afonso-TO**. 2013. 229f. Dissertação (Mestrado em Geografia) Universidade Federal do Tocantins, Porto Nacional, 2013.

SOUZA, J. C. O. **Identificação de geossistemas e sua aplicação no estudo ambiental da bacia hidrográfica do rio São Miguel – Alagoas**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013.

SOUZA, L. B. **Percepção de riscos de escorregamentos na Vila Mello Reis, Juiz de Fora (MG): contribuição ao planejamento e gestão urbanos**. 2006. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Estadual Paulista, UNESP, Rio Claro, 2006.

SOUZA, L. B. Ritmo climático e tipos de tempo no Estado do Tocantins. XII Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica. **Anais...** Goiânia: UFT, 2016

SORRE, M. **Lês Fondements de La Géographie Humaine**. Tome: I: Les fondements biologiques. Essai d'ne écologie de l'home. Livre I: Lê climat et l'home. Chp I^{er} Le Climat Paris, Librairie Armand Colin, 1951 (p. 13-43).

SOTCHAVA, V. B. O estudo dos geossistemas. São Paulo, Instituto Geografia USP, **Métodos em questão**, n. 16, 1977.

SOTCHAVA, V. B. Por uma teoria de classificação de geossistemas da vida terrestre. **Biogeografia**, n. 14. São Paulo, Instituto Geografia USP, 1978.

SPERA, S. T. et al. **Solos Areno-Quartzosos no Cerrado**: características, problemas e limitações de uso. Planaltina: Embrapa Cerrados, 1999.

SPÖRL, C. **Análise da fragilidade ambiental relevo-solo com aplicações de três modelos alternativos nas altas bacias do Rio Jaguari Mirim, Ribeirão do Quartel e Ribeirão da Prata**. São Paulo, Dissertação (Mestrado em Geografia). FFLCH, USP. 165p.

TOCANTINS. **Plano da bacia hidrográfica do Rio Palma**. Secretaria de Recursos Hídricos e Meio Ambiente. 2007

TOCANTINS. DECRETO No 4.586, de 3 de julho de 2012. Institui, no Estado do Tocantins, o Programa Tocantins sem Sede, integrante do Programa Água para Todos, e adota outras providências. **Diário Oficial**, 3 de julho de 2012.

TOCANTINS. **Atlas do Tocantins**: subsídios ao planejamento da gestão territorial. Secretaria do Planejamento e da Modernização da Gestão Pública - SEPLAN. Superintendência de Pesquisa e Zoneamento Ecológico-Econômico. Diretoria de Zoneamento Ecológico-Econômico - DZE. Organizado e atualizado por Paulo Augusto Barros de Sousa, Rodrigo Sabino Teixeira Borges e Ricardo Ribeiro Dias. 6. ed. rev. atu. Palmas: Seplan, 2012. 80 p.

TAGLIANI, C. R. A. **A mineração na porção média da Planície Costeira do Rio Grande do Sul**: estratégia para a gestão sob um enfoque de Gerenciamento Costeiro Integrado. UFRS, 2002. 252f. Tese (Doutorado em Geociências). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2002.

TRICART, J. **Ecodinâmica**. Rio de Janeiro: IBGE, 1977.

TROPPEMAIR, H. Geossistemas. Mercator - **Revista de Geografia da UFC**, ano 05, n. 10, 2006.

UFT. Seca X Chuva: os extremos do clima no Tocantins. **ESPECIAL**. Ano I – nº. 01 – nov/2007 a jan/2008.

ZANELA, M. E. et al. Vulnerabilidade Socioambiental do Baixo Curso da bacia hidrográfica do Rio Cocó, Fortaleza-CE. **Soc. & Nat.**, Uberlândia, 25 (2): 317-332, mai/ago/2013.

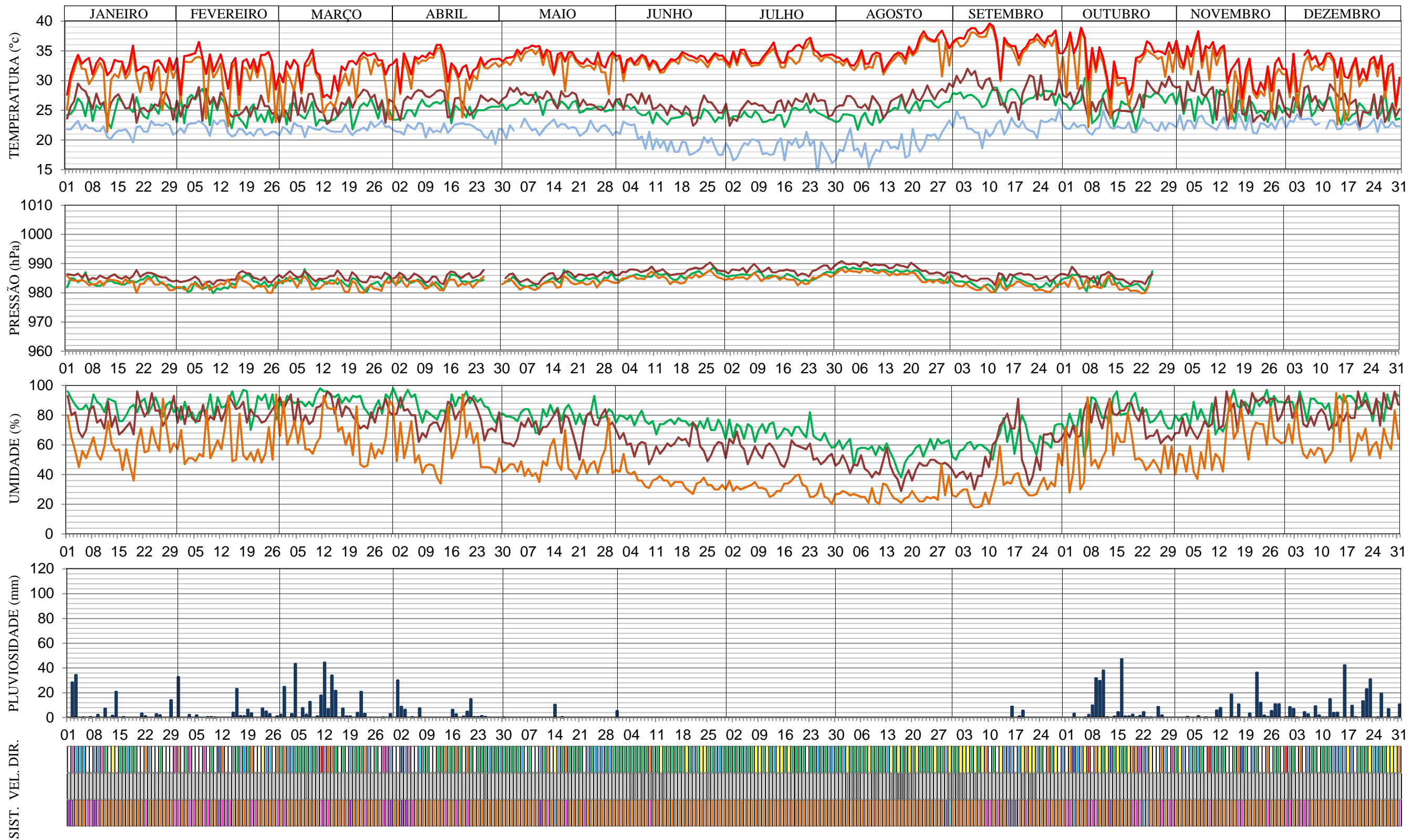
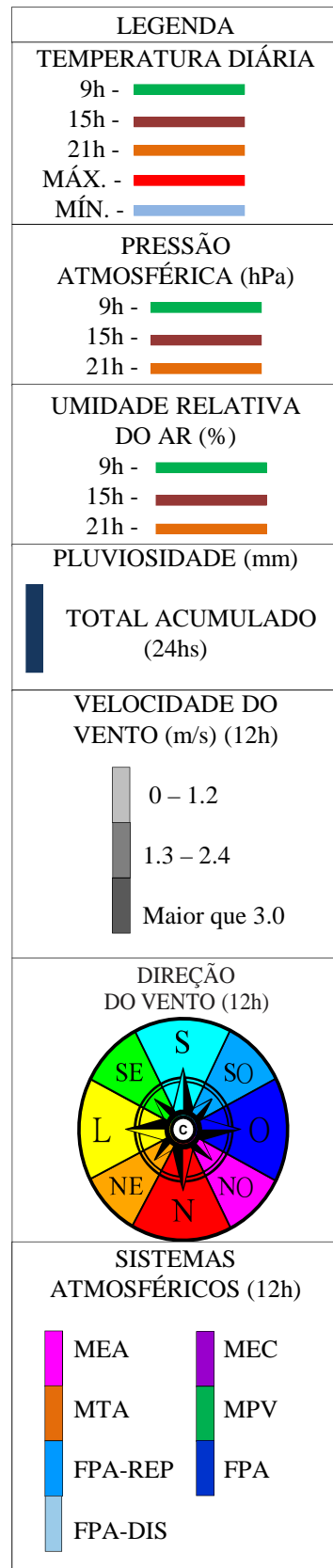
ZAVATTINI, J. A. **Estudos de Clima no Brasil**. Campinas – SP: Alínea, 2004.

ZAVATTINI, J. A.; BOIN, **Climatologia Geográfica**: Teoria e Prática de Pesquisa. Campinas – SP, Editora: Alínea, 2013.

ZAVATTINI, J. A. A Climatologia Geográfica no Brasil e na Itália. **Ciência e Natura**, v. 36 Ed. Especial, 2014, p. 222–238.

WILCHES-CHAUX, Gustavo. La Vulnerabilidad Global. In: MASKREY, Andrew (compilador) **Los Desastres no son Naturales**. La Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina, Lima (Peru), p.1-50. Disponível em:
<<http://www.desenredando.org/public/libros/1993/ldnsn/>> Acesso em: 10 dez. 2016.

APÊNDICE A: ANÁLISE RÍTMICA DOS DADOS CLIMÁTICOS DO MUNICÍPIO DE PEIXE (2001)



Fonte de dados: Instituto Nacional de Meteorologia - INMET

APÊNDICE B: ANÁLISE RÍTMICA DOS DADOS CLIMÁTICOS DO MUNICÍPIO DE PEIXE (2004)

LEGENDA

TEMPERATURA DIÁRIA

9h -

15h -

21h -

MÁX. -

MÍN. -

PRESSÃO ATMOSFÉRICA (hPa)

9h -

15h -

21h -

UMIDADE RELATIVA DO AR (%)

9h -

15h -

21h -

PLUVIOSIDADE (mm)

TOTAL ACUMULADO (24hs)

VELOCIDADE DO VENTO (12h)

0 - 1.2

1.3 - 2.4

Maior que 3.0

DIREÇÃO DO VENTO (12h)

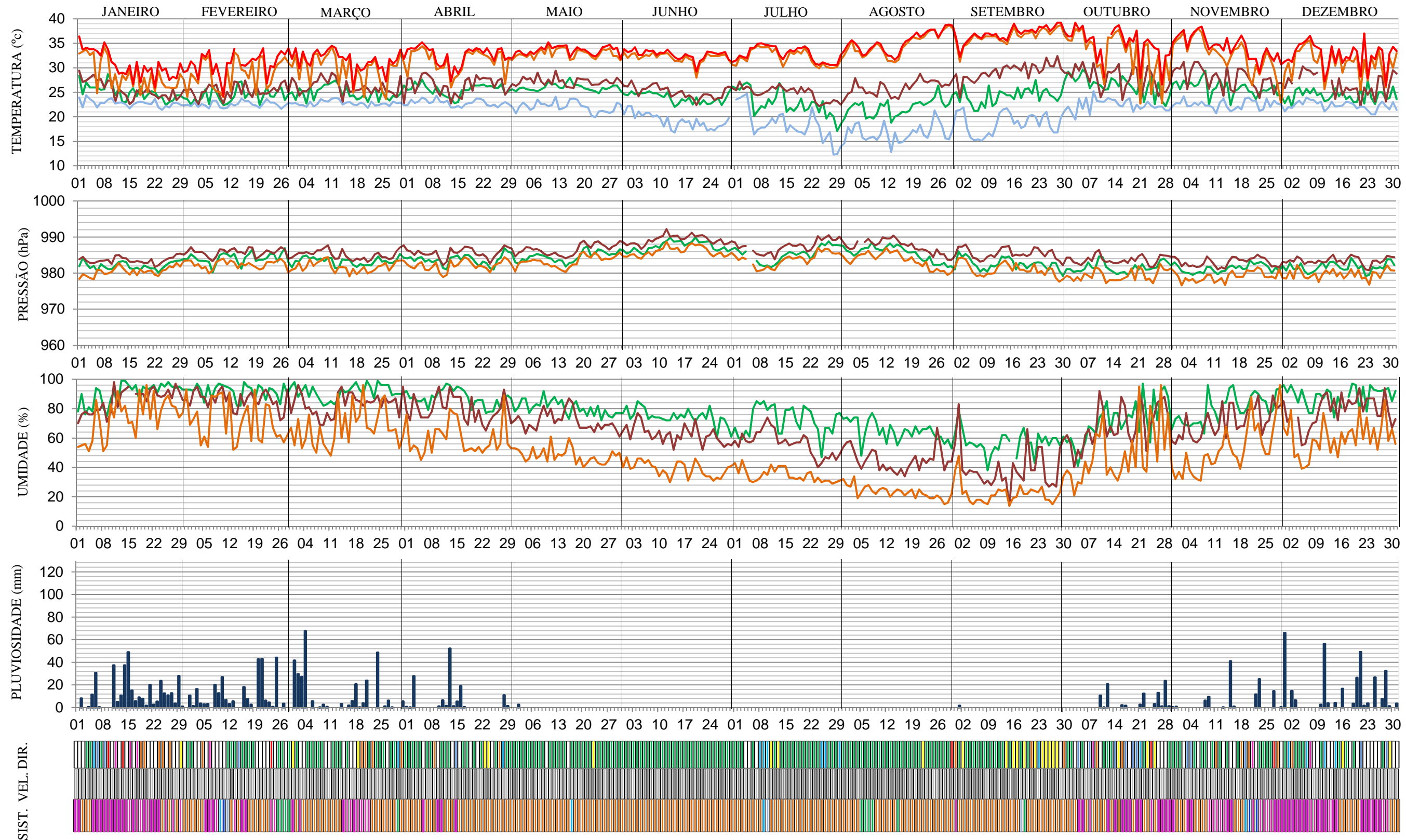
SISTEMAS ATMOSFÉRICOS (12h)

MEA MEC

MTA MPV

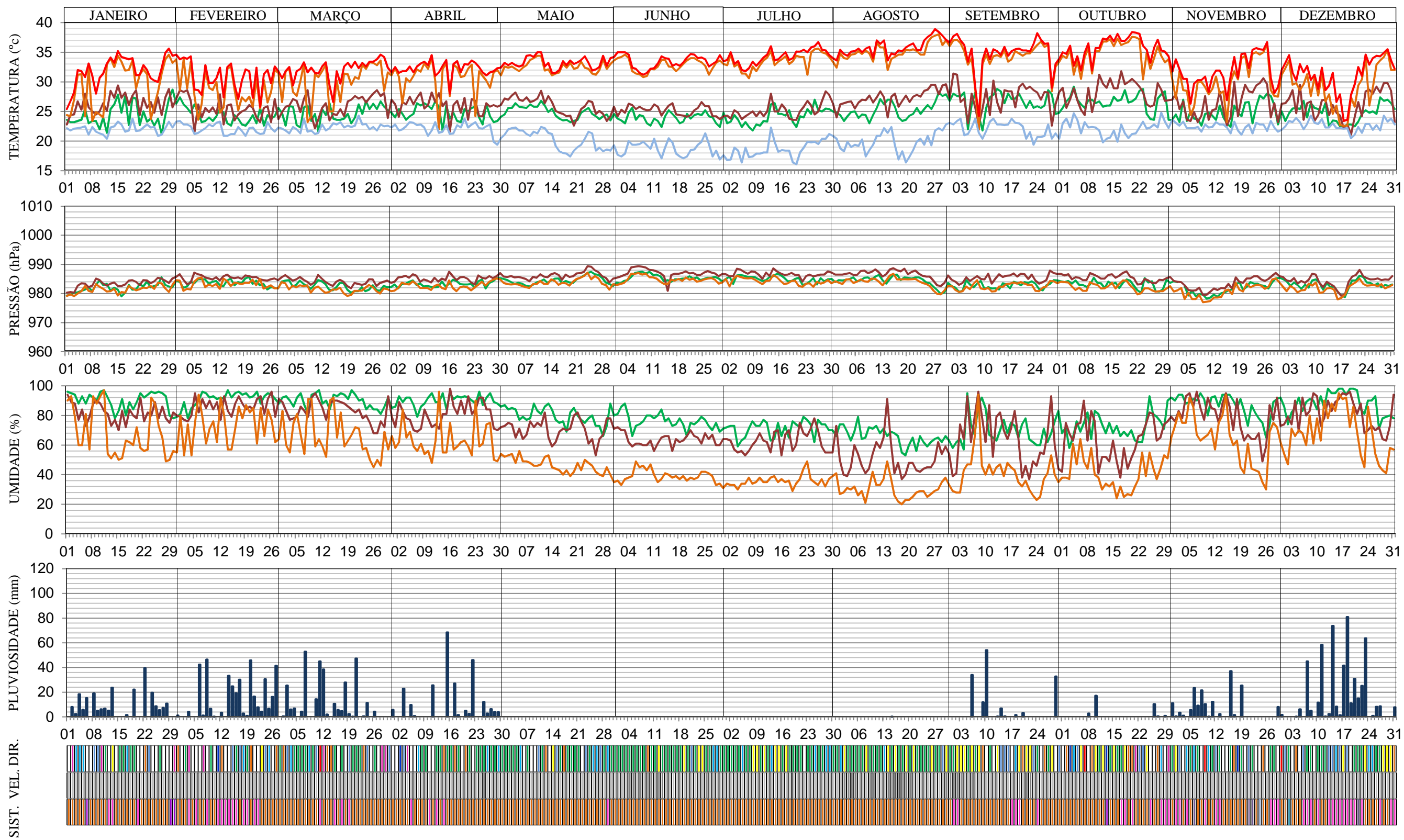
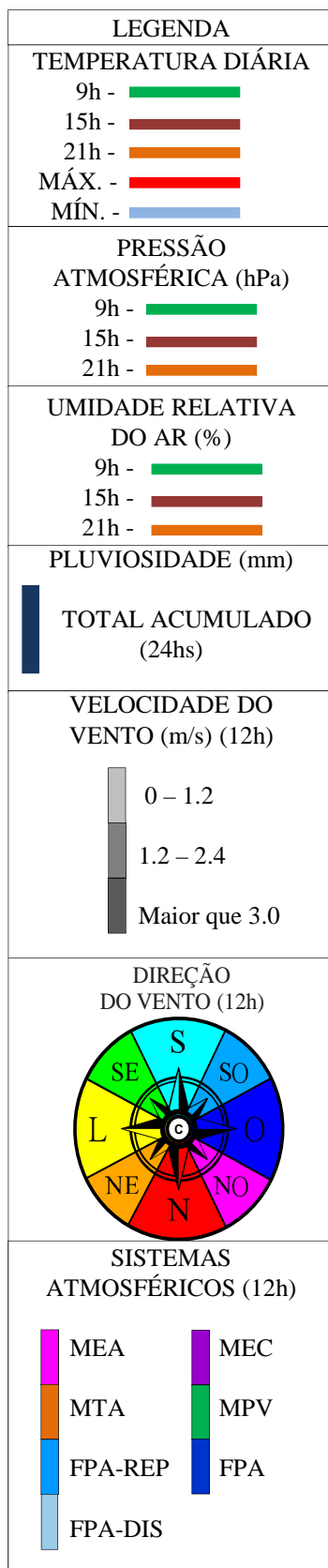
FPA-REP FPA

FPA-DIS



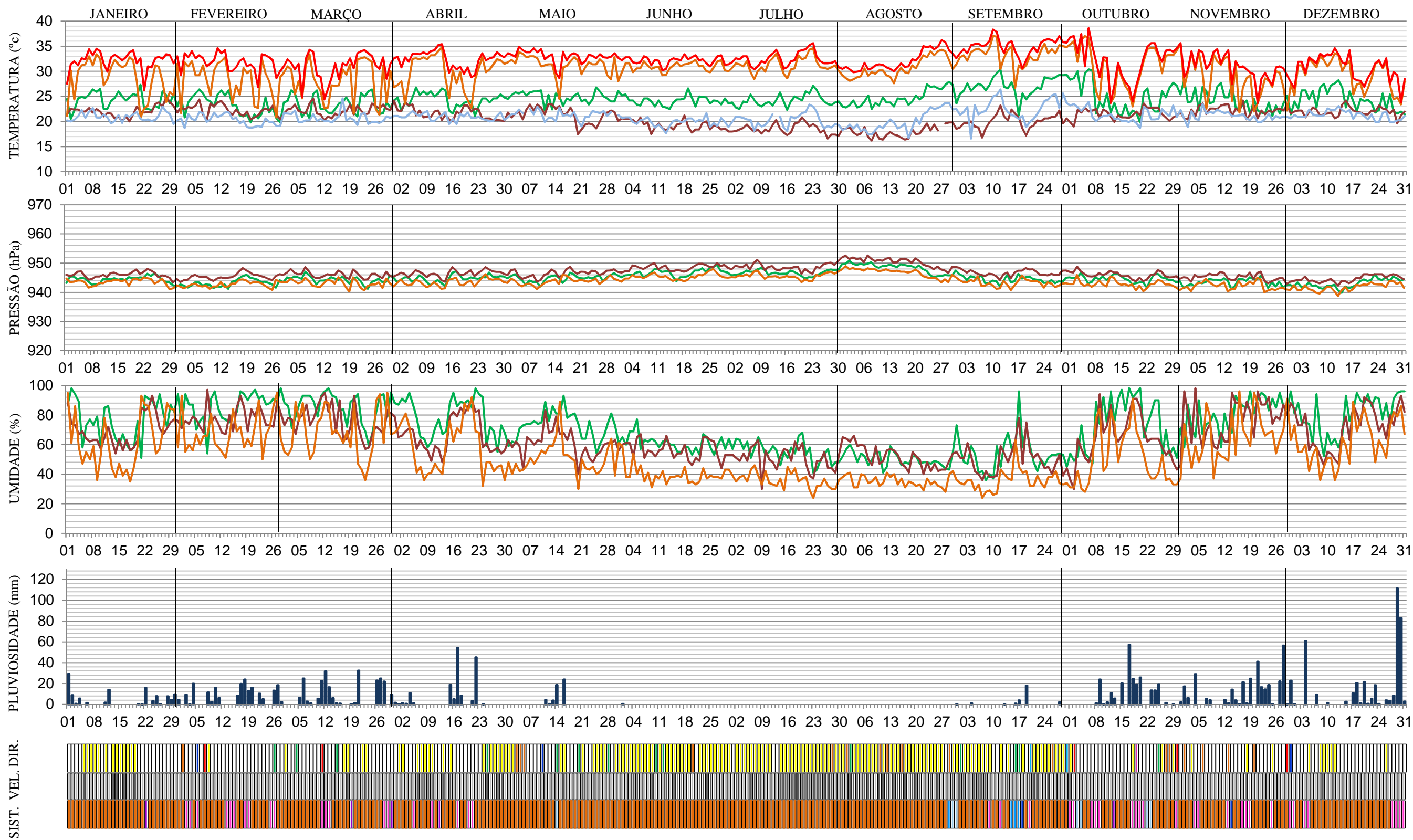
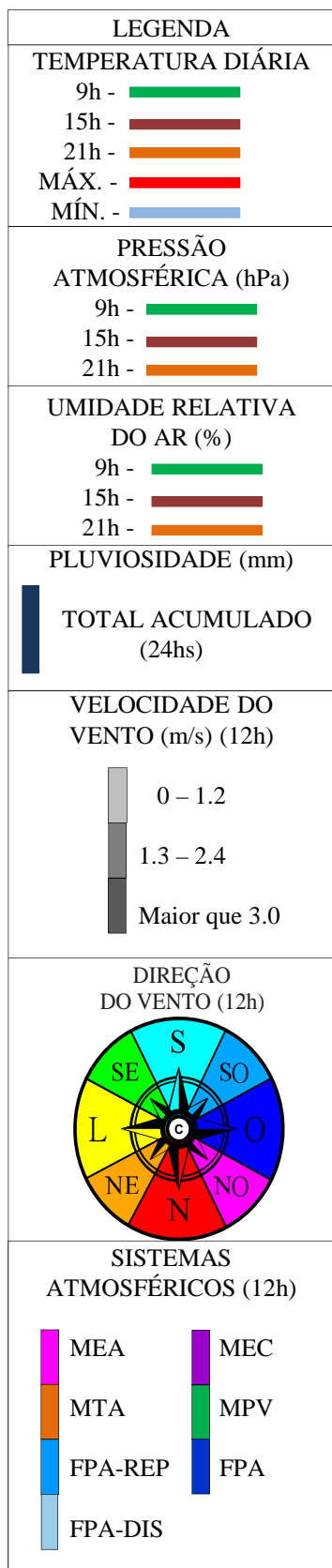
Fonte de dados: Instituto Nacional de Meteorologia - INMET

APÊNDICE C: ANÁLISE RÍTMICA DOS DADOS CLIMÁTICOS DO MUNICÍPIO DE PEIXE (2007)



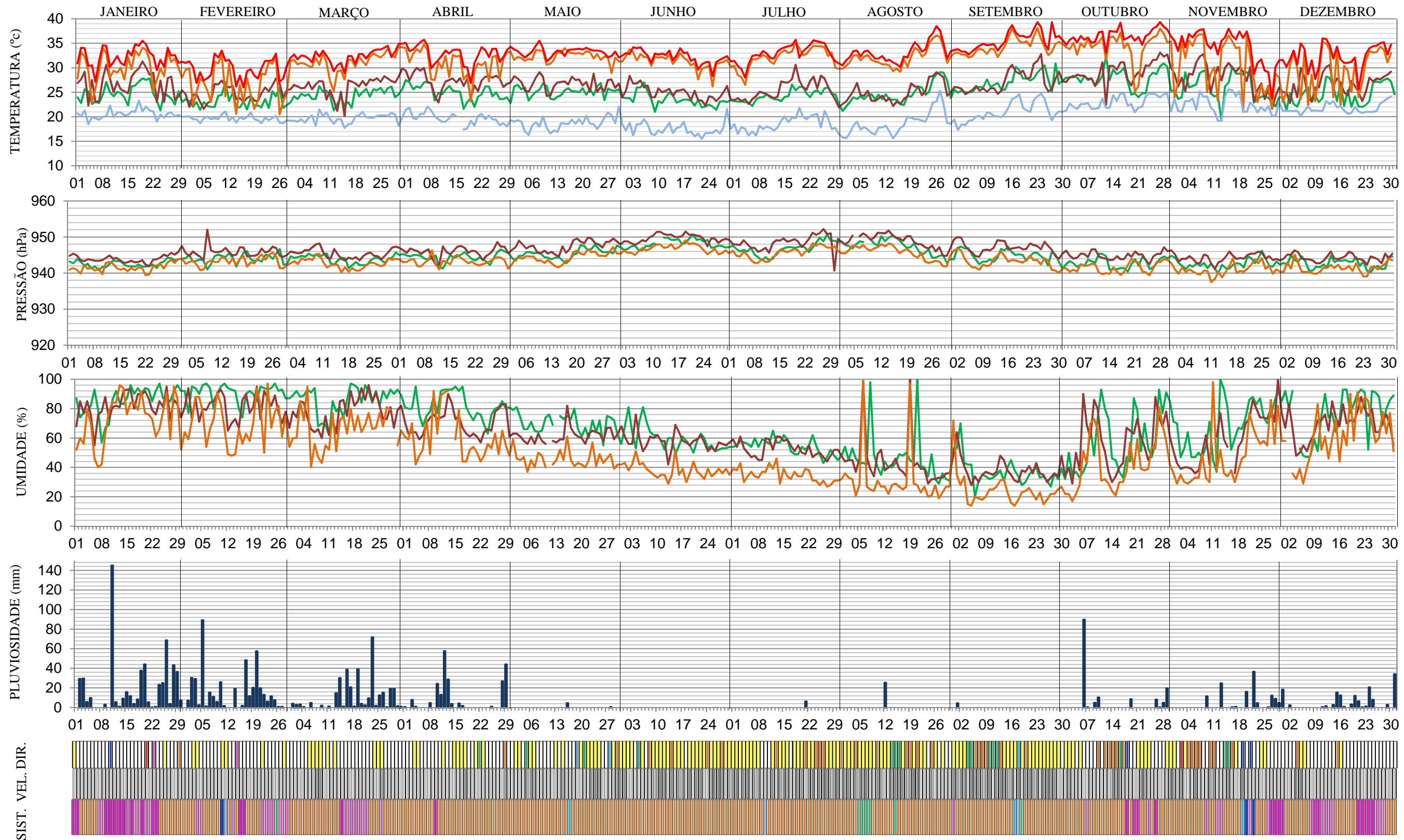
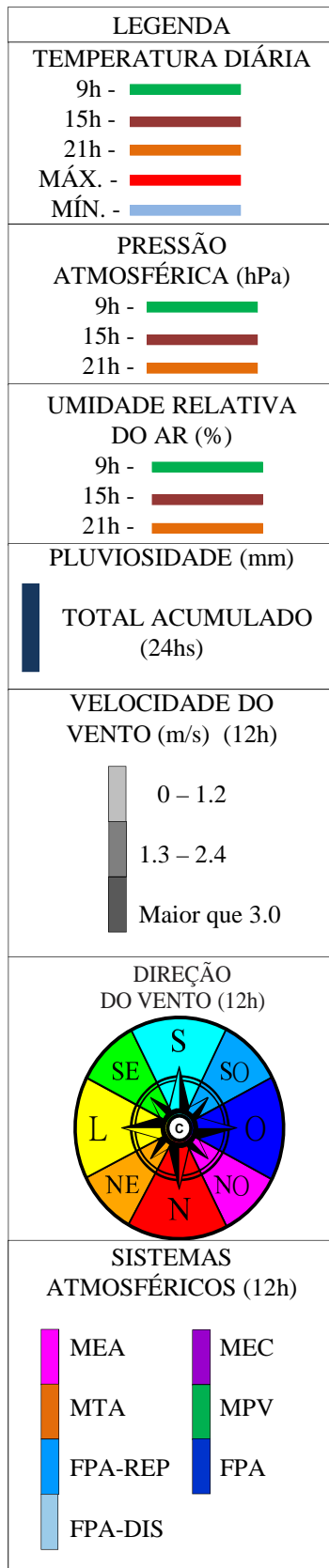
Fonte de dados: Instituto Nacional de Meteorologia - INMET

APÊNDICE D: ANÁLISE RÍTMICA DOS DADOS CLIMÁTICOS DO MUNICÍPIO DE TAGUATINGA (2001)



Fonte de dados: Instituto Nacional de Meteorologia - INMET

APÊNDICE E: ANÁLISE RÍTMICA DOS DADOS CLIMÁTICOS DO MUNICÍPIO DE TAGUATINGA (2004)



Fonte de dados: Instituto Nacional de Meteorologia - INMET

APÊNDICE F: ANÁLISE RÍTMICA DOS DADOS CLIMÁTICOS DO MUNICÍPIO DE TAGUATINGA (2007)

LEGENDA

TEMPERATURA DIÁRIA
 9h -
 15h -
 21h -
 MÁX. -
 MÍN. -

PRESSÃO ATMOSFÉRICA (hPa)
 9h -
 15h -
 21h -

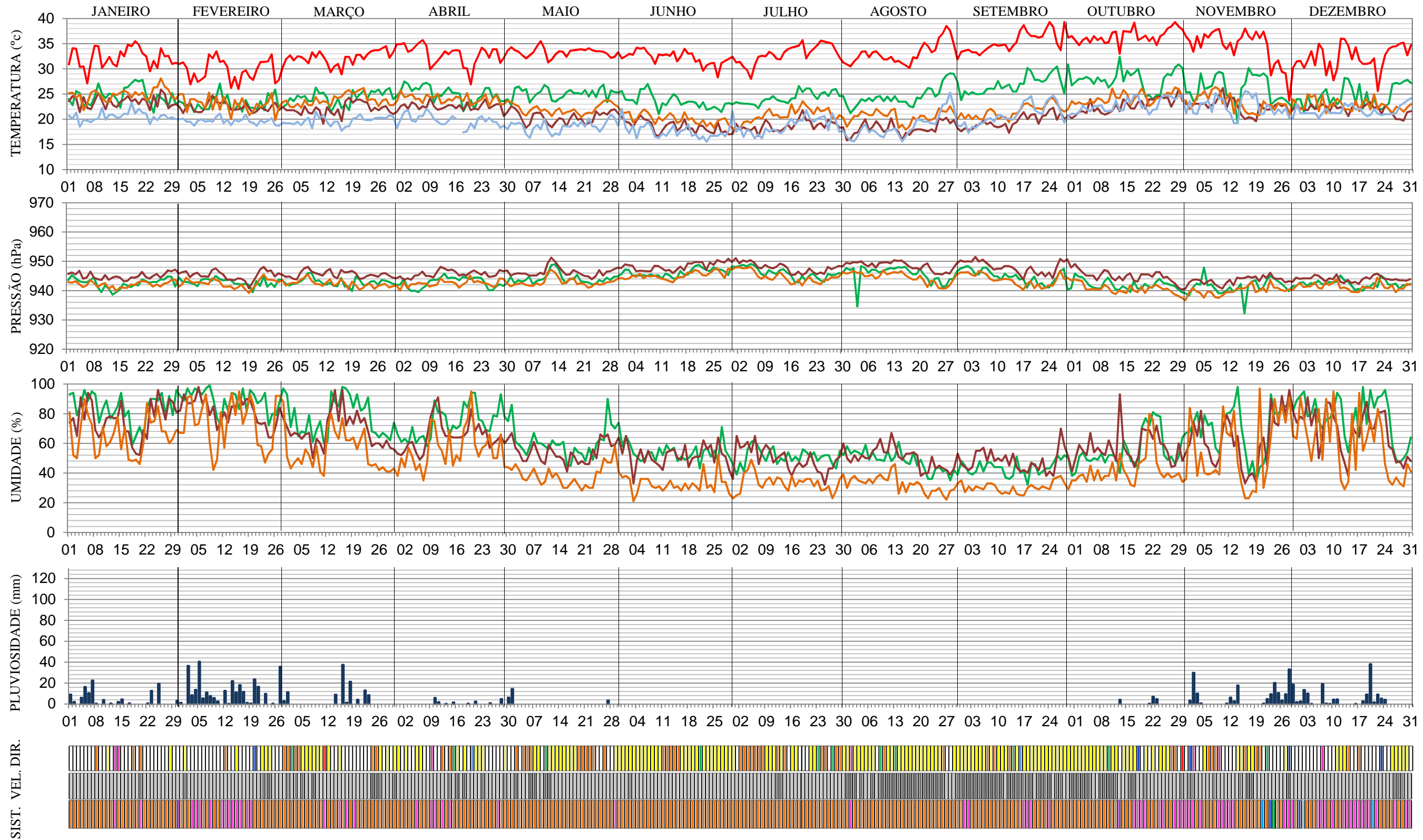
UMIDADE RELATIVA DO AR (%)
 9h -
 15h -
 21h -

PLUVIOSIDADE (mm)
TOTAL ACUMULADO (24hs)

VELOCIDADE DO VENTO (m/s) (12h)
 0 - 1.2
 1.3 - 2.4
 Maior que 3.0

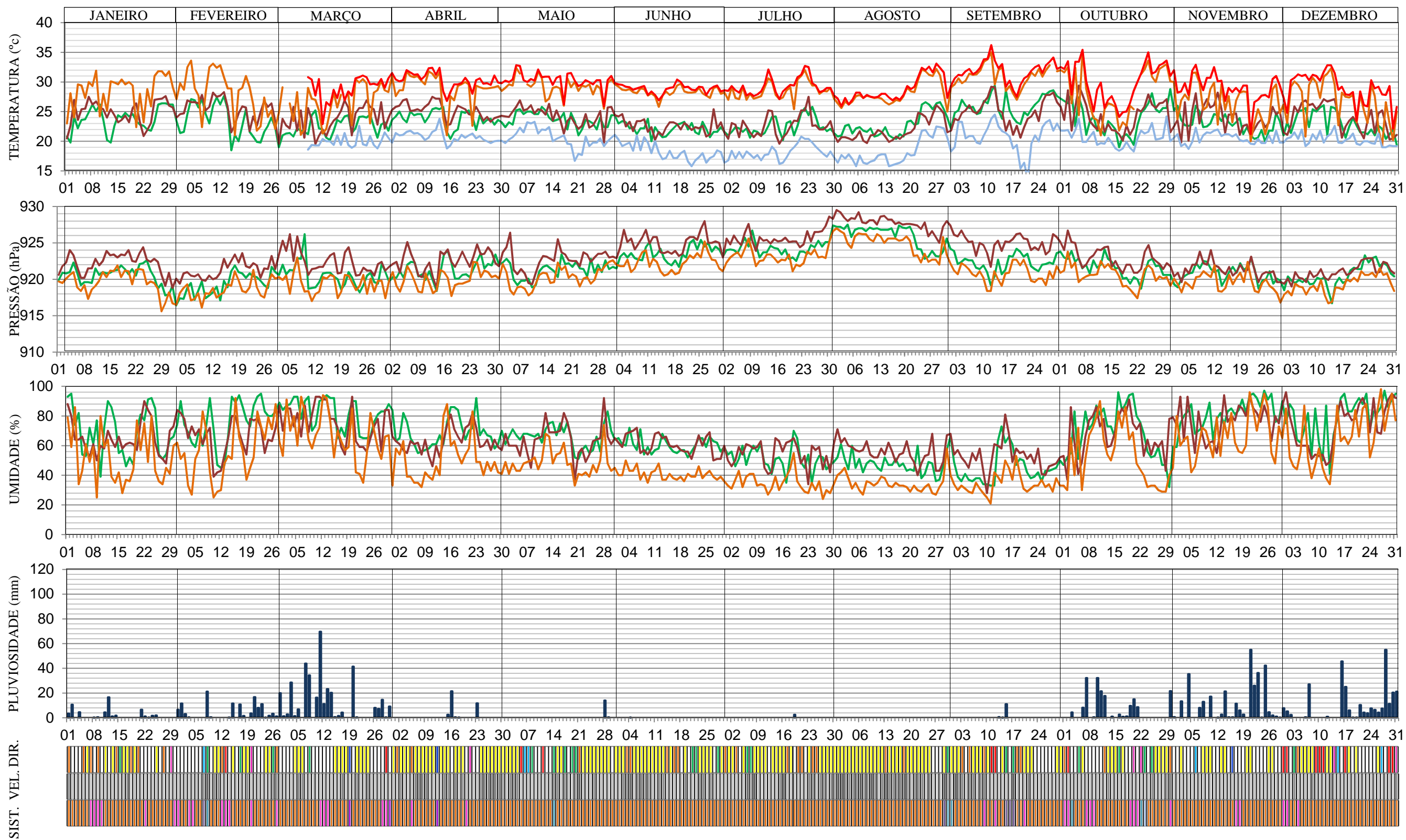
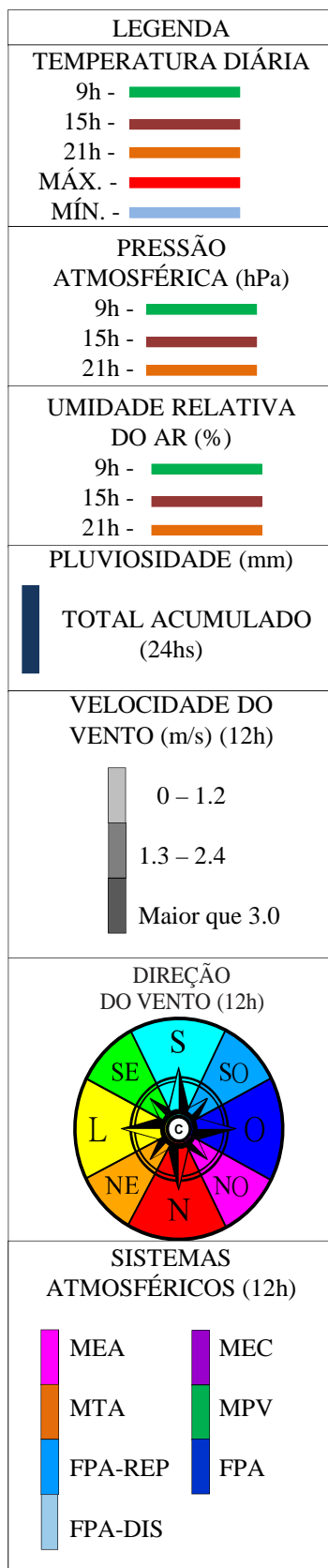
DIREÇÃO DO VENTO (12h)

SISTEMAS ATMOSFÉRICOS (12h)
 MEA MEC
 MTA MPV
 FPA-REP FPA
 FPA-DIS



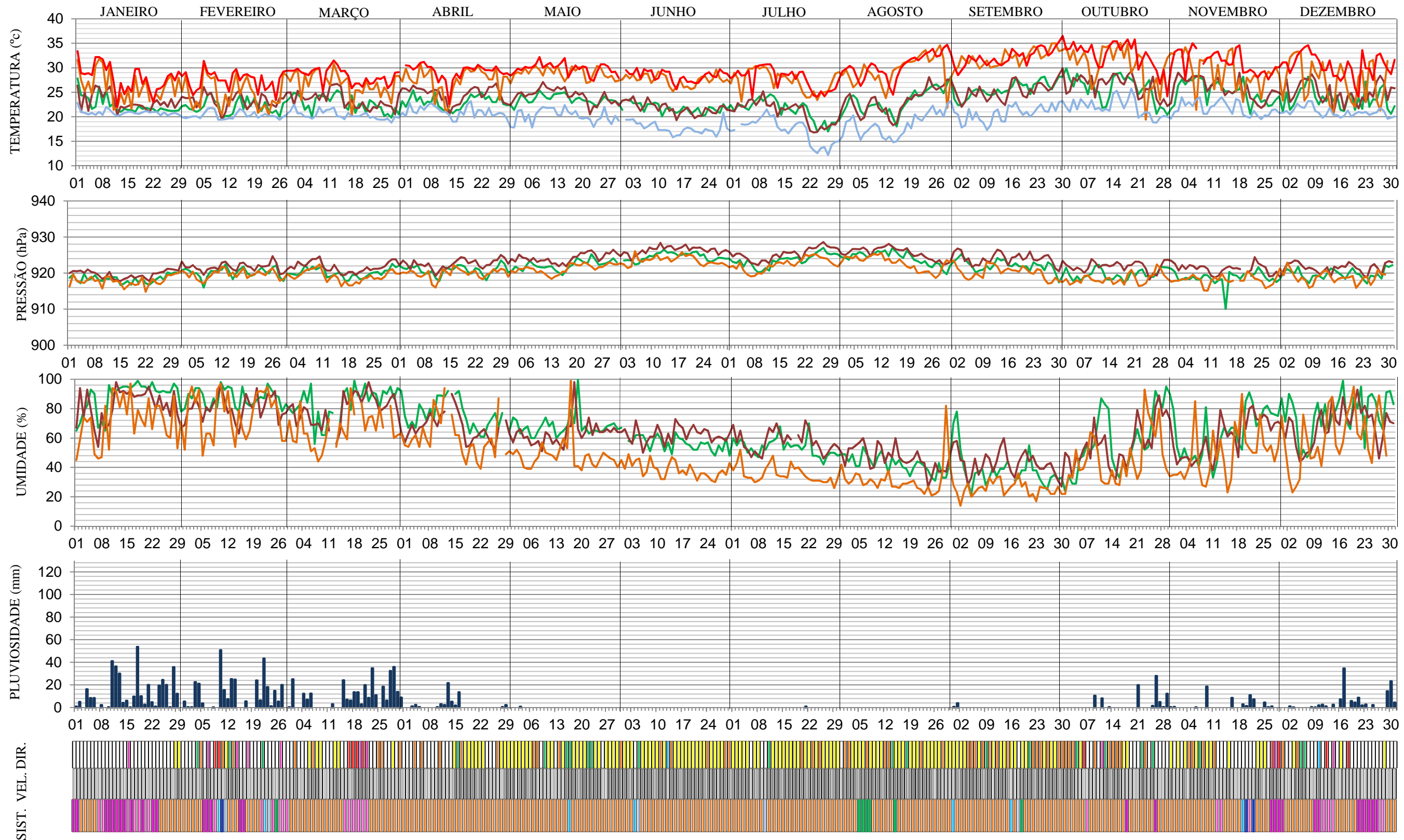
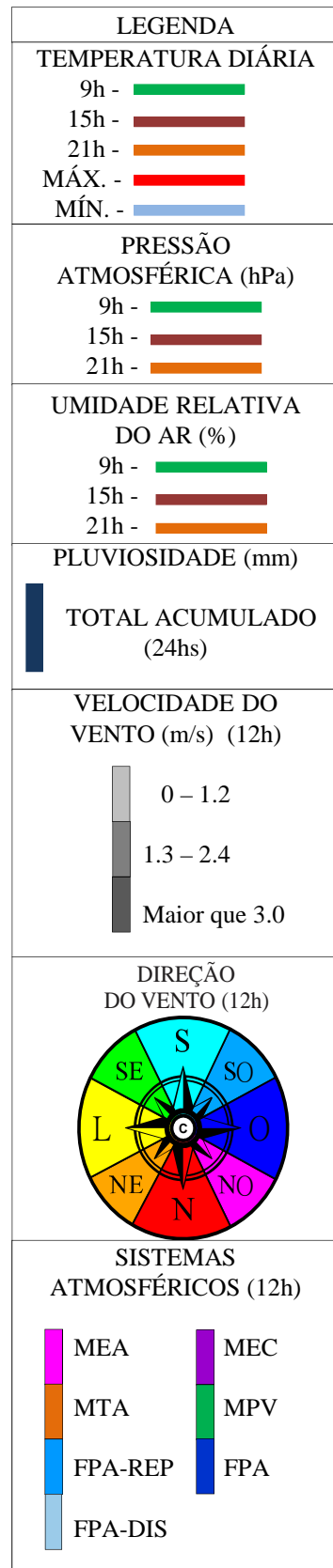
Fonte de dados: Instituto Nacional de Meteorologia - INMET

APÊNDICE G: ANÁLISE RÍTMICA DOS DADOS CLIMÁTICOS DO MUNICÍPIO DE POSSE (2001)



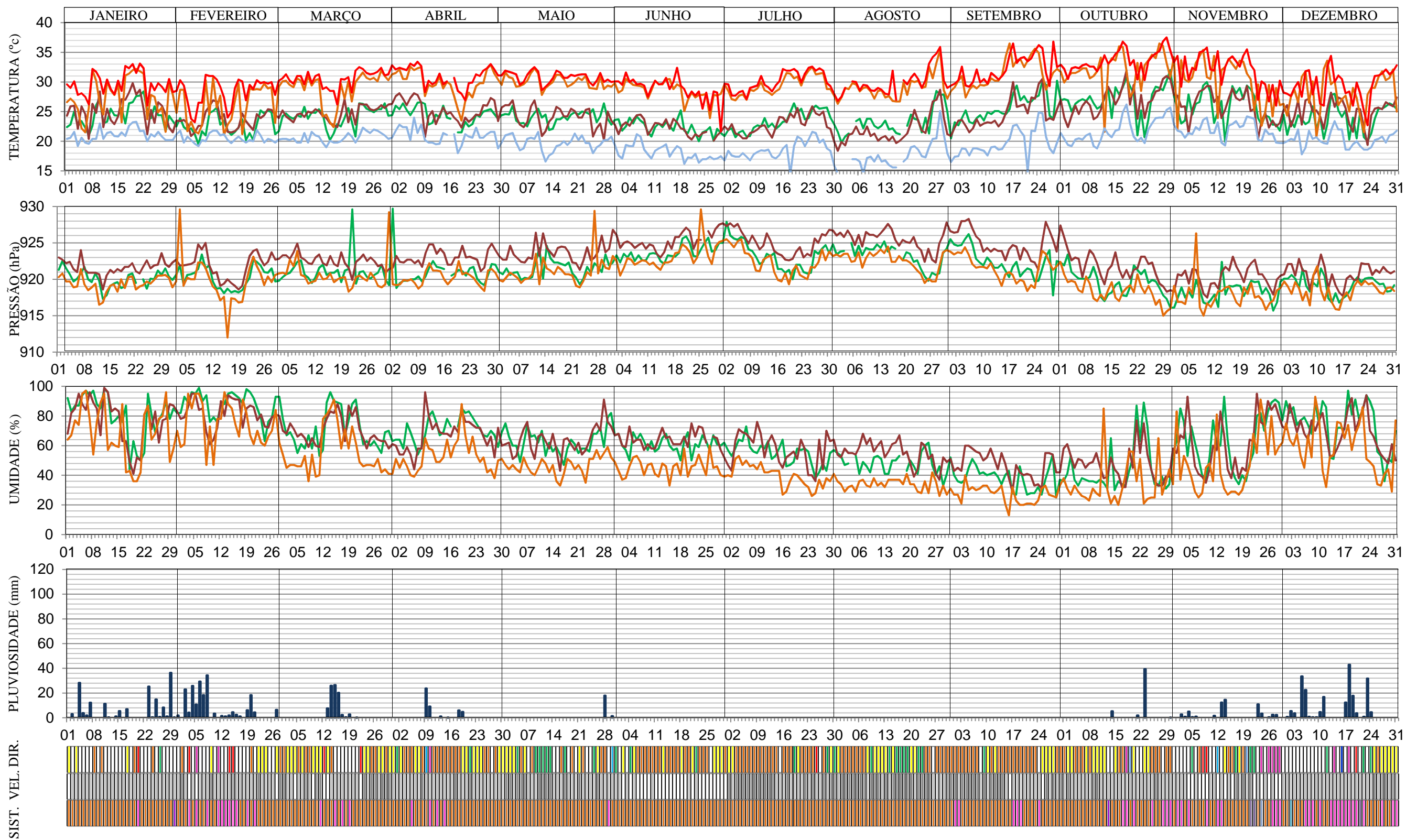
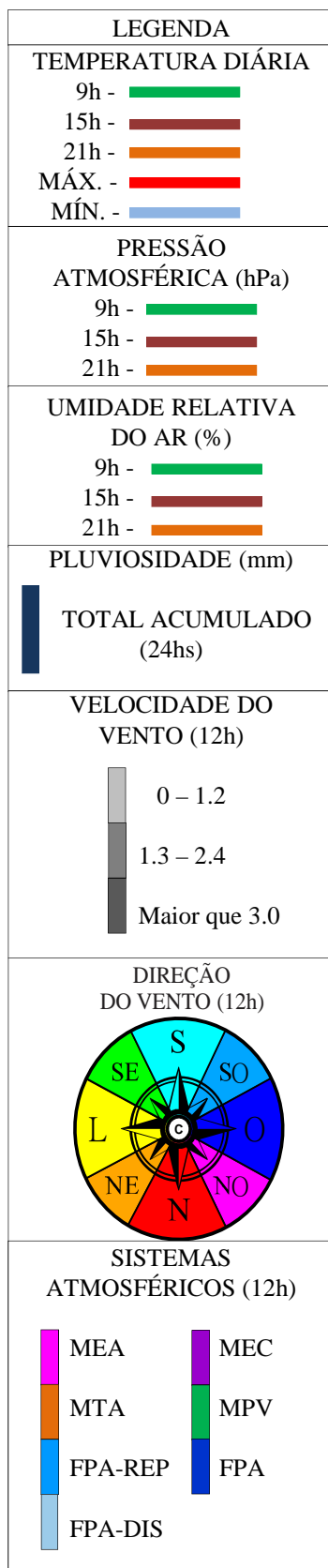
Fonte de dados: Instituto Nacional de Meteorologia - INMET

APÊNDICE H: ANÁLISE RÍTMICA DOS DADOS CLIMÁTICOS DO MUNICÍPIO DE POSSE (2004)



Fonte de dados: Instituto Nacional de Meteorologia - INMET

APÊNDICE I: ANÁLISE RÍTMICA DOS DADOS CLIMÁTICOS DO MUNICÍPIO DE POSSE (2007)



Fonte de dados: Instituto Nacional de Meteorologia - INMET

APÊNDICE J: Dados utilizados para identificação da atuação dos sistemas atmosféricos na gênese das chuvas em Peixe – TO em 2001, 2004 e 2007.

Sistemas	Participação dos Sistemas Atmosfericos - Peixe - TO (número de dias)													Sazonal				Anual
	Mensal												Verão	Outono	Inverno	Primavera		
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez						
Mec	3	1	2	2	1	0	0	0	0	1	0	0	6	3	0	1	10	
Fpa	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	2	
Fpa-Dis	0	0	0	0	1	0	0	1	0	2	0	0	0	1	1	2	4	
Fpa-Rep	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	4	0	4	
MPV	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	
Mta	21	17	22	23	26	29	31	29	21	16	24	26	60	78	81	66	285	
Mea	7	10	7	5	3	1	0	0	5	11	5	5	24	9	5	21	59	
Total	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	90	91	92	92	365	

Sistemas	Participação dos Sistemas Atmosfericos ma Gênese das Chuvas - Peixe - TO - (mm)													Sazonal				Anual
	Mensal												Verão	Outono	Inverno	Primavera		
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez						
Mec	62,8	0	0	6,3	0	0	0	0	0	0,8	0	0	62,8	6,3	0	0,8	69,9	
Fpa	0	0	0	0	0	0	0	0	5,6	0	18,6	0	0	0	5,6	18,6	24,2	
Fpa-Dis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0,2	0,2	
Fpa-Rep	0	0	0	0	0	0	0	0	9,9	0	0	0	0	0	9,9	0	9,9	
Mpv	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0,2	0,2	
Mta	46,1	78,6	176,6	33,7	16,1	0	0	0	0	106,8	102,4	190,3	301,3	49,8	0	399,5	750,6	
Mea	42,6	9,1	88	15,4	0	0	0	0	0	80,5	13,7	28,8	139,7	15,4	0	123	278,1	
Total	151,5	87,7	264,6	55,4	16,1	0	0	0	15,5	188,5	134,7	219,1	503,8	71,5	15,5	542,3	1133,1	

Sistemas	Participação dos Sistemas Atmosfericos - Peixe - TO (número de dias)													Sazonal				Anual
	Mensal												Verão	Outono	Inverno	Primavera		
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez						
Mec	18	5	3	4	0	0	0	0	0	14	7	18	26	4	0	39	69	
Fpa	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	2	3	
Fpa-Dis	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	2	0	3	
Fpa-Rep	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	4	
Mpv	0	4	1	0	0	0	0	5	1	0	0	0	5	0	6	0	11	
Mta	6	13	20	26	30	30	29	26	27	15	13	8	39	86	82	36	243	
Mea	7	4	7	0	0	0	0	0	1	2	7	5	18	0	1	14	33	
Total	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	91	91	92	92	366	

Sistemas	Participação dos Sistemas Atmosfericos ma Gênese das Chuvas - Peixe - TO - (mm)													Sazonal				Anual
	Mensal												Verão	Outono	Inverno	Primavera		
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez						
Mec	217,3	48,9	62,3	12,8	0	0	0	0	0	44	108,2	127,7	328,5	12,8	0	279,9	621,2	
Fpa	0	6,6	0	0	0	0	0	0	0	0	25,2	0	6,6	0	0	25,2	31,8	
Fpa-Dis	0	3,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,1	0	0	0	3,1	
Fpa-Rep	0	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27	0	0	0	27	
Mpv	0	3,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,5	0	0	0	3,5	
Mta	65,3	139,3	171,2	115,3	2,5	0	0	0	0	46	15,8	99,1	375,8	117,8	0	160,9	654,5	
Mea	67,2	57,6	62,6	0	0	0	0	0	1,7	3,2	26,3	33,7	187,4	0	1,7	63,2	252,3	
Total	349,8	286	296,1	128,1	2,5	0	0	0	1,7	93,2	175,5	260,5	931,9	130,6	1,7	529,2	1593,4	

Sistemas	Participação dos Sistemas Atmosfericos - Peixe - TO (número de dias)													Sazonal				Anual
	Mensal												Verão	Outono	Inverno	Primavera		
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez						
Mec	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	3	0	0	1	4	
Fpa	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	2	3	
Fpa-Dis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	
Fpa-Rep	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	0	0	4	4	4	
Mpv	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	
Mta	25	15	27	25	30	30	31	31	24	23	16	12	67	85	86	51	289	
Mea	3	13	4	4	1	0	0	0	6	7	9	16	20	5	6	32	63	
Total	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	90	91	92	92	365	

Sistemas	Participação dos Sistemas Atmosfericos ma Gênese das Chuvas - Peixe - TO - (mm)													Sazonal				Anual
	Mensal												Verão	Outono	Inverno	Primavera		
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez						
Mec	56,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	56,7	0	0	0	56,7	
Fpa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,8	0	0	0	0	0	6,8	6,8	
Fpa-Dis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0,1	0,1	
Fpa-Rep	0	0	0	0	0	0	0	0	0	33,8	0	0	0	0	0	33,8	33,8	
Mpv	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14,9	0	0	0	0	0	14,9	14,9	
Mta	151,2	150,9	57,3	51,7	0	0	0	0	4,4	84,9	22,6	85,4	359,4	51,7	4,4	192,9	608,4	
Mea	0	167,6	70,1	5	0	0	0	0	0	21,4	141,8	41,5	237,7	5	0	204,7	447,4	
Total	207,9	318,5	127,4	56,7	0	0	0	0	4,4	106,3	219,9	127	653,8	56,7	4,4	453,2	1168,1	

APÊNDICE K: Dados utilizados para identificação da atuação dos sistemas atmosféricos na gênese das chuvas em Taguatinga – TO em 2001, 2004 e 2007.

Participação dos Sistemas Atmosféricos - Taguatinga TO (número de dias)																	
Sistemas	Mensal												Sazonal				Anual
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Verão	Outono	Inverno	Primavera	
Mec	1	0	2	1	0	0	0	0	0	1	0	0	3	1	0	1	5
Fpa	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	2
Fpa-Dis	0	0	0	0	1	0	0	2	0	4	0	0	0	1	2	4	7
Fpa-Rep	0	0	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	4	0	4
Mpv	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mta	30	18	24	24	30	30	31	28	23	16	21	24	72	84	82	61	299
Mea	0	10	5	5	0	0	0	0	3	10	8	7	15	5	3	25	48
Total	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	90	91	92	92	365

Participação dos Sistemas Atmosféricos na Gênese das Chuvas - Taguatinga TO - (mm)																	
Sistemas	Mensal												Sazonal				Anual
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Verão	Outono	Inverno	Primavera	
Mec	15,9	0	9,7	0	0	0	0	0	0	5,6	0	0	25,6	0	0	5,6	31,2
Fpa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	14,2	0	0	0	0	14,2	14,2
Fpa-Dis	0	0	0	0	18,6	0	0	0,1	0	13,3	0	0	0	18,6	0,1	13,3	32
Fpa-Rep	0	0	0	0	0	0	0	0	4,6	0	0	0	0	0	4,6	0	4,6
Mpv	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mta	99,7	135,5	131,7	90,7	32,3	0,5	0	0	21,5	126,7	210,3	99,3	366,9	123,5	21,5	436,3	948,2
Mea	0	59,3	92,8	58,5	0	0	0	0	0	94,4	99,7	266,3	152,1	58,5	0	460,4	671
Total	115,6	194,8	234,2	149,2	50,9	0,5	0	0,1	26,1	240	324,2	365,6	544,6	200,6	26,2	929,8	1701,2

Participação dos Sistemas Atmosféricos - Taguatinga TO (número de dias)																	
Sistemas	Mensal												Sazonal				Anual
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Verão	Outono	Inverno	Primavera	
Mec	12	2	1	1	0	0	0	0	0	4	4	9	15	1	0	17	33
Fpa	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	2	3
Fpa-Dis	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	2	0	3
Fpa-Rep	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	3
Mpv	0	1	0	0	0	0	0	5	1	0	0	0	1	0	6	0	7
Mta	12	14	22	29	30	30	30	25	27	25	18	14	48	89	82	57	276
Mea	7	10	8	0	0	0	0	0	1	2	5	8	25	0	1	15	41
Total	31	29	31	30	31	30	31	30	31	31	30	31	91	91	92	92	366

Participação dos Sistemas Atmosféricos na Gênese das Chuvas - Taguatinga TO - (mm)																	
Sistemas	Mensal												Sazonal				Anual
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Verão	Outono	Inverno	Primavera	
Mec	276,7	50	1	24,1	0	0	0	0	0	8	43,8	36,2	327,7	24,1	0	88	439,8
Fpa	0	1,6	0	0	0	0	0	0	0	0	52,6	0	1,6	0	0	52,6	54,2
Fpa-Dis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Fpa-Rep	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mpv	0	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,8	0	0	0	0,8
Mta	229	234	189	193,9	4,8	0	6,2	25,3	4,3	137,8	5,2	82,7	652	198,7	35,8	225,7	1112,2
Mea	66	149,1	129,8	0	0	0	0	0	0	0,3	36,4	4,4	344,9	0	0	41,1	386
Total	571,7	435,5	319,8	218	4,8	0	6,2	25,3	4,3	146,1	138	123,3	1327	222,8	35,8	407,4	1993

Participação dos Sistemas Atmosféricos - Taguatinga TO (número de dias)																	
Sistemas	Mensal												Sazonal				Anual
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Verão	Outono	Inverno	Primavera	
Mec	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	2
Fpa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2	2
Fpa-Dis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1
Fpa-Rep	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2	2
Mpv	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
Mta	28	16	27	24	30	30	31	30	24	20	16	12	71	84	85	48	288
Mea	2	12	4	6	1	0	0	1	6	10	11	16	18	7	7	37	69
Total	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	90	91	92	92	365

Participação dos Sistemas Atmosféricos na Gênese de Chuva - Taguatinga TO - (%)																	
Sistemas	Mensal												Sazonal				Anual
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Verão	Outono	Inverno	Primavera	
Mec	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,3	0,0	0,0	0,6	0,0	0,0	1,2	0,8
Fpa	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,2	1,9	0,0	0,0	0,0	3,7	1,3
Fpa-Dis	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	10,8	0,0	0,0	0,0	4,2	1,5
Fpa-Rep	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	1,3	0,0	0,0	0,0	0,7	0,2
Mpv	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,1	0,0	0,0	0,0	0,0	6,3	2,3
Mta	97,3	54,3	98,8	74,9	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	74,7	26,4	19,2	72,9	85,8	0,0	26,0	56,3
Mea	0,0	45,7	1,2	25,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	57,0	66,7	26,5	14,2	0,0	57,9	37,4
Total	100	100	100	100	100	0,0	0,0	0,0	0,0	100	100	100	100	100	0,0	100	100

APÊNDICE L: Dados utilizados para identificação da atuação dos sistemas atmosféricos na gênese das chuvas em Posse – GO em 2001, 2004 e 2007.

Participação dos Sistemas Atmosfericos - Posse - GO (número de dias)																	
Sistemas	Mensal												Sazonal				Anual
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Verão	Outono	Inverno	Primavera	
Mec	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	3
Fpa	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	3
Fpa-Dis	0	1	0	0	1	0	0	2	0	2	0	0	1	1	2	6	
Fpa-Rep	0	1	0	0	0	0	0	1	3	0	0	0	1	0	4	5	
Mpv	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	
Mta	24	19	24	27	29	30	31	28	23	19	26	28	67	86	82	73	
Mea	7	7	5	2	0	0	0	0	3	9	3	3	19	2	3	15	
Total	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	90	91	92	92	

Participação dos Sistemas Atmosféricos na Gênese das Chuvas - Posse - GO - (mm)																	
Sistemas	Mensal												Sazonal				Anual
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Verão	Outono	Inverno	Primavera	
Mec	0	0	9,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9,2	0	0	9,2	
Fpa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	21,4	0	0	0	0	21,4	
Fpa-Dis	0	21,2	0	0	0	0	0	0	0	4,4	0	0	21,2	0	0	25,6	
Fpa-Rep	0	0	0	0	0	0	0	0	11	0	0	0	0	0	11	11	
Mpv	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mta	53,1	100	219	36,3	14,3	0,1	2,5	0	0,7	85,8	260,4	238,5	372,1	50,7	3,2	584,7	
Mea	8,3	5,3	119,1	0	0	0	0	0	0	87,6	25,2	26,4	132,7	0	0	271,9	
Total	61,4	126,5	347,3	36,3	14,3	0,1	0	0	11,7	177,8	307	264,9	535,2	50,7	14,2	1349,8	

Participação dos Sistemas Atmosfericos - Posse - GO (número de dias)																	
Sistemas	Mensal												Sazonal				Anual
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Verão	Outono	Inverno	Primavera	
Mec	12	5	0	0	0	0	0	0	0	2	4	10	17	0	0	33	
Fpa	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1	0	0	3	
Fpa-Dis	0	2	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0	2	1	2	5	
Fpa-Rep	0	2	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	2	2	2	7	
Mpv	0	1	0	0	0	0	0	5	1	0	0	0	1	0	6	7	
Mta	12	12	24	30	30	28	30	25	27	28	20	15	48	88	82	281	
Mea	7	6	7	0	0	0	0	0	0	1	3	6	20	0	0	30	
Total	31	29	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	91	91	92	366	

Participação dos Sistemas Atmosféricos na Gênese das Chuvas - Posse - GO - (mm)																	
Sistemas	Mensal												Sazonal				Anual
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Verão	Outono	Inverno	Primavera	
Mec	156,9	5,7	0	0	0	0	0	0	0	28	1,1	17,8	162,6	0	0	209,5	
Fpa	0	15,5	0	0	0	0	0	0	0	8,7	0	0	15,5	0	0	24,2	
Fpa-Dis	0	8,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8,7	0	0	8,7	
Fpa-Rep	0	68,9	0	0	0	0	0	0	0	2,8	0	0	68,9	0	0	71,7	
Mpv	0	5,4	0	0	0	0	0	0,7	0	0	0	0	5,4	0	0,7	6,1	
Mta	131,1	128,1	244,9	54,7	0,8	0	0,9	0	3,9	59,3	32	95,9	504,1	55,5	4,8	751,6	
Mea	91,1	78,8	71,9	0	0	0	0	0	0	10,9	6,1	241,8	0	0	17	258,8	
Total	379,1	311,1	316,8	54,7	0,8	0	0	0,7	3,9	87,3	55,5	119,8	1007	55,5	5,5	1330,6	

Participação dos Sistemas Atmosfericos - Posse GO (número de dias)																	
Sistemas	Mensal												Sazonal				Anual
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Verão	Outono	Inverno	Primavera	
Mec	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2	
Fpa	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	2	1	0	1	0	4	
Fpa-Dis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	
Fpa-Rep	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	3	3	
Mpv	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	
Mta	29	17	27	25	30	30	31	24	23	16	12	12	73	85	86	295	
Mea	1	11	4	4	1	0	0	0	6	7	9	16	16	5	6	59	
Total	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31	90	91	92	365	

Participação dos Sistemas Atmosféricos na Gênese das Chuvas - Posse GO - (mm)																	
Sistemas	Mensal												Sazonal				Anual
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Verão	Outono	Inverno	Primavera	
Mec	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0	0	0,3	
Fpa	0	0	0	23,8	0	0	0	0	0	0	11,9	0,7	0	23,8	0	36,4	
Fpa-Dis	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,5	0	0	5,5		
Fpa-Rep	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Mpv	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,4	0	0	0	3,4		
Mta	163,4	125,9	54,6	12,1	19,4	0	0	0	0	44,8	18,2	91	343,9	31,5	154	529,4	
Mea	0	71,6	31,6	9,1	0	0	0	0	0	2,2	25,1	106,2	103,2	9,1	133,5	245,8	
Total	163,7	197,5	86,2	45	19,4	0	0	0	0	47	58,6	203,4	447,4	64,4	309	820,8	