



# AS CHUVAS NO PARANÁ: VARIABILIDADE, TELECONEXÕES E IMPACTOS DE EVENTOS EXTREMOS

LINDBERG NASCIMENTO JÚNIOR

ORIENTADOR: JOÃO LIMA SANT'ANNA NETO



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP  
FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA – FCT  
CAMPUS DE PRESIDENTE PRUDENTE  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA

**Lindberg Nascimento Júnior**

**As chuvas no Paraná: Variabilidade,  
teleconexões, e impactos de eventos extremos**

Presidente Prudente  
Primavera de 2013

**Lindberg Nascimento Júnior**

**As chuvas no Estado do Paraná: Variabilidade,  
teleconexões e impactos de eventos extremos**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Estadual Paulista, Campus de Presidente Prudente para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Orientador: Prof. Dr. João Lima Sant'Anna Neto

Presidente Prudente  
Primavera de 2013

## **AGRADECIMENTOS**

No início e no final de cada etapa da vida sempre surgem momentos especiais de agradecimentos, gratidão, respeito, consideração e atenção. Essas etapas, quando unidas, formam a sucessão dos fatos em um período ou jornada, que refletem relações ente oportunidades, limites e possibilidades, com a presença singular de instituições e de pessoas.

Ambos os processos se intercambiam, dialeticamente e solidariamente, forças e energias que se expressam de alguma forma nas conversas, nas festas, nas aulas, nas orientações, no financiamento, e nas responsabilidades.

Assim, fica possível mensurar e equacionar a participação de instituições e pessoas, considerando o tempo (em anos e meses) nesses processos e ao mesmo tempo evidenciando nestes agradecimentos, a subdivisão entre especiais e mais que especiais.

Os agradecimentos especiais se referem às instituições e pessoas que acompanharam o processo desde a entrada no Programa de Pós-Graduação. Os agradecimentos mais que especiais formam o rol, de pessoas, que participaram de maneira direta na execução da pesquisa e da minha vida, em particular.

## **AGRADECIMENTOS ESPECIAIS**

À política de cotas da Universidade Estadual de Londrina, pela oportunidade de fazer um curso superior público, gratuito e de qualidade. E ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Unesp, Presidente Prudente, pela possibilidade de entrar e no curso de mestrado. Graças a essas instituições pude desenvolver cursos com merecida qualidade, num processo de formação contínuo, possível e proveitoso.

À FAPESP – Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do São Paulo (carinhosamente chamada de mamãe) pelo financiamento da bolsa regular na duração de dezenove meses, e de uma bolsa de estágio de pesquisa no exterior na duração de seis meses. Essas duas bolsas permitiram a conclusão desta etapa no tempo relativamente longo e, com a apresentação de resultados de pesquisa bastante significativos.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa nos primeiros meses de desenvolvimento de atividades junto ao curso de mestrado. Apesar do primeiro atraso, foi esta bolsa que possibilitou confirmação da decisão de mudança de cidade e de vida.

Aos componentes da banca de qualificação: Prof. Dr. Tércio Ambrizzi (Meteorologista, Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da



Universidade de São Paulo) e Prof. Edilson Ferreira Flores (Estatístico, do Departamento de Matemática, Estatística e Computação, da FCT/UNESP, Campus de Presidente Prudente), que gentilmente se dispuseram e saíram do conforto de seus lares e das responsabilidades de seus departamentos, para examinar este trabalho.

Ao Prof. Vincent Dubreuil (Geógrafo, *Laboratoire du Climat et occupation du sol par télédétection - COSTEL; Université Rennes 2*), pela supervisão no estágio no exterior e pela disponibilidade sempre atenta à apreensão daquela nova realidade nacional. As técnicas, as aulas e os processamentos vivenciados nesse período proporcionaram resultados que protagonizam esta dissertação.

Aos professores do Programa de Pós em Geografia, especialmente Profa. Margarete (Margô), Prof. João Osvaldo (J.O), Prof. Edson Pirolli e Profa. Maria Cristina Perusi, que além de ofeta de excelentes disciplinas, propiciaram boas conversas e risadas em corredor. A proximidade entre docentes e discentes se destaca neste programa e, vocês formam o exemplo disso.

Às mestras que indicaram o caminho da pesquisa em geografia, e o caráter transformador da ciência geográfica – Profa. Angêla Massumi Katuta e Profa. Eliane Tomiasi Paulino (Geógrafas, Departamento de Geografia da UEL).

À Profa. Deise Ely (Geógrafa, Departamento de Geografia UEL), que além de direcionar os estudos pra climatologia geográfica, participou de maneira direta para o entendimento do papel do clima na geografia, e o papel da geografia no estudo do clima.

Aos amigos que fiz aqui em Presidente Prudente, inicialmente aos amigos do Grupo de Pesquisa Interações na Superfície Terrestres, Água e Atmosfera - GAIA - os quais promoveram não só ambientes de trabalhos de pesquisa divertidos, descontraídos, que possibilitaram discussões, risadas, conversas, mas, também, debates sobre a geografia e a pesquisa.

Ao Vinicius Carmello – Cirso; Nubia Armond – Nubita; Francisco Cursino – Chicão; Paulo Cesar Zangalli Jr. – Junin; Karime Pechutti Fante – Karimão; Tainá Suizu; Lais Jerônimo de Santi – Laia (engenheira ambiental); Miriam Silvestre Rodrigues (Estatística); Melina Fushimi – Melys; Érika Nesta; José Carlos Ugeda Júnior; Iago Barbosa; Iury Tadashi Simas; Agnaldo Nascimento; Maria Natalina e; Fernando Heck (esses três últimos em processo de hibridização) e; mais recentemente, Diego; Camila; Mayara; Washington; Jorge; Bruno; Daniele Frasca e; Vinicius Mendonça: vocês me fazem concluir que o trabalho de pesquisa no GAIA é muito mais coletivo do que individual.

Aqueles que formam o conjunto das festas, cafés, e bate papo na esquina da central dos grupos de pesquisa: Danilo Alcântara (esse desde minha graduação), Wagner e Edna Amorim, Jônatas, Fernanda Rossato, Nino, Guilherme, Simão, Flávio, Marioto, Renata, Lucinete, Natália, Andrea, Rafael e Raquel Catão, Cláudio, Cintia (Tintin), Daiane.

Aos que conheci e firmei história, conversas em festas e eventos na pós-graduação e em Prudente e, devido às etapas de suas jornadas nos vemos hoje praticamente pelas redes sociais: Oscar Buitrago, Sorena Rodrigues, Leda, Heitor, Gledson, Cinthia Lins, Juscelino (bixo réi nojento), Tatiane Vinhal e Wagner Batella, Djoni Ross, Priscila Vargas, Cintia Minaki, Eduardo Moraes

À Miriam Silvestre Rodrigues (Estatística, do Departamento de Matemática, Estatística e Computação, da FCT/UNESP, Campus de Presidente Prudente), pelo ensinamento das técnicas estatísticas.

À Heloisa de Carmargo Tozato (Bióloga, Doutoranda em Ciência Ambiental da Universidade de São Paulo e em Geografia na *Université de Rennes 2*), pela recepção em Rennes e participação em todas as etapas do estágio, bem como, na indicação dos *softwares* e modelos estatísticos utilizados.

Ao Paulo Cesar Zangalli Jr – Junin (Geógrafo, Grupo de Pesquisa GAIA), pela ajuda no *word* no que tange às referências cruzadas.

À Marine Dubos-Raul (Geógrafa, doutoranda em Geografia da Univisité Paris 8 e FCT/UNESP, Campus Presidente Prudente), pela correção do resumo em francês.

À Maria Paula (Arquiteta), que além da amizade recente, possui o mérito da elaboração da capa.

À Katia Spinelle (Geógrafa, mestre em Geografia pela Universidade Federal de Santa Catarina), pela indicação de alguns parâmetros estatísticos.

À Margarete - Marga, Marcia, Cinthia, André, Carina e Ivonete (funcionários da FCT/UNESP, Campus Presidente Prudente), pela contribuição num ambiente univesitário com café, e com mais risadas.

À mes amis que j'ai fait la conaicante em Rennes - France, que de temps en temps j'ai vu qu'ils ont été ma famille labas. Maintenant, je peux bien y aller a quelque pays pour les recontrer – Simon, Cristina, Friederike, Yi-ling, Almuddi, Antoine, Ba Mamadou, Zoe Hill, Monika, Ludia, Julia, Jula. Além dos especialmente brasileiros Marina, Heloisa e Guilherme e Flávia, que nos momentos de mais desespero estavam lá.

Et aussi, les français a Paris: Mathias – Zé, Alice, Thomaz, Audrey, Julien e Ariane. À Paris vous étiez tout jour les très simpatiques, et faisant de cette métropole et particulièrement Saint Denis était plus agréable. Merci a vous.

E aqueles não geógrafos e que estão aqui dentro da memória: Bhárbara Santos, Bianca e Barbara Mantonvani e Antony Santucci. Ao Thiago Barcelos, Fernando Magre, Isaque Ribeiro, Mariane, Dídía, Rodrigo, ou resumidamente, a Galera do Coral, que são razão de risadas e espaços com música e canto.

### **AGRADECIMENTOS MAIS QUE ESPECIAIS**

Ao Sant'Anna Neto, cientista e professor, que orientou este estudo, e dimensionou cada problemática com bastante disponibilidade, paciência, atenção, paridade e esforço para o encaminhamento das atividades de pesquisa com mais ânimo. A tentativa e dedicação para produção de um trabalho na Geografia do Clima é destinada ao senhor.

Ao amigo, conselheiro e, por vezes, na função de pai, João Lima, que conseguiu aumentar a minha admiração, respeito e consideração por um geógrafo completo e comprometido com a ciência e com as pessoas.

Ao Cirso, cuja dedicação de amizade me faz pensar que em oito anos não vivi quase nada separado de você. Amigo, parceiro, irmão, leitor e corretor dos textos e *abstracts*, que na tentativa de uma vida menos sofrida, sua função na minha vida é singular.

Ao Heck, que apesar de conhecer de vista há sete anos, só mesmo nestes três últimos podemos ter uma relação de amizade. Os churrascos e o violão fazem sentido quando você é o churrasqueiro e tocador.

Ao Agnaldo, por ser claro e objetivo como sempre é, e por ter um coração enorme. A consolidação de nossa amizade aqui em Prudente me faz recordar de tempos passados na UEL e, ter esperança nos destinos futuro.

A Nubia– a carioca mais raXgada, que além de abrir os meus olhos teoricamente para algumas abordagens e afirmações textuais, contribuiu para almagamação do laboratório e, particulamente, na minha vida fez olhar coisas simples, mas sempre rápidas, com razão e coração.

À Melys, que desde os congressos já indicava como deveria fazer a prova no processo setivo e, já demonstrava o companheirismo evidenciado nestes últimos anos

no programa. Além disso, foi a pessoa essencial para busca de moradia no início do período.

À Karimão, que nas suas horas de *bad* me faz mais rir do que ter condições de ajudá-la. Equando fala sério, olha tão no fundo do olho que expressa a relação de sua amizade de uma maneira ímpar e apaixonante.

De outra forma, a Tainá, a melhor globeleza e dançarina do Faustão, que já vi e que também é apaixonante - no jeito e na atenção, e possui um limite marcado, que faz querer cuidar, até hoje não consigo entender a resitência e a continuidade nas danças, sendo estimulada somente pelos ritmos musicais- especialmente axé, samba, forró e sertenejo.

À Silmara, que mais hiperativa só um menino de cinco anos chamado Matheus... rrsrsr, consegue gestar coisas simples e extremamente importantes para nossa vida. À Natalina e ao Jota, que além de darem mais motivos pra dar risadas, têm consolidado uma relação de parceria, almoços, festas cada vez com maior intensidade.

Aos casais: Natacha e Joãzinho, Marine e Mauro, Letícia e Marcio, Natália e Diego, desculpem, mas não consigo pensar em vocês como pessoas distintas, na minha razão vocês formam uma pessoa.

Aos amigos permanentes da graduação e da vida em Londrina: Douglas (Timburi); Felipe (Chamadinha); Felipe Paiva (Sorriso); Juliana (Ju); Luis Jerônimo (Gerso); Carlos Lopes (Carlão); Mariana Nardy; Isabel (Bel) e; Gustavo (Sussego), esses dois últimos ainda que morem em São Paulo, continuam vinculados em territorialidades londrinenses. Mesmo pela distância relativa e o tempo sem nos ver, ainda continuo com sensação de vê-los sempre. A proximidade, a amizade, as risadas, a consideração e o orgulho pelos êxitos adquiridos após de 2011 me faz refletir sobre os bons laços de amizade que construímos.

À Thábata (Thauba) e Kerem Hapuque (Puk), por serem minhas irmãs negras e cantantes e, por sempre demonstrar alguma preocupação, que coincidia de forma coerente com as situações do meu cotidiano.

À Moj Kotek, pour être apparu dans ma vie ces derniers mois, et transformer ma vie à Rennes plus attentionnés et amusant. Cocham Cie Cherie. Moje życie jest lepsze z tobą.

À minha família (mainha, painho, vovô, vovó, tios, tias, primos e primas e o sobrinho Fabrízio) que mesmo na distância e, no não entendimento de um curso de pós-



graduação, ainda é base e dedicação que tenho para execução de trabalho e esperança no futuro.

A todos vocês, muito obrigado. Eu amo vocês

## RESUMO

O objetivo desta dissertação é analisar a variabilidade das chuvas no Estado do Paraná, considerando duas dimensões analíticas: a) a influência espaçotemporal da Oscilação Decadal do Pacífico e; b) as repercussões dos impactos dos eventos extremos. As séries históricas utilizadas foram de 1947 a 2011 e de 1976 a 2011, com dados de 63 postos pluviométricos distribuídos por todo o estado. Os dados primários se referem aos valores mensais de chuva e número de dias com chuva agrupados nas escalas trimestrais, sazonais e anuais. Foram utilizadas técnicas estatísticas para cálculo da variabilidade, observação de tendências, rupturas, correlações lineares, e técnicas geostatísticas para processos de interpolação espacial. Além das oscilações e dos índices climáticos das teleconexões, foram utilizados, também, dados e informações de desastres da Defesa Civil, de Produção Agrícola e de vazão fluvial dos rios Tibagi, Ivaí, Piquiri e Iguaçu. Os impactos foram relacionados tanto em relação à influência da ODP, quanto às chuvas e aos eventos extremos de chuva, discutindo-os sob o viés de três dimensões do território, com a abordagem da Geografia do Clima. Os resultados indicaram correlações significativas para chuva no outono, primavera e na escala anual. Para os números de dias com chuva as correlações foram positivas, principalmente na primavera. Na análise espacial, correlações positivas foram detectadas no oeste e noroeste, e negativas no leste e litoral do estado. Nas análises de rupturas e tendências, os dados apresentaram o período de 1990 a 1995 como o principal momento de transição dos valores de pluviométricos e, de 1990 a 2003 para os números de dias com chuva, com recorde para o ano de 1992. As observações indicam que temporalmente existe uma tendência de concentração de chuvas nos últimos 36 anos no Paraná. Com relação aos impactos das chuvas, são os municípios da porção sul, em especial, os da Mesoregião Sudoeste e Oeste que apresentam os maiores níveis de vulnerabilidade à diminuição da precipitação. Enquanto que os desastres associados ao aumento da precipitação e as chuvas intensas atingem o estado como um todo, com destaque regional somente para Mesoregião Metropolitana de Curitiba. Abordados na perspectiva da Geografia do Clima, os resultados apontaram diferentes níveis de vulnerabilidade à chuva no Paraná, produzidos segundo o ordenamento territorial, o contexto regional e a história do Estado. Os dados corroboram para o melhor entendimento das gêneses das chuvas para o mundo tropical e subtropical em geral, e para o Paraná, em particular, bem como para os estudos sobre os impactos regionais e locais das mudanças climáticas e, a influência das teleconexões de baixa frequência na variabilidade climática, além do entendimento do clima como produto natural e social.

**Palavras-chave:** Precipitação; Variabilidade; Oscilação Decadal do Pacífico; Impactos; Estado do Paraná.

## ABSTRACT

This dissertation's aims to analyze the Paraná State rainfall variability. It was considered two analytical dimensions: a) the Pacific Decadal Oscillation influence, and b) the extreme events impacts. With two rainfall data series - from 1947 to 2011 and from 1976 to 2011, it was utilized 63 stations distributed throughout the Paraná state. This data refers to the monthly rainfall and the number of days with rain - NDC. This data were grouped in trimester, seasonal and annual series. With techniques statistics it was calculate the variability, observing trends, rupture, linear correlations and geostatistics - to spatial interpolation processes. Besides fluctuations and teleconnections index, it was data and information disaster in civil defence, agriculture production and Tibagi, Ivaí, Piquiri and Iguaçu rivers flows. The impacts were related both in relation to ODP influence, and to extreme rainfall events. The impacts were discussed them three territory dimensional and the Geography of Climate approach. The results indicated significant correlations for rainfall in spring, autumn and annual scale, and spring to NDC series. In spatial analysis, some positive correlations were found in the west and northwest, and negative in the east and the coastal. In the rupture analysis, the period of 1990 by 1995 as the main transition to rainfall, and 1990 by 2003 to NDC, with a record for the year 1992 in both of them. The observations indicate that there is temporal rainfall trend concentrated in the last 36 years in Paraná State. The rainfall impacts, it was the southern portion, especially the Southwest and West has the highest vulnerability levels to reduced rainfall. While the disasters associated with precipitation increased and heavy rains hit the state as a whole, highlighting regional only Curitiba Metropolitan Region. Addressed in the geography climate perspective this results showed different levels of vulnerability to rain in Parana. This level are produced inside the territorial and regional arrangement and history context. The results corroborate the better understanding to rainfall genesis in the tropical and sub-tropical areas and to Paraná State. As well as studies on the regional and local impacts of climate change, and the teleconnections influence of low-frequency variability. In addition to the understanding to climate as natural and social product.

**Keywords:** Rainfall; Variability, Pacific Decadal Oscillation; Impacts; Paraná State.

## RESUMÉ

L'objectif de ce mémoire est d'analyser la variabilité des précipitations dans l'État du Paraná. Deux dimensions analytiques ont été prises en considération : a) l'influence spatio-temporelle de l'Oscillation Décennale du Pacifique - ODP; et b) l'impact des événements extrêmes. Les séries de données historiques de 1947 à 2011 et de 1976 à 2011 ont été utilisées, conjointement aux données de 63 stations pluviométriques réparties dans tout l'État. Les données brutes font référence aux précipitations mensuelles et au nombre de jours de pluie – NDC, qui ont été ensuite regroupées aux échelles trimestrielles, saisonnières et annuelles. Des techniques de statistiques classiques ont été utilisées pour calculer la variabilité, observer les tendances, les ruptures, les corrélations linéaires et des techniques géostatistiques pour les processus d'interpolation spatiale. Outre les indices climatiques des téléconnexions climatiques, ont été utilisées également les données et les informations des catastrophes enregistrées par la Défense Civile, les données de production agricole et du débit des fleuves Tibagi, Ivaí, Piquiri et Iguaçú. Les impacts des pluies ont été mis en relation à la fois par rapport à l'influence de l'ODP, et également en fonction des pluies et des événements de précipitations extrêmes. Ces impacts ont été envisagés à travers une discussion basée sur un modèle tridimensionnel du territoire et par l'approche de Géographie du Climat. Les résultats ont montré des corrélations significatives concernant les précipitations de printemps, d'automne et à l'échelle annuelle. Les valeurs de corrélations positives en NDC ont été observées principalement au printemps. Par l'analyse spatiale, des corrélations positives ont été remarquées dans l'ouest et le nord-ouest, et négatives dans l'est et le littoral de l'État. Pour ce qui est de l'analyse de tendances et de ruptures, les données ont montré les années 1990-1994, comme étant la principale période de transition des valeurs pluviométriques et les années 1990-2003, en NDC, avec un record pour l'année 1992. Les observations indiquent qu'il y a une tendance temporelle de concentration de précipitations au cours des 36 dernières années dans l'État du Paraná. En relation avec les impacts des précipitations, et des événements extrêmes, ce sont principalement les municipes de la Mésorégion Sud-Ouest et Ouest de l'État qui présentent les niveaux les plus importants de vulnérabilité à la diminution des précipitations. Alors même que les catastrophes liées à l'augmentation des précipitations et de fortes pluies ont frappé l'État dans son ensemble, en soulignant la région métropolitaine de Curitiba. En privilégiant une approche par la Géographie du Climat, les résultats ont mis en évidence différents niveaux de vulnérabilité aux précipitations dans l'État du Paraná, qui se réalise dans un contexte d'organisation territoriale ainsi que dans un contexte régional et historique de l'État. Les résultats contribuent à une meilleure compréhension de la genèse des précipitations dans les pays tropicaux et sub-tropicaux en général et en particulier de l'État du Paraná. Tout comme les études sur les impacts régionaux et locaux du changement climatique, et l'influence de téléconnexions climatiques de basse fréquence dans la variabilité du climat. En plus de la compréhension du climat comme un produit naturel et social.

**Mots-clés:** Précipitation, Variabilité, L'Oscillation Décennale du Pacifique, Impacts, L'État du Paraná.

### LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma de encaminhamentos metodológicos.....	18
Figura 2 - Lógica e estrutura para representação dos impactos no território. ....	20
Figura 3 - Representação esquemática da direção preferencial das massas de ar na Bacia do Paraná.....	27
Figura 4 - Regionalização da precipitação no Paraná, segundo Maack (1981), Nery et al. (1997), IAPAR (2000) e Nogarolli (2007). ....	30
Figura 5 - Configuração espacial das anomalias de TSMs no Pacífico Tropical.....	58
Figura 6 - Variabilidade anual do IOS e das TSMs na região do Niño 3.4 com base no desvio padronizado das médias mensais, segundo Walker e Bliss (1932) e Trenberth e Stepaniak (2000). ....	58
Figura 7 - Variabilidades dos IODP mensal (barras azul) e anual (linha preta), segundo Mantua e Hare (1997).....	60
Figura 8 - Configuração espacial das TSMs na fase Negativa - Fria (à direita) e Positiva – Quente (à esquerda) da Oscilação Decadal do Pacífico. ....	61
Figura 9 - Mapeamento dos impactos globais do fenômeno ENOS no trimestre de verão (DJF). ....	64
Figura 10 - Variabilidade mensal do Índice Multivariado do ENOS (barras na cor azul) e IODP anual (linha na cor preta).....	66
Figura 11 - Anomalia da precipitação média no Brasil nos trimestres de JJA e DJF sob ODP- (1948 a 1976), ODP+ (1977 a 1998) e ODP (1999 a 2011).....	68
Figura 12 – Postos pluviométricos com série histórica de 1976 a 2011 e a rede de postos no Paraná.....	73
Figura 13 – Variabilidade trimestral das chuvas e do IODP anual – 1947 a 2011.....	87
Figura 14 - Variabilidade trimestral dos NDC e do IODP anual – 1947 a 2011.....	88
Figura 15 - Variabilidade sazonal das chuvas e dos NDC e do IODP anual – 1947 a 2011.....	89
Figura 16 - Variabilidade interanual das Chuvas e dos NDC e do IODP – 1947 a 2011.....	90
Figura 17 - Variabilidade quinquenal das Chuvas e dos NDC e do IODP – 1947 a 2011.....	91
Figura 18 - Variabilidade decadal das Chuvas e dos NDC – 1947 a 2011. ....	91
Figura 19 - Variabilidade trimestral das Chuvas e IODP anual – 1976 a 2011. ....	95
Figura 20 - Variabilidade trimestral dos NDC e IODP anual – 1976 a 2011.....	96
Figura 21 - Variabilidade sazonal das Chuvas e dos NDC, e IODP anual – 1976 a 2011.....	97
Figura 22 - Variabilidade interanual das Chuvas e dos NDC, e IODP anual – 1976 a 2011.....	98
Figura 23 - Variabilidade quinquenal das Chuvas e dos NDC, e IODP anual – 1976 a 2011. ...	99
Figura 24 - Variabilidade decadal das Chuvas e dos NDC, e IODP anual – 1976 a 2011.....	99
Figura 25 - Rupturas observadas nas séries históricas pluviométricas – 1976 a 2011.....	100
Figura 26 - Rupturas observadas nas séries histórica dos NDC – 1976 a 2011.. ....	101
Figura 27 - Tendências lineares nas Chuvas e os NDC – 1976 a 2011.....	104
Figura 28 - Desvio trimestral da diferença das chuvas - CHA em fases distintas da ODP.....	107
Figura 29 - Desvio trimestral da diferença de NDC em fases distintas da ODP.....	107
Figura 30 - Desvio sazonal da diferença pluviométricas e NDC em fases distintas da ODP. ..	109
Figura 31 - Desvio anual da diferença pluviométrica e dos NDC em fases distintas da ODP..	110
Figura 32 - Variação espaçotemporal dos NDVI na Estação Menos Chuvosa de 2006 e 2009 e na Estação Chuvosa de 1999-00 e 2009-10.....	122
Figura 33 - Variação espaçotemporal da diferença dos NDVI com padrão Úmida - Seca. ....	123
Figura 34 - Notificações de desastres relacionados à diminuição das precipitações.....	124
Figura 35 - Notificações de desastres relacionados ao aumento das precipitações.....	129

### LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Postos pluviométricos selecionados com série histórica de 1947 a 2011. ....	74
Tabela 2 - Postos pluviométricos selecionados com série histórica de 1976 a 2011. ....	75
Tabela 3 - Ocorrência mensais de La Niña (cor azul) e El Niño (cor vermelha). ....	77
Tabela 4 - Procedimentos para classificação dos anos e estações-padrão.....	82
Tabela 5 - Parâmetros geoestatísticos para interpolação dos Valores de $\alpha$ . ....	85
Tabela 6 - Parâmetros geoestatísticos para interpolação dos Coeficientes de Pearson. ....	85



Tabela 7 - Parâmetros geoestatísticos para interpolações dos valores sazonais.....	86
Tabela 8 - Síntese das tendências e alterações pluviométricas (CHA) e nos NDC .....	106
Tabela 9 - Coeficientes de determinação de Pearson para CHA e NDC x IODP. ....	111
Tabela 10 - Tipificação dos desastres notificados no Paraná – 1980 a 2011. ....	115
Tabela 11 - Desastres notificados no Paraná segundo unidade espacial. ....	116
Tabela 12 - Coeficientes de correlação para as os valores de vazões e os índices utilizados. ..	136
Tabela 13 - Coeficientes de correlação para culturas nas mesorregiões do Paraná. ....	138
Tabela 14 - Coeficientes de determinação $r^2(\%)$ para as médias das culturas observadas.....	139

#### LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Variação anual dos anos-padrão habitual a extremos para chuvas (5a) e NDC (5b) – 1947 a 2011. ....	93
Quadro 2 - Variação anual dos anos-padrão para os valores de chuva e dos NDC – 1976 a 2011. ....	114
Quadro 3 - Desastres sazonais associados à redução das precipitações. ....	116
Quadro 4 - Variação interanual das Estações Menos Chuvosa para CHA e NDC – 1976 a 2011. ....	118
Quadro 5 – Variação interanual das Estações Chuvosa para CHA e NDC – 1976 a 2011 .....	119
Quadro 6 - Desastres sazonais associados à redução das precipitações. ....	125
Quadro 7 - Desastres notificados nas Estações Menos Chuvosa e Chuvosa - Padrão Seco.....	127
Quadro 8 - Desastres sazonais associados ao aumento das precipitações na EMC. ....	131
Quadro 9 - Desastres sazonais associados ao aumento das precipitações na EC. ....	132
Quadro 10 - Desastres associados às precipitações na Estação Menos Chuvosa - Padrão Úmido. ....	133
Quadro 11 - Desastres associados às precipitações na Estação Chuvosa - Padrão Úmido. ....	134
Quadro 12 - Matriz de impactos relacionados à ODP e aos eventos extremos de chuva no Paraná. ....	143

#### LISTA DE COLEÇÃO DE MAPAS

Coleção de Mapas 1 - Rupturas observadas nas escalas temporais observadas no Paraná – 1976 a 2011. ....	103
Coleção de Mapas 2 – Tendências espacotemporais na chuva e nos NDC – 1976 a 2011.....	105
Coleção de Mapas 3 – Espacialização dos coeficientes de Pearson para IODP x CHA e NDC. ....	112
Coleção de Mapas 4 - Impactos sazonais das chuvas e dos NDC no estado do Paraná.....	121

## SUMÁRIO

<b>1. Introdução.....</b>	<b>15</b>
<b>2. Encaminhamentos Metodológicos .....</b>	<b>18</b>
<b>3. Justificativa do tema e universo de análise .....</b>	<b>23</b>
3.1 As chuvas no Paraná: gênese, produção e distribuição espaçotemporal .....	24
3.2 Variabilidade e alterações associadas ao Oceano Pacífico .....	34
<b>4. Procedimentos Teóricos, Analíticos e Metodológicos .....</b>	<b>38</b>
4.1 A natureza das abordagens .....	38
4.2 Abordagem teórico-metodológica .....	38
4.3 As escalas de análise: o regional e a variabilidade.....	41
4.4 Os eventos extremos: conceito e dimensões escalares .....	44
4.5 O estudo da variabilidade com base nas teleconexões climáticas.....	50
4.6 Componentes oceânicas da variabilidade e suas teleconexões .....	53
4.6.1 <i>O El Niño Oscilação Sul</i> .....	56
4.6.2 <i>A Oscilação Decadal do Pacífico</i> .....	59
4.6.3 <i>Repercussões dos modos interanuais e decadais do Oceano Pacífico</i> .....	62
4.7 Os dados, as técnicas e as representações gráficas e cartográficas .....	73
4.7.1 <i>A rede de postos e as séries temporais utilizadas</i> .....	73
4.7.2 <i>Procedimentos e técnicas estatísticas para análise temporal</i> .....	78
4.7.3 <i>Critérios para análise espacial</i> .....	84
4.7.4 <i>Outras representações</i> .....	86
<b>5. Análise da variabilidade das chuvas e do número de dias com chuva .....</b>	<b>87</b>
5.1 A variabilidade das chuvas e dos NDC de 1947 a 2011 .....	87
5.2 Variabilidade dos anos-padrão habituais e extremos – 1947 a 2011 .....	92
5.3 A variabilidade da Chuva e dos NDC de 1976 a 2011.....	95
5.4 Rupturas, tendências e alterações em CHA e NDC – 1976 a 2011.....	100
5.5 A variabilidade das chuvas associada aos padrões ODP.....	107
5.5.1 <i>Desvios da diferença das Chuvas e dos NDC em fases distintas da ODP107</i>	
5.5.2 <i>Correlações lineares para o período de 1976 a 2011</i> .....	111
5.6 Variabilidade dos anos-padrão habituais a extremos .....	113
<b>6. Análise dos impactos associados às chuvas no Paraná .....</b>	<b>115</b>
6.1 O impacto da variabilidade sazonal no Território .....	116
6.2 A dimensão social do Território .....	124
6.2.1 <i>Impactos associados à redução das precipitações</i> .....	124
6.2.2 <i>Impactos associados ao aumento das precipitações e de chuvas intensas</i> 128	
6.3 A dimensão natural do Território: Impactos nos ambientes fluviais.....	135
6.4 A dimensão econômica do Território: impactos na produtividade agrícola ..	137
<b>7. Considerações finais.....</b>	<b>140</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>143</b>

## 1. Introdução

As mudanças climáticas globais têm representado nas últimas décadas um dos principais temas de investigação da ciência global, pois afetam e dimensionam não somente as instâncias ambientais e atmosféricas, mas também as econômicas, sociais, políticas e culturais.

Como o fenômeno climático é dinâmico e possui alguns mecanismos ainda pouco conhecidos, os estudos direcionados para detecção da mudança climática têm valorizado e proporcionado a (re)descoberta de outros elementos, fatores, processos e padrões climáticos.

A busca pelo entendimento desses elementos tem auxiliado na verificação das mudanças climáticas (independente de sua causa ou gênese), na definição de componentes da variabilidade climática, e no conhecimento dos impactos do clima no globo.

Por sua vez, o clima global apresenta uma diversidade de padrões de variabilidade. Tais padrões expressam os mecanismos da circulação atmosférica e sua interação ou conexão com os oceanos e com os continentes. Esta característica é denominada teleconexão climática.

As teleconexões são padrões que apresentam temporalmente configurações ondulatórias, com determinadas frequências e dimensões escalares. Especialmente esses fenômenos se associam às alterações dos padrões climáticos observados em regiões remotas e, através da similaridade no tempo e nos aspectos físicos dos sistemas atmosféricos correspondentes.

Das principais configurações de teleconexões que afetam a variabilidade global e da América do Sul estão os fenômenos El Niño Oscilação Sul - ENOS e a Oscilação Decadal do Pacífico – ODP. O ENOS é o principal modulador da variabilidade interanual e, a ODP tem sido considerada como um importante modo de variabilidade de baixa e baixíssima frequência em escalas decadal e multidecadal.

Tais fenômenos agem em temporalidades e espacialidades diferentes, formam parte do rol das componentes explicativas das questões centrais nas ciências atmosféricas no que tange a variabilidade e as mudanças climáticas globais. Os fenômenos referem-se tanto no que diz respeito à identificação de outras teleconexões, quanto ao papel que possuem na gênese de eventos extremos.

Para o território brasileiro, esses padrões climáticos são associados, principalmente, aos impactos no formato de eventos extremos de tempo atmosférico

(chuvas concentradas e extremas, que causam inundações e alagamentos) quanto aos processos climáticos mais longos (secas e estiagens).

Na Região Sul do Brasil, os estudos com os padrões ODP têm mostrado como algumas décadas podem ser mais ou menos chuvosas do que outras. Quando sobreposto aos padrões ENOS, esses fenômenos explicam a ocorrência de alguns dos extremos climáticos.

No que tange aos impactos, são os fenômenos ENOS que indicam marcada variação interanual e intersazonal e se expressam através de alterações de valores de chuva (variações interanuais) e forma de eventos extremos (seca, estiagem, inundações e alagamentos).

No estado do Paraná, associações entre esses padrões e dinâmicas regionais e locais são verificadas também na variabilidade pluviométrica. Mas, devido ao caráter de clima transicional entre os sistemas tropicais e extra-tropicais, seus sinais são mais discretos e, quando presentes em variações com valores extremos apresentam maior destaque e modulação.

Com base nestas considerações e na utilização das teleconexões climáticas na escala da variabilidade e, dos impactos que estas produzem, **o objetivo desta dissertação é: analisar a variabilidade das chuvas no estado do Paraná, considerando duas dimensões explicativas: a) a influência espaçotemporal da Oscilação Decadal do Pacífico e; b) as possíveis repercussões desse sistema na ocorrência de eventos pluviométricos extremos.**

Os objetivos específicos tratam dos processos, das técnicas e das abordagens para medição da variabilidade, bem como para a caracterização espacial e temporal das chuvas, levando em consideração as fases distintas da ODP e a variabilidade dos seus índices. Nesse contexto, foram inseridas também as análises de tendências e alterações climáticas observadas nas últimas cinco e três décadas.

Como se trata também de uma análise geográfica do clima e, pela consideração da segunda dimensão do objetivo geral, a dissertação foi orientada para a relação com os impactos desse padrão em três dimensões do território, considerando que esses se dão em diferentes níveis escalares.

Alem do caráter de associação com a ODP, a análise pelas dimensões no território viabilizou a interpretação dos impactos das chuvas como evento concreto. Essa análise foi elaborada a partir de informações sobre a ocorrência de desastres de

origem pluvial, sobre a produção e a produtividade agrícola e a influência das precipitações na variabilidade das vazões dos rios Tibagi, Ivaí, Piquiri e Iguaçu.

Para o desenvolvimento da dissertação o texto foi dividido em cinco partes. Na primeira e na segunda, realiza-se uma revisão bibliográfica no intuito de selecionar os principais conceitos explicativos para o entendimento das chuvas, da variabilidade, das teleconexões e dos impactos associados, considerando a abordagem da Geografia do Clima, e as dimensões da categoria território.

Os encaminhamentos metodológicos são apresentados na segunda parte. A justificativa da proposta, a problemática, tema central e a caracterização do universo de análise estão presentes na terceira parte.

Posteriormente, é discutido o escopo teórico, metodológico e analítico da pesquisa. São elencados desde os dados utilizados, técnicas estatísticas e geoestatísticas, até a concepção do encaminhamento de um estudo das chuvas, considerando a natureza dos fenômenos de teleconexões climáticas.

Em seguida, são evidenciados os resultados mais importantes no contexto da dissertação, por isso foram organizados em duas partes em duas partes: uma destinada à descrição da variabilidade das chuvas no Paraná, segundo as séries temporais escolhidas e; a outra apresenta os principais impactos pluviométricos observados no território paranense, de acordo com a temporalidade da ODP, a variabilidade das chuvas e dos eventos extremos.

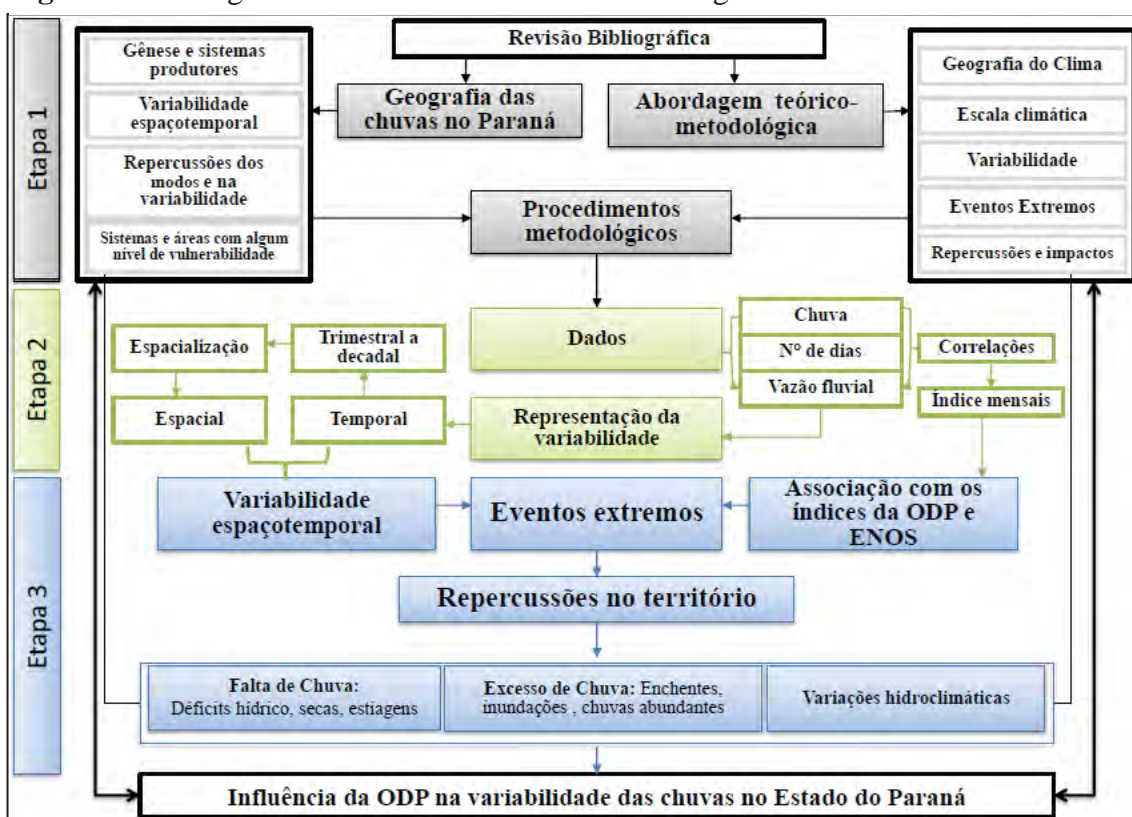
A última parte se refere às conclusões. Nessa parte do texto estão expostas as considerações finais, uma análise síntese dos resultados, bem como uma avaliação da efetividade dos objetivos propostos e uma Matriz de Impactos. Nessa matriz foram identificados e organizados os principais resultados, as áreas, regiões, sistemas e ambientes mais atingidos pelos impactos das chuvas.



## 2. Encaminhamentos Metodológicos

A matriz de análise que estrutura a proposta de discussão da dissertação foi baseada em três etapas. Essas representam um encaminhamento conjugado para alcance dos objetivos da dissertação e, consistem na fusão das discussões apresentadas na revisão bibliográfica com a organização, tratamento dos dados e representação dos resultados. Este critério representa sinteticamente as escolhas e o caminho para atingir o intuito principal, conforme fluxograma (Figura 1).

Figura 1 - Fluxograma de encaminhamentos metodológicos.



Organização: Nascimento Júnior, L.

A escolha do Território, segundo as definições de Raffestin (1993)<sup>1</sup>, Souza (2009)<sup>2</sup>, Haesbaert (2005)<sup>3</sup> e Saquet (2007)<sup>4</sup>, como categoria analítica se justifica na

<sup>1</sup> Território se forma a partir do espaço, ele é o resultado de uma ação conduzida por um ator sintagmático (ator que realiza um programa) em qualquer nível. Ao se apropriar de um espaço, concreta ou abstratamente (por exemplo, pela abstração), o ator territorializa o espaço. O território é um espaço onde se projetou um trabalho, seja energia e informação, e que, por consequência, revela relações de poder. o território se apóia no espaço, mas não é o espaço. "É uma produção a partir do espaço. Ora, a produção, por causa de todas as relações que envolve, se inscreve num campo de poder (RAFFESTIN, 1993, p. 144). Verificar: se o trecho for uma citação direta coloque entre aspas, caso não seja, não precisa mencionar a página na referência.

medida que ela tem potencial de explicar geograficamente as relações entre os sistemas de objetos, os sistemas de ação – Espaço geográfico territorializado, a produção, a gênese e a distribuição das repercussões associadas às chuvas em sua variabilidade e como evento extremo.

O Território como sistemas de objetos mediados pelas relações de uso e apropriação se referem ao conjunto das cidades, dos campos agrícolas, das mesorregiões geográficas, dos municípios, dos centros urbanos, das cidades, dos rios e dos compartimentos geomorfológicos que funcionam como realidade objetiva dos homens e dos agentes em sua produção geográfica em configurações espaciais e diferenças territoriais. Esses sistemas de objetivos são interpretados como o *lócus* dos impactos dos eventos extremos e da variabilidade na forma de desastres e de prejuízos humanos, ambientais e econômicos.

Os sistemas de ações são destacados como os fluxos dos sistemas atmosféricos produtores de chuva em sua variabilidade e, como o conjunto de políticas de ordenamento territorial que orientam a definição, a caracterização, as formas, a produção, a ocupação e a organização geográfica dos ambientes, das áreas, das regiões, das cidades e dos campos, que expressam as dimensões culturais, políticas, econômicas, sociais, materiais e imateriais dos impactos associados às chuvas.

Essa realidade possibilita a caracterização e a configuração de determinados níveis de vulnerabilidade no espaço geográfico, demonstrando em quais e em que condições espaçotemporais o universo de análise apresenta prejuízos humanos, ambientais e econômicos, apreendidos como impactos da precipitação nas dimensões do território.

<sup>2</sup> “[...] um campo de forças, uma teia ou rede de relações sociais, que, a par de sua complexidade interna, define, ao mesmo tempo, um limite, uma alteridade: a diferença entre ‘nós’ (o grupo, os membros da coletividade ou ‘comunidade’, os *insiders*) e os ‘outros’ (os de fora, os estranhos, os *outsiders*). O território é, no fundo, antes relações sociais projetadas no espaço que os espaços concretos podem formar-se e dissolver-se, constituir-se e dissipar-se de modo relativamente rápido, ser antes instáveis, ter existência regular, mas não apenas periódicas” (SOUZA, 2009, p. 87. *Itálico do autor*). Verificar as aspas, como vc não tinha fechado, fechei e as concordâncias que corriji na citação.

<sup>3</sup> “Produto de uma relação desigual de forças, envolvendo o domínio ou o controle político-econômico”, do espaço e sua apropriação simbólica, ora conjugados e mutuamente reforçados ora desconectados e contraditoriamente articulados. “Esta relação varia muito, por exemplo, conforme as classes sociais, os grupos territoriais e as escalas geográficas” (HAESBAERT, 2005, p. 121)

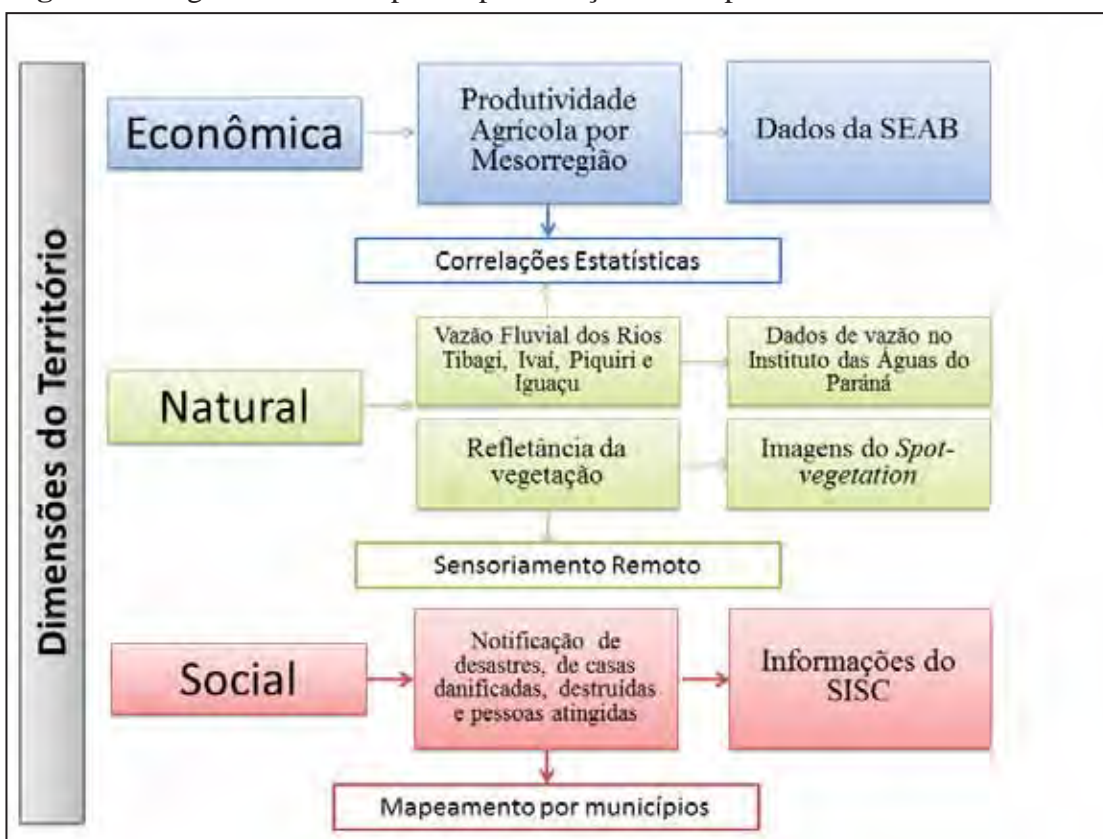
<sup>4</sup> “Por essa abordagem e concepção (i) material, uma dimensão fundamental e quase negligenciada em estudos territoriais ou tratada comumente como base física, é a natureza exterior ao homem. Assim merece atenção sem a pretensão, evidente, de esgotar a temática. Nos processos territoriais, as dimensões da E-P-C-N estão sempre presentes, de uma forma ou outra. Talvez, possamos avançar a partir do exposto, sobretudo a partir da possibilidade de se considerar, na natureza do território, a natureza.” (SAQUET, 2007, p. 172)

Nesse contexto, os impactos associados à variabilidade, aos eventos extremos e à ODP foram representados graficamente e cartograficamente por meio de técnicas estatísticas e indicadores quali-quantitativos.

Com essas noções foi possível considerar: de um lado, a classificação de valores extremos segundo a natureza dos dados no tempo e na variabilidade e, do outro, o conhecimento que nem sempre os episódios mais excepcionais são aqueles que causam os maiores impactos (SOUZA e SANT'ANNA, 2004).

Assim, procedeu-se a escolha de indicadores de impactos, concebendo-os como ferramentas de representação das repercussões das chuvas nas três dimensões do Território, quais sejam: Natural, Social e Econômica. Cada dimensão foi associada aos indicadores obtidos por técnicas específicas, informações e dados diferenciados, conforme demonstrado na **Figura 2**.

**Figura 2** - Lógica e estrutura para representação dos impactos no território.



Org.: Nascimento Júnior, L.

Estatisticamente, a análise desses eventos foi realizada a partir do cruzamento entre os dados primários, a classificação de anos-padrões extremos, a temporalidade da ODP e as associações com os indicadores de impactos escolhidos.

Os indicadores se referem aos valores da produção anual de soja, milho, cana-de-açúcar, feijão, arroz e trigo; os valores das médias mensais dos valores de vazão fluvial dos principais rios do Paraná e; as ocorrências de desastres por município no estado.

Os valores de produção agrícola foram apresentados na escala anual, por mesorregiões geográficas e por culturas separadamente. Os dados se referem às informações disponibilizadas pela Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Paraná- SEAB, relativos ao período de 1970 a 2010 e, caracterizaram a dimensão econômica do território.

A observação dos impactos na dimensão natural foi representada por meio dos valores de vazão dos rios Tibagi, Ivaí, Piquiri e Iguaçu. Tais informações fazem parte da rede de postos fluviométricos, também gentilmente cedidas pelo Instituto das Águas do Paraná.

Para esses valores (produção agrícola e vazões fluviais) foram aplicadas correlações lineares, dadas pelo coeficiente de Pearson, associados aos índices da ODP, das Temperaturas da Superfície do Mar - TSM na Região do Niño 3.4 e da Oscilação Sul.

Os impactos na dimensão natural também foram obtidos mediante técnicas de sensoriamento remoto. Nesse caso, utilizou-se a variação espaçotemporal dos Índices da Vegetação Diferencial Normalizada - NDVI (sigla em inglês *Normalized Difference Vegetation Index*) nas estações externas com padrão úmido e seco.

Para os índices de NDVI foram utilizadas séries históricas derivadas das imagens do *SPOT-Vegetation*. Conforme Dubreuil (2010), essas imagens foram projetadas em Lambert II, cujos produtos se referem ao *SPOT-Vegetation* S10, como sínteses do NDVI descendais obtidos pelo método do *Maximum Value Composite*.

O *SPOT-Vegetation* possui resolução temporal diária e resolução espacial de 1 km, o que lhe dá grande potencial para monitoramento de culturas e observação da variação espacial e temporal da reflectância foliar.

As informações de desastres remetem à ocorrência de seca, de estiagens, de alagamentos, de enchentes ou inundações graduais e de enxurradas ou inundações bruscas, segundo os dados de 1980 a 2010 do Sistema de Defesa Civil do Paraná (SISDC) (2012), e orientaram para os impactos na dimensão social do território. As informações foram classificadas em: números de notificação e índices sob o total do

número de casas danificadas, total de casas destruídas e o total de pessoas atingidas, conforme a ocorrência por município.

Todos os resultados pertinentes foram inseridos no Sistema de Informações Geográficas (SIG) e, cartografadas de acordo com o município, a mesorregião e o recorte territorial do Estado.



### 3. Justificativa do tema e universo de análise

Atualmente, os fenômenos oceânico-atmosféricos e de teleconexões climáticas têm sido estudados pelas ciências do clima devido ao papel que possuem na influência, associação, conexão nas escalas da mudança, da variabilidade e do ritmo (cotidiano da sociedade) e nos elementos do clima – pluviosidade, destacadamente.

Tais fenômenos (naturais) agem em temporalidades e espacialidades diferentes, possuem natureza teleconectiva e são responsáveis por variações climáticas repetitivas e rítmicas, que têm auxiliado na verificação e explicação de alterações e/ou mudanças climáticas nas escalas em que atuam. Eles são comumente representados e discutidos como padrões ou modos de variabilidade.

Nesse contexto, os fenômenos El Niño Oscilação Sul (ENOS) e a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) são as principais configurações de teleconexões do Oceano Pacífico que afetam a variabilidade da América do Sul (CAVALCANTI e AMBRIZZI, 2009, p. 330).

O fenômeno ENOS é a principal fonte de variabilidade climática interanual que influencia o Brasil e o globo como um todo (GRIMM, 1997; 2009a; 2009b). Já a ODP têm sido considerada como o principal modo de variabilidade de baixa frequência em escalas decadal e multidecadal (KAYANO e ANDREOLI, 2006; 2009).

Kayano e Andreoli (2009, p. 379) sugerem que as diferenças nos padrões de precipitação, associadas ao ENOS sobre América do Sul, podem estar relacionadas à ODP, pois, essa cria um *background* que atua construtivamente (desconstrutivamente), quando o ENOS e a ODP estão na mesma fase (fase oposta) e, por isso, é possível sobreposições de modos de variabilidade interanual aos modos decadais.

Esses fenômenos formam parte do rol das componentes explicativas das questões centrais nas ciências atmosféricas no que tange a variabilidade e as mudanças climáticas globais. Tais fenômenos se referem tanto no que se refere à identificação de outras teleconexões, quanto ao papel que possuem na gênese de eventos extremos, alterações dos padrões do clima e, em novas opções para compreensão e entendimento do sistema climático.

Essas alternativas são possíveis devido ao encontro de similaridade, correspondência, associações, correlações temporais, variabilidade de outras teleconexões e os padrões climáticos de determinadas regiões estudadas.

Neste cenário, os estudos realizados por Robertson e Mechoso (1998) e Coelho (2001) para América do Sul e; por Marques *et al.* (2008) e Grimm (2009), na região Sul

do Brasil; por Rebello (2009) e Sperling *et al.* (2009), no Rio Grande do Sul; por Marques (2006), em Santa Catarina, mostram como esses fenômenos, principalmente os de variabilidade tipo ENOS, atuam de maneira expressiva na distribuição espaçotemporal interanual e sazonal das chuvas. Além disso, os ENOS representam, consideravelmente, a relação com alterações eventuais constatadas a partir da diferença entre os padrões climáticos habituais e os padrões extremos.

De forma geral, a influência da ODP tem sido observada por meio de desvios pluviométricos de algumas partes do mundo, tais como nos Estados Unidos e na China (MANTUA e HARE, 2002; MATUA *et al.*, 1997; WANG, *et al.* 1981 *apud* MANTUA e HARE, 2002) e, também, nos estados da Região Sul do Brasil (MOLION, 2005; 2007; REBELLO, 2009; CERA *et al.*, 2009; MARQUES, 2010).

No Paraná, os estudos dessa natureza destacam de maneira significativa a participação do padrão ENOS na distribuição e modulação espaçotemporal das chuvas no estado (NERY *et al.*, 1996; 1997; GRIMM *et al.*, 1997; SOUZA e NERY, 2002; BALDO, 2006; SOUZA, 2006; NOGAROLI, 2007; 2010; PARIZOTTO e NERY, 2008; CERA *et al.*, 2009; ROSEGHINI *et al.*, 2010).

Para os padrões ODP, os estudos são relacionados em resultados parciais e com número bastante inferior se comparado aos trabalhos sobre ENOS (NOGAROLI, 2007).

Nessa perspectiva, este trabalho contribui com uma possibilidade de estudo da variabilidade climática e na identificação de possíveis alterações, oscilações e mudanças climáticas em escala regional, considerando os prazos, características e os impactos dos padrões ODP, da variabilidade das chuvas e dos eventos extremos para o estado do Paraná, em específico, e para as regiões de clima subtropicais e de transicionais do Brasil e da América do Sul, em geral.

### **3.1 As chuvas no Paraná: gênese, produção e distribuição espaçotemporal**

No contexto climático da região Sul, além da influência da radiação solar e dos aspectos do relevo, segundo Grimm (2009a), o clima no Estado do Paraná é basicamente determinado pela intensidade da alta subtropical do Atlântico Sul (sistema semipermanente de pressão) e a circulação anticiclônica associada a esse sistema.

A variabilidade climática do Paraná é discutida por Mendonça (2000), quando explica que, devido à sua posição meridional em relação ao país, o estado é afetado

tanto pelas massas de ar quentes vindas da Amazônia, quanto pelas massas polares frias e secas vindas do Sul.

Nimer (1979) aponta que no Paraná atuam, principalmente, quatro massas de ar: massa Equatorial Continental, massa Tropical Continental, massa Tropical Atlântica e massa Polar Atlântica. Além disso, o autor salienta que a região possui uma distribuição espacial anual uniforme.

A uniformidade descrita por Nimer (1979) foi corroborada por Mendonça (2000), segundo esses autores, isso ocorre devido à atuação dinâmica e cíclica dos sistemas em interações com os fatores estáticos – compartimentos geomorfológicos e relevo.

Segundo Troppmair (1990), as massas tropicais marítimas predominantes no verão formam correntes de norte e nordeste, com sucessivos avanços e recuos acompanhados de instabilidade pré e pós-frontais, originando chuvas pesadas quase que diárias. As correntes de oeste predominam nos meses de transição, principalmente no outono, formando a linha de instabilidade tropical, originando chuvas convectivas.

Monteiro (1968) considerou que as precipitações frontais, produzidas no avanço da massa polar, provocam as chuvas mais abundantes nas proximidades do litoral. Para o autor, no inverno é a frente polar que se relaciona com a maior parte da pluviosidade na porção setentrional do estado.

Os ventos alísios também agem nas precipitações do estado. Segundo Pereira *et al.* (2008, o papel dos alísios se dá através do forçamento da umidade transportada pelos ventos marítimos que sopram de leste, nordeste e sudeste, e trazem a umidade marítima para a faixa leste, exercendo enorme influência no litoral, quando desviados pela Serra do Mar.

A principal componente de produção de chuva é a Frente Polar Atlântica, segundo Mendonça (2000) e Mendonça e Danni-Oliveira (2007). Os pesquisadores explicam que: quando, esse sistema não é responsável diretamente, ele dinamiza as linhas de instabilidade e provocam chuvas convectivas que, por sua vez, se associam aos ciclones extratropicais e aos vórtices ciclônicos em altos níveis (MENDONÇA, 2000; MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2007).

Em altos níveis, os jatos se configuram como importantes mecanismos para produção de precipitação durante o semestre mais frio. No verão, é a convergência de umidade e o aquecimento da superfície que tendem a deixar a atmosfera mais instável, produzindo precipitação. Em baixos níveis, os episódios do jato a leste do Andes

tendem a intensificar os fluxos de umidade e temperatura, e também provocam precipitação (GRIMM, 2009a).

No semestre mais quente, destacadamente, nas estações de transição (outono e primavera), desenvolvem-se os complexos convectivos de mesoescala que se originam, principalmente, a oeste e, deslocam-se para leste por meio da interação do jato subtropical de altos níveis com o vento de baixos níveis, úmido e quente, vindo do norte (GRIMM, 2009a).

A contribuição da alta subtropical do Atlântico Sul para o clima da região está no deslocamento dos centros de pressão para sudoeste para noroeste, no verão e no inverno, respectivamente, o que favorece a penetração de ventos de leste até o centro do Brasil. A circulação associada a esse sistema, também ligada à Baixa do Chaco (com sinal mais claro e forte no verão), condicionando a circulação em baixos níveis, os fluxos de umidade e advecção de temperatura (GRIMM, 2009a).

Alterações e variações climáticas cíclicas em prazo intersazonal a interanual são notadamente produzidas pelos eventos de El Niño e La Niña, cujos efeitos serão descritos mais a frente.

Contudo, para entender parte dessa dinâmica atmosférica e produção da variabilidade espacial das chuvas, Boin (2000) apresenta um esquema climático da Bacia do Paraná. Nesse esquema foi possível considerar que o estado do Paraná está localizado na rota preferencial das frentes polares e demais correntes perturbadas do sul, sendo sempre afetado pelo sistema de circulação extratropical do anticiclone migratório polar e, também, pelo sistema de circulação tropical do anticiclone do Atlântico Sul.

Naquilo que o autor preferiu chamar de direções preferenciais das massas de ar que atingem a bacia do Paraná (**Figura 3**). A explicação favorece a compreensão de que as massas de ar e os sistemas frontais geradores de chuva “[...] são conduzidos e barrados pelo relevo, na baixa troposfera, determinando tanto a quantidade quanto a intensidade das chuvas precipitadas sobre as vertentes destes relevos” (BOIN, 2000, p. 219).

Em seu estudo, o pesquisador confere que os níveis de pluviosidade são relacionados com a direção do alinhamento da topografia frente ao sentido do avanço das massas de ar (BOIN, 2000, p. 55).

Neste exemplo, os diferentes totais pluviométricos são observados no centro do vale do rio Paraná, Boin (2000, p. 47) afirma que as referidas massas de ar perdem parte

de sua umidade em virtude de sua ascensão, sua saturação e sua precipitação ao transpor as serras que circundam o referido vale (BOIN, 2000, p. 47).

**Figura 3** - Representação esquemática da direção preferencial das massas de ar na bacia do Paraná.



Fonte: Boin (2000). Destaca-se a leitura para a porção sul da Bacia, especificamente, a localização do estado do Paraná.

Assim, os trajetos das correntes superficiais dos sistemas atmosféricos e seus impactos pluviiais se dão sobre as direções que os mesmos avançam nas posições de vertentes (barlavento e sotavento) e nas formas do relevo (vale de rios, topografia, serras, etc).

De acordo com Nimer (1979), Troppmair (1990), Mendonça (2000) e Mendonça e Danni-Oliveira (2007) e, Nogarolli (2007; 2010), os sistemas produtores de chuva no

estado do Paraná são antagônicos em suas gêneses, em suas características termofísicas, opõem-se e se equilibram dinamicamente com a geomorfologia e o relevo do estado.

Esse caráter faz com que o estado apresente grandes diferenciações climáticas, tanto no espaço como no tempo, conforme apontam Zavattini e Boin (2008), indicando parte da variabilidade espacial e temporal das chuvas e os atributos e controles da escala regional.

Pode-se afirmar que as componentes espaciais da variabilidade - compartimentos geomorfológicos e relevo -, são as responsáveis pela distribuição espacial da chuva no estado paranaense e, são inerentes à escala regional do clima, de acordo com Monteiro (1968), Nimer (1979), Maack (1981), Troppmair (1990), Mendonça (2000), Boin (2000), Zavattini e Boin (2008), Pereira *et al.* (2008), Grimm (2009a), Mendonça e Danni-Oliveira (2007), Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR (2000), Nery *et al.* (1997) e Nogarolli (2007; 2010).

Essas componentes podem ser exemplificadas pelas escarpas, cuevas e vales dos rios, que compõem as grandes unidades geomorfológicas do estado, a saber, Primeiro, Segundo e Terceiro Planaltos, serra do Mar e litoral.

No que tange a variabilidade temporal e suas componentes no contexto climático da Região Sul, com base no trimestre chuvoso, Grimm (2009a) indica que a maior parte do Paraná mostra uma variabilidade de precipitação unimodal e bimodal, com um máximo na estação chuvosa. Essa característica indica a configuração de regime subtropical de monções de verão e de transição climática.

No nordeste do estado, as monções de verão apresentam máximo de precipitação no trimestre de dezembro, janeiro e fevereiro, ou janeiro, fevereiro e março. No oeste, a maior precipitação ocorre na primavera e, “[...] o pico da estação chuvosa muda do verão para o início da primavera, e então para o final do inverno, por meio de uma descontinuidade de fase” (GRIMM, 2009a, 273).

No que se refere à variabilidade sazonal, Nery *et al.* (1996), ao caracterizarem os períodos mais chuvosos e mais secos nas diversas regiões do estado, concluíram que a precipitação no Paraná tem dois regimes muito bem marcados. As regiões nordeste, leste e sudeste apresentam máximas de precipitação durante o verão e, o mês de janeiro possui as médias mais elevadas no período. Nas regiões oeste e central, a precipitação é mais uniforme ao longo do ano.

Pereira *et al.* (2008, p. 10) também relataram a característica de transição climática predominante no estado, existindo “[...] maior diferenciação entre a estação



seca e chuvosa no norte e oeste. No sul as chuvas são mais uniformemente distribuídas e se prolongam durante a estação de crescimento das culturas agrícolas”.

Pereira *et al.*, (2008) estudaram o início e término da estação chuvosa no Paraná e identificaram, por meio de sete regiões homogêneas, que o número de dias da estação chuvosa pode variar de 150 a 210 dias e, o volume de precipitação varia em cerca de 800 mm a 1700 mm. Para os autores, a estação chuvosa se inicia em agosto e termina em maio (PEREIRA *et al.*, 2008)

A distribuição espacial das chuvas no estado, em síntese, mostra que a variabilidade ocorre da seguinte maneira: a região norte e a região do planalto de Curitiba apresentam média anual entre 1200 a 1600 mm, os menores valores no estado; grande parte das regiões centro e sul, o norte da região sudoeste e a serra do Mar e toda a região oeste possuem valores médios anuais entre 1600 a 2000 mm; as maiores médias pluviométricas observadas são encontradas no litoral e no sul da região sudoeste.

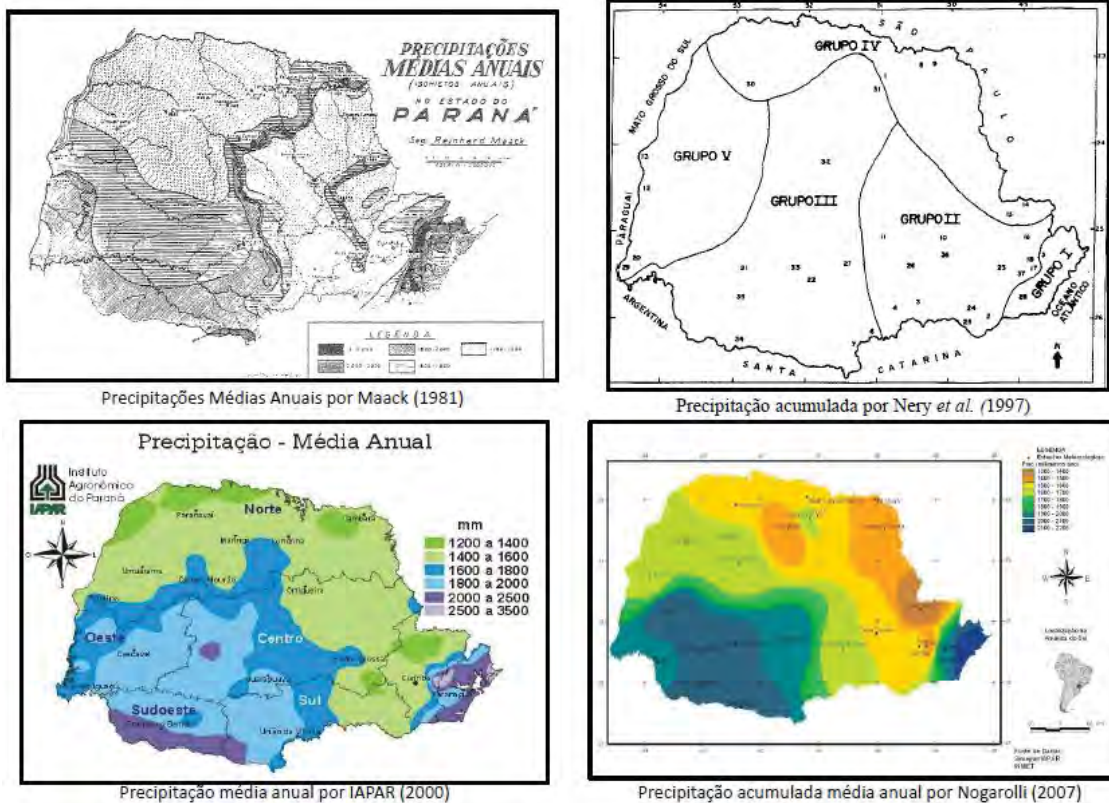
No sudoeste do Terceiro Planalto, onde as altitudes não ultrapassam 900m, mas é também onde se localiza a cadeia de serra com altitudes entre 900 a 1200m, cujos índices pluviométricos são maiores do que nas demais áreas continentais do estado. Os ventos alísios agem nessa distribuição, trazendo a umidade marítima para a faixa leste e exercem enorme influência no litoral, fazendo com que apresente os maiores índices pluviométricos de todo o estado (MAACK, 1981; NERY *et al.*, 1997; IAPAR, 2000; NOGAROLLI, 2007; 2010; PEREIRA *et al.*, 2008).

Essas afirmações foram sendo complementadas com estudos mais recentes (NERY *et al.*, 1997; IAPAR, 2000; NOGAROLLI, 2007; PEREIRA *et al.*, 2008). Todavia, as observações de Maack (1981) já mostravam cinco regiões, classificadas conforme a pluviosidade média. Apesar da deficiência das dez séries históricas observadas, o autor também notou alterações nas precipitações devido ao excessivo desmatamento e, determinou o relevo como o principal fator da distribuição espacial da chuva.

Os estudos do Nery *et al.* (1996), IAPAR (2000) e Nogarolli (2007; 2010) utilizaram séries históricas maiores, procedimentos metodológicos mais sofisticados e, corroboram com as afirmações Maack (1981). Esses estudos avançaram no que tange a: verificação de valores de precipitação para cada planalto, a observação de alterações nos padrões atmosféricos e uso do solo e, a possibilidade de detecção de alterações e mudanças climáticas no estado.

A **Figura 4** apresenta os estudos de Maak (1981), Nery *et al.*, (1997), IAPAR (2000) e Nogarolli (2007). Ela ilustra as regionalizações das chuvas em sua variabilidade espacial.

**Figura 4** - Regionalização da precipitação no Paraná, segundo Maak (1981), Nery *et al.* (1997), IAPAR (2000) e Nogarolli (2007).



Organização: Nascimento Junior, L.

Souza (2006), por meio de dois transectos (um de latitude de 23°13'S, e outro de 25°34'S) e utilizando dados de precipitação nas escalas sazonal e diária, observou que a distribuição da chuva em número de dias se dá de forma diferenciada em cada estação do ano em todas as regiões do estado, em que houve uma nítida distinção entre as estações no primeiro transecto e no segundo.

Para a autora, as estações do primeiro transecto apresentaram valores de precipitação homogêneos, onde o relevo constitui um fator de baixa expressão nas características da precipitação, sendo a continentalidade uma característica mais eminente. Souza (2006) destacou que essa região é cortada pelo Trópico de Capricórnio e que, em determinados períodos, principalmente no verão, a região noroeste sofre a influência da massa tropical continental associada à baixa pressão do Chaco (massa tropical seca), que inibe a atuação das frentes frias nessa estação do ano.

As estações, no segundo transecto, apresentaram distinções significativas em relação ao primeiro, no sentido de que os valores de precipitação pluvial foram mais significativos do que no transecto anterior e, que houve, além disso, associação com a maritimidade e elevada altitude como responsáveis pelos significativos valores de precipitação pluvial da região.

A autora explica esses resultados com base na interação entre as características do relevo e as constantes entradas de frentes frias e de massas de ar quentes e úmidas, como por exemplo, a Zona de Convergência do Atlântico Sul - ZCAS<sup>5</sup> e a massa Equatorial Continental nos períodos de primavera e verão, principalmente à leste do segundo transecto (SOUZA, 2006).

No mesmo transecto, a porção oeste apresentou precipitação significativamente maior que em relação ao centro do transecto e, mostra que como a precipitação pluvial ocorre em diferentes efeitos tanto para as estações à leste, quanto para as estações à oeste do estado (SOUZA, 2006).

Freitas (1998) determinou regiões homogêneas quanto à variabilidade sazonal e intrasazonal. Segundo o autor, na escala sazonal foram obtidas quatro regiões homogêneas, para as quais foram distinguidas as datas de início e fim da estação chuvosa. Esses resultados também foram encontrados por Souza (2006).

A região mais ao norte do estado verificou uma estação realmente seca e, com ocorrências de veranicos no inverno, sendo esses maiores no norte do estado e que vão diminuindo na direção sul (FREITAS, 1998).

Na escala intrasazonal, Freitas (1998) identificou possíveis periodicidades e definiu duas regiões homogêneas para períodos de inverno e verão. Os resultados mostram oscilações intrasazonais com períodos menores que trinta dias, denotando uma possível influência da Oscilação de 30-60 dias e outra oscilação possivelmente relacionada com deslocamentos da Célula de Walker, com período em torno de três meses.

O autor, também, observou a presença de um dipolo com convecção acentuada sobre o estado, e o correlacionou com deficiências de precipitação sobre o Nordeste brasileiro. Essas indicações foram relacionadas às perturbações existentes no Pacífico Sul, pela similaridade de ocorrência dessas fases (FREITAS, 1998).

---

<sup>5</sup> A Zona de Convergência do Atlântico Sul é uma banda persistente de precipitação e nebulosidade orientada no sentido noroeste-sudeste, que se estende desde o sul da Amazônia até o Atlântico Sul-Central por alguns milhares de quilômetros. É entendida como a principal fonte das chuvas no Brasil no período chuvoso, sendo o principal modulador da precipitação nas escalas sazonais.

Souza (2006) apresenta que a variabilidade interanual do Paraná possui precipitação elevada, sendo que não há déficit hídrico quando se considera valor médio para o período de 1972 a 2002. Segundo a autora, há um gradiente de precipitação de menor valor nítido ao norte para maior valor na região sul e leste do estado, associado às características do relevo observadas nessas duas regiões e as entradas de massa de ar.

Ainda, segundo Souza (2006), os anos com maior variabilidade interanual corresponderam a 1982/83 e 1997/98, com apresentação de anomalia positiva e, 1985 e 1988, com anomalias negativas. A autora observa que as anomalias desses anos não afetaram o estado nas mesmas proporções, tanto que foi a região centro-sul a mais afetada.

A variabilidade também tem sido estudada separadamente, mediante recortes das bacias dos rios Tibagi, Ivaí, Piquiri e Iguaçu.

Nessa perspectiva, de acordo com Mendonça e Danni-Oliveira (2007), a bacia do rio Tibagi possui três tipos climáticos que apresentam chuvas o ano inteiro, com verões quentes e com verões amenos e, interações com verões quentes e amenos, conjugando-se a sistemas atmosféricos tropicais, intertropicais e polares, seguindo a direção jusante à montante. Um caráter destacado pelos autores é a ciclicidade mensal manifestada em ritmos quinquenais, em que há uma conjugação dos períodos mais e menos quentes, ora com a redução, ora com a elevação pluviométrica e, a tendência da incidência de chuvas concentradas em 24 horas.

Ademais, conforme os autores, a estação de inverno representa um período de estiagem relativa e, coincide com o trimestre mais seco – junho, julho e agosto. Por esse caráter, a sazonalidade pluviométrica é significativamente pronunciada em dois padrões, expressando características de tropicalidade climática (MENDONÇA e DANNI-OLIVEIRA, 2002).

A variabilidade na bacia do rio Ivaí foi estudada por Baldo (2006) e Andrade e Nery (2003). Em Andrade e Nery (2003), a variabilidade sazonal apresentou uma configuração bem marcada de um período úmido e outro seco – não necessariamente sem apresentação de chuva, mas são mais escassas. Os meses mais chuvosos estão concentrados no trimestre Dezembro, Janeiro e Fevereiro - DJF e, já os secos, Junho, Junho e Agosto - JJA.

Quanto à distribuição interanual, sua precipitação é homogênea e ocorre de forma significativa em padrão anômalo, que pode ser explicado pela associação ao ENOS tanto no que tange aos totais pluviométricos, quanto ao número de dias com

chuva. Estatisticamente, os autores descaram uma tendência de concentração e diminuição das chuvas na região centro-sul da bacia em DJF e JJA, respectivamente (ANDRADE e NERY, 2003).

Esses resultados também foram discutidos por Baldo (2006), que contribuiu, significativamente, por meio da análise rítmica e, observou que a distribuição espacial da pluviosidade se mostrou com os valores mais elevados a montante do que os observados a jusante. Essa característica deve-se ao efeito orográfico e ao clima subtropical úmido, dominante a montante e, a apresentação de baixas altitudes e na faixa de transição para clima tropical.

A precipitação na bacia do rio Piquiri, segundo o Instituto Ambiental do Paraná – IAP (2012), apresenta um núcleo com elevados índices de chuva áreas localizados a jusante, que decrescem gradativamente das até sua foz.

Ainda conforme o IAP (2012), não há período chuvoso ou período seco bem definido, embora os mínimos totais mensais tendam a ocorrer entre JJA, chegando a ter valores de precipitação próximas ou iguais à zero, sendo que agosto é o mês que possui o menor índice de número de dias de chuva. Os meses de dezembro e janeiro apresentam os maiores índices de ocorrência de chuva e número de dias com chuva (IAP, 2012).

Azevedo *et al.* (2005) analisaram a variabilidade na bacia do rio Iguaçu e, constataram que a precipitação é significativa ao longo de toda a bacia. Ela expressa, por outro lado, valores menores de desvios a montante do que a jusante, justificados pelo efeito orográfico e os desvios elevados na parte central da bacia.

A variabilidade sazonal, segundo Azevedo (2006), apresenta a característica também de dois períodos bem marcados, um chuvoso que geralmente se concentra no trimestre DJF e, uma estação seca, com apresentação dos meses de JJA.

No que tange o recorte regional, Vanhoni e Mendonça (2008) estudaram o litoral do estado do Paraná e, apontaram que não há período seco durante o ano. As chuvas no litoral são bem distribuídas ao longo do ano, mas se concentram no trimestre de verão – DJF e, são amenas no trimestre menos chuvoso – JJA, equivalentes ao inverno. O mês de janeiro se destaca como o mês mais quente e chuvoso.

A precipitação na região noroeste foi estuda por Roseghini *et al.* (2010). Os autores constataram o período de DJF como período chuvoso e, o período de JJA como período seco. O trimestre chuvoso (DJF) possui também período úmido e apresentou

uma variabilidade marcada dentro da própria região, com as maiores amplitudes na porção sul-sudeste.

Leite *et al.* (2010), no estudo sobre a precipitação pluvial em municípios da região sul dos Campos Gerais, concluem que a chuva é bem distribuída durante todo o ano nos municípios de Fernandes Pinheiro, Lapa e Ponta Grossa. Os totais médios anuais indicaram que o mês de janeiro é o mais chuvoso, enquanto agosto é mês mais seco e com menor número de dias com chuva. Segundo os autores, nesses municípios, mesmo não havendo uma estação seca, foi possível distinguir dois períodos, um período mais chuvoso que começa em setembro, terminando em março e um período menos chuvoso, que vai de abril a agosto.

### **3.2 Variabilidade e alterações associadas ao Oceano Pacífico**

No contexto deste estudo, as variações e flutuações são discutidas sobre o viés conceitual da variabilidade. Tendo em vista, que as alterações climáticas verificadas no estado do Paraná estão relacionadas muito mais aos aspectos dos impactos dos padrões e modos de variabilidade interanual e decadais de escala global, do que com os mecanismos e atributos que produzem mudanças climáticas.

Sobre esses aspectos, Nogarolli (2007; 2010), ao estudar a possibilidade de mudanças climáticas no Paraná, subsidiado em 29 anos de dados, observou que ocorreram alterações climáticas tal como a evolução decorrente de fatores endógenos e exógenos. Para esse autor, a paisagem do Paraná foi amplamente transformada, principalmente pela expansão agrícola, industrialização e urbanização, além dos fatores associados aos elementos de ordem planetária, tais como: o aquecimento global, eventos de El Niño e La Niña, a ODP, etc.

Esses fatores, também, destacados por Souza e Nery (2002) e Grimm *et al.* (2007) como responsáveis pelas ‘mudanças climáticas’ no Estado, são entendidos, nesses casos, como produto dos aspectos da variabilidade interanual e decadal do clima

Segundo Grimm (2009a) e Grimm e Sant’Anna (2010), o impacto da variabilidade interanual sobre as chuvas no Paraná é maior na primavera, quando o El Niño se inicia, no que tange os totais, as médias e o número de dias com chuva.

Durante o verão, a variação da precipitação durante eventos El Niño e La Niña ocorre principalmente no sudoeste do Rio Grande do Sul e, deve-se, principalmente, à variação da quantidade de chuva média nos dias chuvosos (GRIMM e SANT’ANNA



(2010). Para os autores, essa configuração pode sugerir a importância do maior ou menor suprimento de umidade para a região.

Ainda, conforme os autores, as alterações observadas no inverno se dão especialmente na porção sudeste da Região Sul do ano seguinte ao início dos ENOS. Nesse período, o ENOS altera tanto na quantidade de chuva em dias chuvosos como no número de dias chuvosos, havendo relativa prevalência deste último (GRIMM e SANT'ANNA, 2010).

Nery *et al.* (1997) observaram que as flutuações interanuais mais significativas da precipitação no Paraná estiveram fortemente associadas às fases extremas da Oscilação Sul. Para os autores, as secas mais significativas ocorreram no inverno e, nem sempre estiveram associadas com a fase de La Niña.

Segundo os autores (1997), a característica mais importante na manifestação da Oscilação Sul foi a persistência das anomalias negativas e moderadas por vários meses, além da correlação de que em uma única fase da Oscilação Sul, positiva ou negativa, pode resultar tanto em precipitações positivas como em precipitações negativas.

Parizotto e Nery (2008), que procederam a análises de correlação entre os índices de precipitações mensais para a bacia do Paranapanema com as anomalias das temperaturas da superfície do mar no Pacífico Equatorial, notaram significativa influência dos índices de anomalias de TSM em relação aos índices de precipitação pluvial calculados para a referida área, após quatro meses do início dos eventos El Niño e La Niña para a maioria dos casos analisados.

Azevedo *et al.* (2005) e Azevedo (2006) investigaram a precipitação na bacia do rio Iguaçu, e afirmaram que a variabilidade pluvial dessa bacia está fortemente vinculada, particularmente, aos fenômenos El Niño e La Niña. Azevedo *et al.* (2005) mostraram que em anos de ocorrência de tais fenômenos, as anomalias máximas chegaram a registrar o total de 2600mm no ano de 1985 – ano de El Niño. A média da série histórica estudada foi de 1000mm de precipitação pluvial.

Na bacia do rio Ivaí, os ENOS ficaram tão bem marcados quanto na ocorrência de máximas de precipitação nos anos de 1982, 1983 e 1998 e, de mínimas nos anos de 1978, 1985 e 1988. As ocorrências dos fenômenos El Niño e La Niña podem explicar essa variabilidade pluviométrica, pois os anos de máximas e mínimas precipitações são considerados anos da ocorrência de tais fenômenos, com significativa influência em toda dinâmica da Região Sul do Brasil (ANDRADE e NERY, 2003).

Baldo (2006), ao estudar, também, a bacia do rio Ivaí, constatou que a variabilidade interanual indicou a ocorrência de valores excepcionais de pluviosidade, tanto negativos como positivos e, esses apresentaram certa correlação com o fenômeno ENOS. Segundo a autora, os eventos de El Niño interferiram com maior intensidade no aumento dos valores pluviométricos do que os eventos de La Niña, que indicaram uma tendência de redução dos totais pluviais.

Souza (2006), utilizando dados de 42 estações pluviométricas distribuídas no espaço paranaense, verificou que os anos com maior variabilidade interanual corresponderam aos de 1982/83 e 1997/98 (El Niño) e 1985 e 1988 (La Niña). Foi observado que esses fenômenos não afetaram o Paraná nas mesmas proporções, tal como foi observado na região Centro-Sul.

Em síntese, na variabilidade temporal da precipitação no Paraná indica a atuação da ZCAS (com influência mais ao norte do estado, principalmente em anos extremos), dos Vórtices Ciclônicos de Altos Níveis - VCANs<sup>6</sup>, dos Complexos Convectivos de Mesoescala - CCM<sup>7</sup> e dos sistemas extratropicais, tropicais, intertropicais e polares como moduladores nas escalas diárias, semanais, mensais e trimestrais.

A Oscilação 30-60 dias ou Oscilações Madden-Julian - MJO<sup>8</sup>, e as monções de verão<sup>9</sup>, estão presentes nas escalas sazonais; na escala anual e interanual o principal

---

<sup>6</sup> Vórtice Ciclônico de Altos Níveis - VCAN - também denominado baixa despreendida, é um sistema de baixa pressão fechada na troposfera superior que se desprende completamente do escoamento de oeste. Usualmente, essas baixas despreendem-se da região da corrente de jato e são advectadas para o lado equatorial do escoamento básico de oeste. Um VCAN, geralmente, inicia seu ciclo de vida como um cavado na média e alta troposfera. Comumente, apresentam-se como depressões localizadas nas latitudes médias e caracterizam-se por contornos fechados no campo de altura geopotencial com isotermas mais ou menos concêntricas em torno do núcleo central. (NIETO, et al 2008).

<sup>7</sup> Os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM) são caracterizados como um conjunto de nuvens tipo cumulonimbus - frias e espessas, que apresentam um pdrão circular e crescimento vertical explosivo. Seu prazo de variabilidade é rápido, pode registrar intervalos temporais entre 6 a 12 horas. São geralmente associados a eventos de precipitação intensa, acompanhados de fortes rajadas de vento (MADDOX, 1980; SILVA DIAS, 1987).

<sup>8</sup> A Oscilação de Madden e Julian é sistema caracterizado por um deslocamento de oeste para leste de uma célula zonal de grande escala termicamente direta, que causa variações na convecção tropical e extratropicais. Essa oscilação faz com que os fenômenos meteorológicos se intensifiquem ou enfraqueçam durante a sua atuação, podendo influenciar e modular o regime pluviométrico na escala intrasazonal (KAYANO *et al.*, 1996; MADDEN e JULIAN, 1971; 1972) .

<sup>9</sup> Os sistemas monçônicos referem-se a uma reversão nos campos de precipitação e vento e, à circulação monçônica como um sistema climático com reversão sazonal dos ventos sobre e ao redor dos continentes. As monções se desenvolvem sobre regiões continentais de baixas latitudes em resposta a mudanças sazonais no contraste térmico entre o continente e regiões oceânicas adjacentes, são os maiores componentes dos regimes de precipitação do verão continental. A estação de verão na América do Sul mostra aspectos típicos de climas produzidos por esses sistemas, com um ciclo sazonal de precipitação sobre e grandes contrastes entre o inverno e o verão (GARCIA, 2006; TANAKA *et al.*, 2004; GRIMM *et al.*, 2004).

modulador é o ENOS; e na escala decadal, a ODP<sup>10</sup> tem sido apontada mediante alguns sinais de influência.

---

<sup>10</sup> ENOS e ODP são dois padrões de variabilidade observados no Oceano Pacífico. Ambos serão detalhados e explorados no decorrer da dissertação.

## **4. Procedimentos Teóricos, Analíticos e Metodológicos**

### **4.1 A natureza das abordagens**

Atualmente, o conhecimento das teleconexões climáticas tem proporcionado resoluções de lacunas para compreensão do sistema climático, mas também de proposições de novos questionamentos.

Dada sua eficiência, o termo representa parte dos aspectos do fenômeno climático e de sua variabilidade, considerando, principalmente, a circulação atmosférica e sua interação/conexão com os oceanos e os continentes (NOAA, 2012; DIAS e SILVA, 2009; CAVALCANTI e AMBRIZZI, 2009).

Tais processos representam a conjuntura histórica do avanço técnico-científico obtido nos últimos 20 anos pelas ciências atmosféricas, destacadamente, pela climatologia meteorológica, no contexto da previsão do tempo (CAVALCANTI e AMBRIZZI, 2009).

Na climatologia geográfica, esses padrões têm sido observados por meio dos estudos de variabilidade, de mudança, de dinâmica climática e de eventos extremos (anos-padrão principalmente), devido ao encontro de similaridade dos padrões observados e a temporalidade das teleconexões climáticas (BERLATO e FONTANA, 2003; REBELLO, 2009; MARQUES, 2010; NOGAROLLI, 2007; 2010; ROSEGHINI *et al.*, 2010; NERY *et al.*, 1996; 1997; SOUZA, 2006; PARIZOTTO e NERY, 2008; BALDO, 2006).

Nesse contexto, a observação das teleconexões sugere a análise das similaridades nas dimensões temporais, em suas características físicas, obtidas pelo emprego de técnicas estatísticas ou de sensoriamento remoto.

Ciente dessas ideias e dos objetivos propostos, essa revisão bibliográfica busca trazer aspectos de referência teórica e metodológica desses contextos e perspectivas, na forma de produzir um referencial sistemático para a seleção de abordagens, de apreensão dos limites da dissertação, de definições de técnicas e procedimentos que devem ser usados.

### **4.2 Abordagem teórico-metodológica**

Durante um significativo período histórico de construção da ciência moderna, a Geografia estruturou seu discurso e, conseqüentemente, sua representação de mundo (MOREIRA, 2007) baseada na oposição dos polos da relação Sociedade x Natureza.

Essa estruturação de pensamento, sobretudo com o advento do positivismo e o abandono tendente da síntese no pensamento científico, acabou por dicotomizar essa relação por meio do isolamento dos atributos Humanos, de um lado e, Naturais, do outro (SUERTEGARAY, 2003).

A discussão da Natureza e da Sociedade demonstra, de forma crítica, que os homens - como seres sociais, conjugados sob os modos de produção por valores culturais, filosóficos e políticos - produziram e produzem diferentes relações com os seres vivos, com o mundo inorgânico e com os próprios homens entre si. Desse modo, criaram, conseqüentemente, diferentes conceitos de Sociedade e de Natureza (PORTO-GONÇALVES, 2006).

Nessa perspectiva, o conceito de natureza não é natural, pois:

[...] toda sociedade, toda cultura cria, inventa, institui uma determinada idéia do que seja a natureza. Nesse sentido, o conceito de natureza não é natural, sendo na verdade criado e instituído pelos homens. Constitui um dos pilares através do qual os homens erguem as suas relações sociais, sua produção material e espiritual, enfim, a sua cultura (PORTO-GONÇALVES, 2006, p. 23).

O autor discute a ideia de natureza objetiva e exterior ao homem, o que pressupõe uma ideia de homem não natural e fora da natureza. Cristaliza-se com a civilização industrial, inaugurada pelo capitalismo, onde as Ciências da Natureza se separam das Ciências Humanas e criam um abismo colossal entre as mesmas (PORTO-GONÇALVES, 2006, p. 35).

Neste sentido, um esforço significativo tem sido realizado por parte dos geógrafos brasileiros de realizar uma estruturação não dicotômica do entendimento e da interpretação da relação Homem x Natureza, Sociedade x Natureza, ou Cultura-Natureza.

Pode-se inferir que uma dessas formas de estruturação se dá “[...] numa relação de troca metabólica, em que o homem e natureza intercambiam matéria e energia, numa geografia que não se separa em física ou humana” (MOREIRA, 2007, p. 115).

No caso específico do fenômeno climático, no contexto da climatologia geográfica, as contribuições de Max Sorre (1951 *apud* MONTEIRO, 1976) e Carlos Augusto de Figueiredo Monteiro (1969; 1976; 1991) são historicamente destacadas no âmbito da elaboração de um arcabouço teórico-metodológico eminentemente geográfico, que fusionam a Sociedade e a Natureza.

Ambos os autores tiveram ampla adesão de seus trabalhos na comunidade científica em geral e geográfica, em específico, suficiente para balizar parte significativa dos estudos que são realizados atualmente na climatologia geográfica.

Cabe ressaltar, que devido ao enfoque da relação Sociedade x Natureza, existe um discurso e uma preocupação antropocêntrica praticamente inerente à Ciência Geográfica. Na Climatologia Geográfica, essa preocupação se relaciona tanto com a matriz epistemológica da Geografia, quanto à constante relação dos fenômenos de natureza atmosférica (tempo e clima) e suas repercussões em fenômenos/episódios concretos na estruturação e produção do território (SANT'ANNA NETO, 2008).

Por essa particularidade, tanto a Climatologia Geográfica, quanto a Climatologia Meteorológica produzem conceitos de clima que demonstram de forma geral atributos teóricos e metodológicos que qualificam e conduzem aos interesses em cada ciência como representação(ões) de mundo(s) e, até certo ponto distintas.

Nesse sentido, é possível observar que os conceitos e termos produzidos no interior desses dois campos tornam-se, por vezes, ora complementares, ora com perspectivas pragmáticas, ora com apresentação de viés quantitativo e/ou qualiquantitativo (HANN, 1882 *apud* MONTEIRO, 1976; OMM, 1959, *apud* CONTI, 2000; SORRE, 1951 *apud* MONTEIRO, 1976; CURRY, 1963, *apud* MONTEIRO, 1991; MONTEIRO, 1969; AYOADE, 1986; MANTUA, 1999; PEREIRA *et al.*, 2002 ; IPCC, 2007).

As diferentes conceituações expressam, por um lado, a relação entre os principais paradigmas históricos da Ciência e da Climatologia, algumas características epistemológicas da Ciência Geográfica e Meteorológica, além do desenvolvimento e do entendimento histórico e teórico do clima e suas repercussões.

Por outro lado, os diferentes conceitos permitem, também, a definição de atributos de extrema significância para a análise do clima. No que tange a perspectiva geográfica, as escalas espaciais (global, regional e local) e temporais (mudança, variabilidade e ritmo), inerentes aos conceitos, direcionam a caminhos metodológicos necessários para escolha de técnicas e procedimentos para um estudo qualificado do clima (SANT'ANNA NETO, 2008; 2011).

Além disso, apreende-se que o clima, ou fenômeno, ou sistema climático, seus processos e suas repercussões não existem por si só, numa perspectiva natural e causal. Subsidiado pela discussão de Porto-Gonçalves (2006) sobre a Natureza e, de Sant'Anna



Neto (2008) na Geografia do clima, o fenômeno climático é produto social e só existe devido à existência do Homem.

Infere-se, através dessa compreensão, que é possível compreender a geograficidade do clima, considerado nos termos de Moreira (2007), o ser e estar do homem no mundo para os efeitos, repercussões e impactos, ao fenômeno climático em sua variabilidade e a produção de espaço geográfico.

A contribuição teórica da Geografia do Clima auxilia nessa dimensão. Uma vez que se admite, que o clima deve ser analisado a partir de um viés crítico dos modos de produção e do cotidiano da sociedade (SANT'ANNA NETO, 2008), além de se utilizar das leis gerais que representam a atmosfera em sua natureza física e dinâmica em repercussões espaciais. Tal abordagem está presente na Climatologia Sinótica, Dinâmica, Meteorológica e Geográfica. A Geografia do Clima busca também a geograficidade do fenômeno como produto e condicionante social.

Nas palavras do autor, a

[...] proposta de revisão conceitual do clima como fenômeno geográfico substanciado pelas aplicações de seu conhecimento no entendimento do território, não apenas como elemento natural, determinado pelas leis físicas, mas, também, pelo significado de sua repercussão nas relações entre a sociedade e a natureza mediadas pela ação dos agentes sociais, que produzem espaços concretos nos mais variados níveis de segregação e vulnerabilidade (SANT'ANNA NETO, 2008, p. 62).

A representação dessa análise, então, dá-se na manifestação do clima na dimensão dos seus episódios concretos. Nessa abordagem, os eventos extremos ou excepcionais assumem destacada importância, uma vez que são esses eventos que em realidade, repercutem no espaço geográfico, provocando desarranjos em seu interior (SANT'ANNA NETO, 2008, p. 77).

Esses pontos remetem ao caráter teórico, metodológico e interpretativo do entendimento do clima. Eles irão contribuir para a leitura dos resultados e outros conceitos presentes no estudo proposto.

#### **4.3 As escalas de análise: o regional e a variabilidade**

Sant'Anna Neto (2008) afirma que a escala organiza teórica e hierarquicamente as ordens de grandeza, movimento e velocidade dos atributos, controles e mecanismos espaciais e temporais que se tornam significativamente superiores (generalização),

conforme se caminham em direção a unidades inferiores (especialização) (SANT'ANNA NETO, 2008).

Nunes (1998), Monteiro (2003) e Pinto e Aguiar Neto (2008) definem que numa pesquisa a escala indica não apenas relação da área e do período de abrangência, mas também as técnicas, os métodos e os controles a serem empregados, observados pelo pesquisador em busca de seus objetivos pré-determinados e o caráter dimensional do objeto de pesquisa.

Alguns autores, como: Ayoade (1986), Ribeiro (1993), Monteiro (2003), Mendonça e Danni-Oliveira (2007), Pinto e Aguiar Neto (2008) e Sant'Anna Neto (2008; 2011), discutem a escolha da escala com preocupação considerável.

Partes desses autores propõem uma taxonomia baseada nas ferramentas metodológicas de estudo do fenômeno climático, sobretudo, Ribeiro (1993), Monteiro (2003) e Sant'Anna Neto (2008; 2011) destacam os controles e atributos de cada escala climática.

Na perspectiva desses estudiosos, nas escalas superiores de ordem espacial - global, há a relação de controles e mecanismos ligados a fatores de natureza astronômicos e geológicos, como, por exemplo: interações planetárias no sistema solar, ciclos de manchas solares, vulcanismos.

Nas escalas inferiores - escala local e microclimática -, os controles e os mecanismos se aproximam do homem. No nível escalar, as análises representam a alteração máxima do clima pelo homem, que pode ser medida até em segundos, dependendo da especificação do estudo. Podem variar as análises de clima das cidades, das áreas rurais e industriais, bosques e florestas, até estufas, lagos, quadras, ruas, material construtivo de residências, etc. Nessa escala também são inseridos o estudos de conforto térmico, qualidade ambiental e clima urbano.

A escala espacial de interesse, neste estudo, é a Regional. Nas perspectivas dos autores, os atributos desse nível escalar se relacionam com controles e componentes ligadas a sazonalidade, padrões e ciclos naturais e transformações históricas (antrópicas e naturais) da paisagem (SANT'ANNA NETO, 2008).

Ribeiro (1993, p. 289) define que a escala regional se relaciona com uma área suficiente para provocar forte “[...] interação entre a energia disponível (para o processo de evaporação e a geração de campos de pressão), com e as feições do meio terrestre”, além dos efeitos da continentalidade, maritimidade, rugosidade e cobertura vegetal.

A partir dessa discussão sobre as escalas em que se dão as conexões do fenômeno climático, a verificação de que ele possui uma ocorrência em um domínio espacial determinado, discutido pela Organização Meteorológica Mundial (1959 *apud* CONTI, 2000) e, a noção de que o clima se materializa em episódios concretos (SANT'ANNA NETO, 2008).

Sintetiza-se que os impactos do clima no território podem ser estudados por meio de ferramentas que propiciam a sua visualização por meio da análise articulada entre suas escalas, o que possibilitará o entendimento de sua gênese/ocorrência (SANT'ANNA NETO, 2008).

Assim, o estudo da variabilidade das chuvas no estado do Paraná, no contexto admitido, requer para seu entendimento: identificar os atributos e os controles climáticos compreendidos pela escala regional da dimensão do espaço.

Na análise do tempo, admite-se a escala contemporânea de análise do clima, na qual são estabelecidas as análises dos tipos de tempo, variabilidade climática de curta duração, tendências climáticas e o estabelecimento de médias (MENDONÇA; DANNI-OLIVEIRA, 2007, p. 25).

Assim, a variabilidade é entendida neste texto como fenômeno temporalmente híbrido, ou seja, como um tipo de variação climática ligada ao tempo histórico recente ou contemporâneo, inerente ao sistema climático, que indica flutuações de grande escala na atmosfera e são representadas com bastante clareza a partir das escalas (inter)sazonais, (inter)anuais e (inter)decadais.

Além disso, cabe considerar que existe uma significativa dificuldade de separação ou encontro do limiar entre o processo natural e influências antropogênicas e vice-versa.

Resumidamente, a variabilidade é o conjunto das (des)continuidades, (ar)ritmias, variações entre de máximas e mínimas, que podem ocorrer de forma sequencial ou não, e/ou com ausência e presença de padrão específico. A variabilidade é calculada e representada a partir de um valor fixo (média), considerado habitual (normal) e, por isso, carece de análises estatísticas (OMM, 1966 *apud* CONTI, 2005; AYOADE, 1986; NÍMER; 1979; CHRISTOFOLETTI, 1993; NUNES e LOMBARDO, 1995; GRIMM, *et al.*, 1998; SENTELHAS *et al.*, 2000; PEREIRA *et al.*, 2002; CONFALONIERI, 2003; CONTI, 2005; IPCC, 2007; SANT'ANNA NETO e ZAVATTINI, 2000; ANGELOCCI e SENTELHAS, 2007; PINTO e AGUIAR NETO, 2008; MIRANDA, 2010; MENDONÇA, 2010; SANT'ANNA NETO, 2011).

#### 4.4 Os eventos extremos: conceito e dimensões escalares

O quadro teórico-conceitual dos eventos extremos soma: 1) o crescente interesse da sociedade no entendimento do tempo e do clima; 2) os desafios metodológicos para seus estudos dos mecanismos que envolvem esses fenômenos (separadamente e/ou conjuntamente) e; 3) uma mescla de apreensão e insegurança com relação à característica futura do clima (BEREZUK, 2007, p. 23 - 25).

Tais eventos são apreendidos, ora como valores discrepantes de um estado médio de clima (MARENGO, 2009), ora como principal gerador das adversidades climáticas, uma vez que eventos extremos que causam algum impacto social (MONTEIRO, 1991), seja como eventos suficientemente significativos para provocar desarranjos no interior do espaço geográfico, ou para proporcionar uma sucessão significativa de danos à sociedade (SANT'ANNA NETO, 2008; 2005).

Esses eventos possuem diversas denominações. Eles são chamados de: extremos ou excepcionais (MARENGO, 2009; IPCC, 2007; MONTEIRO, 1991; SANT'ANNA NETO, 2008); anomalias climáticas (PEREIRA *et al.*, 2002, p. 318). Sem distinção da nomenclatura recebida, eles, geralmente, estão relacionados às adversidades climáticas (BEREZUK, 2007; FARIAS *et al.*, 1993; MONTEIRO, 1991), aos *harzards* (BRYANT, 1997) e aos impactos de clima e de tempo (CLIMATE CHANGE, 2009; MARENGO, 2009;).

Tais eventos estão e são sempre associados às diversas formas de repercussões geográficas de natureza climática e meteorológica, como: secas, perdas de produtividade agrícola, enchentes, inundações, ondas de calor e de frio, ventanias, tempestades, furacões, desastres, escorregamentos, movimentos de massa, mortes, etc.

Segundo Sarewitz e Pielke Jr. (2000), os eventos extremos são definidos pela ocorrência e apresentação em uma incidência rara, distanciando-se da média e, variando em sua magnitude. Como exemplo, têm-se os eventos extremos de chuva cujos totais: anual, sazonal ou diário, demonstram desvios de valores superiores ou inferiores a apresentação dos habituais da área no período analisado.

Para Marengo (2009, p. 1), esses eventos fazem parte do aspecto integral da variabilidade climática e, referem-se aos

[...] valores discrepantes de um estado climático médio, que ocorrem em escalas temporais que variam de dias a milênios, embora os mais importantes para as atividades humanas são possivelmente os extremos de curto prazo (relacionados com o tempo) e os de médio

prazo (relacionados com o clima), que são eventos com potencial para impactos significativos.

A distinção que o autor coloca entre os eventos extremos de prazo curto (tempo meteorológico) e longo (clima) remete, respectivamente, a aqueles relacionados a friagens, ondas de calor e frio, chuvas intensas, inundações, veranicos, cuja ocorrência é observada em todas as estações na América do Sul. Os seus impactos variam de acordo com o setor e, no nível sazonal, uma estação chuvosa fraca ou extremamente forte, acompanhada por relativas altas temperaturas, pode ter forte impacto sobre a população e em setores econômicos dependendo da disponibilidade de água (MARENGO, 2009).

Ainda, conforme o autor, são os eventos extremos de precipitação e de seca que se destacam como os principais no contexto do tempo e clima, respectivamente.

Segundo Marengo (2009), a precipitação é responsável por cheias súbitas, chuvas intensas e inundações, que conjuntamente causam enormes desastres econômicos tanto para as pessoas/companhias não asseguradas, quanto para as pessoas/companhias asseguradas e as companhias de seguros e, sempre afetam um grande número de vidas humanas, causando mortes.

A seca é responsável pela insegurança das atividades agrícolas, pela geração hidrelétrica em áreas povoadas e, em condições climáticas favoráveis ao aumento de sua frequência, as secas poderão levar a uma severa turbulência social e à migração das populações de áreas/regiões completas nas regiões tropicais e subtropicais (MARENGO, 2009).

As primeiras impressões encontradas em pesquisa bibliográfica sobre a conceituação francesa e europeia para os eventos extremos, quase sempre vão ao encontro da perspectiva brasileira.

Essa vertente teórica pode ser inicialmente lida no conceito apresentado pelo Meteo France (2012), cuja definição sugere que esses eventos correspondem a um valor numérico muito superior ou maior do que os valores máximos. Tais valores, normalmente, são quase impossíveis de se mensurar, segundo estatísticas convencionais e, por vezes, os pesquisadores os excluem para não perturbar padrões estatísticos bem elaborados e ajustados.

O Meteo France (2012) entende que esses valores formam um parâmetro de medição com pouca ou baixa frequência (chuva forte ou vento, temperaturas muito baixas ou muito altas) e, sua definição é a amostra, ou seja, devem ser contextualizados

em cada série histórica e considerados a sua recorrência ‘incomum’. O Instituto define os valores extremos por meio de técnicas de períodos de retornos, pela constituição de um valor recorde ou pela parametrização de valor limite.

No contexto Francês e Europeu, os principais eventos extremos são as secas, as inundações, os movimentos de terra, os ventos, as tempestades, o granizo, o gelo ou a neve, as ondas de calor e as nevascas. Seus principais indicadores estão vinculados: aos montantes de custo pagos pelo Estado e pelas empresas de recuperação dos equipamentos danificados; às variações na produção agrícolas e; à ocorrência de doenças e mortes associadas a determinados eventos (DUBREUIL, 1994; 1987, GOUBANOVA, 2007; METEO FRANCE, 2012).

Em Hohmann e Frei (2003, p. 17), os eventos extremos são aqueles “[...] *épisodes au cours desquels le temps s’écarte fortement de sa moyenne à long terme, bien au-delà des fluctuations qu’il subit d’ordinaire dans le lieu et pendant la saison consideres*”. Os autores entendem que esses eventos são regionalmente contextualizados e marcam as paisagens e as condições de vida. Eles são, ao mesmo tempo, responsáveis pelas quebras em agrícolas e degradação de equipamentos suscetíveis a estragos.

Para os mesmos pesquisadores, os principais tipos de eventos mais importantes na Suíça são as temperaturas extremas, a seca, o gelo, os incêndios florestais, as chuvas pesadas ou tempestades, granizos, as inundações, os movimentos de massas, as avalanches e as tempestades de inverno. O conhecimento da frequência e intensidade desses eventos são de importância primária para a sociedade e, são por eles que devem ser exercitados o planejamento e a implementação de medidas de proteção (HOHMANN e FREI, 2003).

De acordo com Hohmann *et. al* (2003), os eventos extremos são eventos raros que se afastam significativamente da média estatística. Eles não são necessariamente relacionados a danos, mas podem, muitas vezes, produzir consequências negativas para os seres humanos e para o ambiente. Não devem ser confundidos com catástrofes ou desastres e, sua classificação deve considerar seu tipo, frequência, intensidade e escala espacial.

Com base nessas afirmações, pode-se apreender alguns sentidos dos eventos extremos:

- a. a concepção de negatividade é expressa quase que totalidade;
- b. o viés estatístico é bem significativo e determinante;



- c. estão inerentes ao estudo do tempo e do clima – fazem parte da variabilidade;
- d. possuem dimensões relacionados à frequência e à intensidade.

Na mesma perspectiva, a bibliografia consultada sobre os conceitos indicou a possibilidade de classificações, sendo possível a denominação inicial de eventos extremos de natureza geográfica e de natureza meteorológica e climática (ROSEGHINI, 2007; BEREZUK, 2007; IPCC, 2007; CLIMATE CHANGE, 2009; MONTEIRO, 1991; HOHMANN e FREI, 2003, HOHMANN *et. al*, 2003; DUBREUIL, 1994; 1987, GOUBANOVA, 2007; METEO FRANCE, 2012).

Os eventos de natureza geográfica se referem às enchentes, aos deslizamentos, aos movimentos de massa, principalmente em áreas ocupadas por atividades humanas, pois possuem relação direta com produção do espaço geográfico. Nesses tipos de eventos se inserem as tragédias, os desastres e a ocorrência de mortes.

Os de natureza meteorológica e climática aludem à ocorrência de, por exemplo, furacões, chuvas intensas e rápidas, secas, que de forma geral são considerados no contexto natural da variabilidade e das variações do sistema climático e meteorológico.

Ressalta-se que esses eventos também produzem repercussões de cunho geográfico, diferindo somente na sua gênese. Enquanto o primeiro está para diferentes formas da produção do espaço, o segundo está para fatores remotos e locais de interação atmosfera-superfície.

Em outra perspectiva, esses eventos são ora classificados quantitativamente (do ponto de vista da dispersão numérica e gráfica dos dados climáticos ou meteorológicos num determinado espaço), ora observados qualitativamente (através da ocorrência de tragédias, desastres, veranicos, déficits de produtividade, etc).

Nesta última perspectiva, o uso da palavra *acidente* (tradução de *hazard*) e pela consideração que esse é: “[...] uma função do ‘ajustamento humano’ a eles, posto que sempre envolvem iniciativa e decisão humana” (MONTEIRO, 1991, p. 8), o autor discute conceitualmente os eventos extremos partindo da

[...] intensidade do evento - o que de si já o define, mas não o encerra num dado parâmetro - há um significado que acresce ao acidente, uma idéia de ‘acontecimento infeliz’ (causal ou não) do qual resulta o dano, estrago, avaria, destruição, perdas humanas, chegando até o desastre (este próprio, uma outra alternativa a ser considerada) (MONTEIRO, 1991, p. 10).

Leva-se em consideração, a importância do tempo na análise geográfica do clima e dos eventos extremos, mas também do espaço, no qual, em nível regional se percebem correlações complexas e,

[...] uma concepção mais comportamental e complexa do clima é que nos damos conta de como os estados de tempo oscilam, admitem desvios e produzem ‘acidentes’ que não podem ser considerados excepcionais. Mesmo os mais graves, por vezes catastróficos, se estatisticamente poderiam ser tomados como ‘ruído’, seu impacto local ou regional e a reação em cadeia que se lhes segue, fazem com que eles não possam ser descartados. E, sobretudo por suas repercussões sócio-econômicas, tanto por injúrias imediatas como pelo efeito de ‘desregularização’ da produção agrícola, do sistema hidro-energético, da rede de transportes, etc... (MONTEIRO, 1991, p. 19).

Por esta natureza, eventos extremos ou excepcionais na Geografia do Clima proposta por Sant'Anna Neto (2008) é um dos fios condutores da abordagem adotada neste estudo. Na perspectiva do autor, é na repercussão, na forma de impactos desses eventos que o espaço geográfico é desarranjado.

Pode-se inferir, então, que esses eventos são concretos e, parafraseando Santos (1998), admite-se que os mesmos acontecem em um dado instante, numa fração de tempo, em que eles qualificam simultaneamente a matriz do tempo e do espaço (SANTOS, 1998).

Neste caso, o “[...] lugar é o depositário final, obrigatório, do evento. O princípio da diferenciação deriva da combinação de uma ordem temporal e de uma ordem espacial. Os eventos são, todos, Presente” (SANTOS, 1998, p 93).

Com base nas contribuições de Sant'Anna Neto (2008) e Santos (1998), é possível qualificar o significado de que o termo/conceito de eventos extremos pode aferir. O interesse em ultrapassar a quantificação, classificação e caracterização dos eventos extremos com base matemático-estatística, leva também a considerar que esses, além de serem produto da intensidade, velocidade, frequência, ocorrência no contexto espaço-tempo, são resultado da produção desigual de espaço geográfico em níveis de vulnerabilidade ao ritmo climático.

O lugar, ou melhor, o espaço geográfico (SANTOS, 1998) é o receptáculo do ritmo climático (MONTEIRO, 1971; 1991), nos termos do autor. A forma como o espaço é organizado, produzido, ordenado, planejado, habitado, usado, reflete as contradições do modo de produção e do cotidiano da sociedade, conseqüentemente, expressa os mais variados níveis de vulnerabilidade (SANT'ANNA NETO, 2008).

As diferentes apreensões e repercussões do ritmo, seja por natureza meteorológica ou climatológica, constituem-se no fio condutor da análise geográfica do clima.

Pode-se inferir, então, que a geração de impactos ou repercussões geográficas do clima em sua totalidade se dá muito pouco pela variabilidade, tanto como processo ou como atributo e, em menor repercussão ainda na mudança.

A ocorrência das adversidades climáticas, catástrofes, azares e desastres se dá na escala do ritmo climático, mesmo sendo eventos habituais ou extremos, mas que se relacionam com o impacto social (MONTEIRO, 1991).

Todos esses eventos são entendidos não somente com a base matemático-estatística (inerente à análise de evento extremo), mas com relação à produção do espaço geográfico e seus níveis de vulnerabilidade (SANT'ANNA NETO, 2008).

Há de se considerar que o espaço geográfico com diversos níveis de vulnerabilidade pode ser altamente impactado, mesmo sobre padrões climáticos habituais. Essa é a realidade de parte significativa dos espaços urbanos, como aponta Gonçalves (2003), Zanella (2006), Veyret (2007) e Sant'Anna Neto (2012).

Admite-se, assim: a) a intensidade, a velocidade e a frequência; b) a noção da infelicidade – no que tange os prejuízos econômicos e perdas humanas e; c) que mesmo que esses eventos possam abranger os limites habituais, dependendo de escalas temporais específicas, eles também podem se configurar como evento extremo ou excepcional.

Em suma, com base na estratégia de investigação da variabilidade que deve enfocar repercussões geográficas dos eventos extremos, conforme Sant'Anna Neto (2008) e, nas definições de Marengo (2009), infere-se que o contexto deste trabalho está para observação desses eventos no contexto da variabilidade climática nos eventos extremos de clima.

Neste sentido, ao propor um estudo de eventos extremos em climatologia, além dos procedimentos e técnicas significativas para classificação dos ruídos, observação e relação dos e com os impactos produzidos (necessário à identificação desses tipos de eventos), é importante, também, direcionar para uma construção teórica que qualifique de forma mais coerente a consideração aos níveis de vulnerabilidade no espaço geográfico.

A vulnerabilidade é entendida, segundo os termos de Veyret (2007), como a determinação dos danos máximos que podem afetar um alvo, tal como o patrimônio

construído ou população e, que não pode ser definida mediante índices científicos ou técnicos.

Sant'Anna Neto (2011, p. 48) entende a vulnerabilidade como o “[...] grau com que um sistema natural ou social é suscetível de suportar ou não os efeitos adversos, considerando o seu nível de exposição, sua sensibilidade e sua capacidade de adaptação”.

Conforme esses autores, a vulnerabilidade possui:

- a. variação tanto no espaço, quanto no tempo;
- b. pode estar inserida em diferentes escalas de análise e de efeito, diferenciando-se desde horas a séculos, e entre uma casa, um estado e o nível global;
- c. possui relação com fatores socioeconômicos que podem aumentar/diminuir e gerar um quadro muito mais agravado/ameno junto às populações que se encontram ameaçadas ou já envolvidas por um risco.

#### **4.5 O estudo da variabilidade com base nas teleconexões climáticas**

Segundo Cavalcanti e Ambrizzi (2009, p. 318), as teleconexões climáticas referem-se a um padrão recorrente e persistente de anomalias de uma determinada variável climática que é associada às anomalias em regiões remotas. Esses padrões podem persistir por várias semanas ou meses ou se tornarem dominantes por vários anos consecutivos.

Cavalcanti e Oliveira (1996) e Cavalcanti e Ambrizzi (2009) sugerem que as teleconexões climáticas mostram uma parte importante da variabilidade interanual e interdecadal da circulação atmosférica, pois várias delas atuam e são de escala planetária e cobrem grandes regiões, como bacias oceânicas e continentes.

Esses padrões climáticos agem conjuntamente em escalas espaciais e temporais diferentes e criam *backgrounds* entre si. Também são observadas interconexões e definições de outros padrões que podem reforçar ou enfraquecer outras componentes dependendo de suas escalas, contudo sem apresentação de eliminação de um pelo outro (KAYANO e ANDREOLLI, 2009).

Os primeiros estudos de teleconexões foram relacionados com a Oscilação Sul, quando Walker e Bliss (1932) analisaram os dados de pressão ao nível do mar e

encontraram correlações negativas entre regiões do Oceano Pacífico Sul da Austrália e do Oceano Índico.

Segundo os mesmos autores, na época da divulgação sobre a possível “interconexão” da Oscilação Sul – OS (atualmente, observada como a componente atmosférica do ENOS) foram verificados padrões de pressão, temperatura e precipitação obtidos por estações de superfície muito distantes da região.

Naquela época, 1932, a ideia de conexão parecia nova e controversa e, os resultados indicaram pouca aceitação da comunidade científica. Com o avanço técnico-científico o conceito de *teleconexão* favorecia o melhor entendimento dos estudos climáticos de observação acoplada e, mostravam mais claramente o papel do oceano na atmosfera (CAVALCANTI e AMBRIZZI, 2009).

Cavalcanti e Oliveira (1996) e Hoskins (1983) afirmam que os estudos de teleconexões têm fornecido um bom exemplo da união entre observações, teorias e modelos. Para esses autores, a Teoria Unificada de Propagação de Ondas de Rossby e a Teoria de Instabilidade Baroclínica em Três Dimensões têm servido para explicar diversas configurações de teleconexões observadas e examinar a ocorrência das chamadas anomalias de baixa frequência.

As primeiras observações de teleconexões no Hemisfério Sul surgiram a partir de Mo e White (1985). Esses pesquisadores analisaram, por meio da correlação ponto a ponto da altura geopotencial em 500 hPa, com a pressão à superfície e dados de anomalias médias mensais de pressão ao nível do mar, no período de 1972 a 1980, uma configuração na estrutura horizontal em diferentes fases entre latitudes baixas, médias e altas, com forte relação com os deslocamentos das correntes de jato.

Uma dessas estruturas horizontais observadas é atuante tanto nas estações de verão, quanto de inverno, sobretudo em diferentes posições. Mediante a padronização de índices (positivos e negativos), Mo e White (1985) sugeriram que a circulação atmosférica do Hemisfério Sul tem apresentado transições entre circulações zonalmente simétricas e circulações de estrutura horizontal.

Mo e Ghil (1987) também observaram um padrão dipolo zonal formado por um centro sobre o Pacífico Sul Leste e outro sobre o Atlântico Sul Oeste. Houve indicação da Cordilheira dos Andes nessa configuração, em que Mo e Ghil (1987) a denominaram de Configuração do Pacífico e Atlântico Sul - PAS.

Cavalcanti e Oliveira (1996) afirmam que a Região Sul da América do Sul é profundamente afetada por essa configuração, principalmente quando seu centro (positivo ou negativo) se localiza a sudeste do continente.

As observações de Ghil e Mo (1991) sugerem relação com a PAS em oscilações intrasazonais, indicando dois modos, um de variabilidade de 21 a 26 dias e, outro de 36 a 40 dias. Esta observação tem sido associada com a influência na convecção tipo ZCAS e no seu posicionamento espacial.

Segundo Dias e Silva (2009), os mecanismos de produção das teleconexões estão baseados em três processos principais: 1) as ondas atmosféricas; 2) a continuidade de massa e; 3) mudanças de fases da água (gasosa para líquida ou sólida).

O terceiro processo é suficiente para formação de nuvens e liberação de energia, determinando a direção vertical do ar. O segundo participa na alteração dos ventos (devido às características termodinâmicas da massa) tanto em superfície (formação de ciclones e anticiclones), quanto em altitude. Esta, por sua vez, determina o efeito de alteração dos comprimentos das ondas planetárias de milhares de quilômetros, verificando a participação do primeiro processo. A alteração da variação da onda planetária, o regime de chuvas numa determinada região é também alterado, essa alteração pode ocasionar repercussões globais (DIAS e SILVA, 2009).

Segundo a NOAA (2012), atualmente são observados cerca de onze padrões de teleconexões:

- no Hemisfério Norte, sendo: a *North Atlantic Oscillation* (NAO) e a *East Atlantic Pattern* (EA) no Oceano Atlântico;
- na Europa e Ásia são observados a *East Atlantic/Western Russ pattern* (EATL/WRUS), a *Escandinavia pattern* (SCAND), e a *Polar/Eurasia pattern*;
- no Pacífico Norte e na América do Norte são observadas a *West Pacific pattern* (WP), a *East Pacific - North Pacific pattern* (EP-NP), a *Pacific/North American pattern* (PNA), a *Tropical/Northern Hemisphere pattern* (TNH), a *Pacific Transition pattern* (PT), e a *Arctic Oscillation* (AO).

Exceto as duas últimas teleconexões que demonstram prazo de variabilidade de três a dois meses, com duração de dezembro a fevereiro e agosto a setembro, respectivamente, todas as demais são observados em todos os meses.



Os principais modos observados no Hemisfério Sul que se relacionam a variabilidade desse hemisfério, são: Configuração do Pacífico e Atlântico Sul (já apresentada anteriormente), a Oscilação de 30-60 dias ou Oscilação Madden-Julian - OMJ, a Oscilação Antártica (OAA), o El Niño Oscilação Sul (ENOS), a Oscilação Decadal do Atlântico (ODA) e a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP).

No Brasil, parte dessas configurações de teleconexões tem sido observada: pelos padrões de variabilidade interanual e intrassazonal, também chamados de modos de variabilidade de alta frequência (CAVALCANTI e AMBRIZZI, 2009; GRIMM, 2009b); pela superposição de padrões de variabilidade interanuais aos modos de variabilidade climática de baixa e baixíssima frequência, ou seja, os modos que atuam em escalas decadal e multidecadal (KAYANO e ANDREOLI, 2009) e; por meio da identificação das configurações das TSMs e sua correlação com parâmetros ou índices climáticos, principalmente, precipitação em regiões remotas. (CAVALCANTI e AMBRIZZI, 2009, p. 328; GRIMM, 2009a; 2009b).

Tendo em vista os resultados de trabalhos no âmbito da climatologia sobre as teleconexões e a proposta dos objetivos indicados para esta pesquisa, apresenta-se a seguir uma revisão sobre o papel dos oceanos na produção das teleconexões observadas e discutidas no contexto da climatologia geográfica, meteorológica e oceanográfica.

Pretende-se com isso, compor e justificar como as componentes oceânicas são importantes para análise da variabilidade das chuvas no Paraná em particular e, nas regiões subtropicais e tropicais em geral.

Assim, serão destacadas as características e as repercussões espaciais e temporais dos modos de variabilidade averiguadas no Oceano Pacífico, contudo, a fim de justificar melhor o papel dos oceanos no sistema climático no Brasil e na América do Sul, alguns modos do Oceano Atlântico também serão apresentados.

#### **4.6 Componentes oceânicas da variabilidade e suas teleconexões**

Segundo França (2009), os oceanos têm por volta de 4000m de profundidade, sendo que os primeiros 10m possuem massa equivalente a da Atmosfera e, os três primeiros metros possuem uma capacidade calorífica igual a toda a Atmosfera.

Esses fatores somados à área abrangida pelos oceanos (71% da Terra), à alta capacidade calorífica reservatório de calor e à 'memória' do sistema climático, resultam numa troca de energia entre oceano-atmosfera. Essa troca energética se dá mediante sua interface com as circulações movidas por:

- a) rotação da terra;
- b) velocidade e direção dos ventos dominantes;
- c) variações na densidade da água devido às diferenças na temperatura;
- d) salinidade entre os oceanos (circulações termoalinas).

Esses elementos fazem com que os oceanos sejam a principal componente da variabilidade climática do planeta (FRANÇA, 2009).

Outro aspecto importante é a observação de ciclos anuais que os oceanos possuem pelo armazenamento de calor durante o verão, seu transporte para os polos e, a liberação de calor durante o inverno. Essa característica tende a atenuar relativamente o ciclo sazonal de temperaturas da superfície terrestre e, acontece com a amplitude anual cíclica de temperatura dos Hemisférios Norte (61% oceanos) e Sul (81% oceanos) (FRANÇA, 2009).

Molion (2005) escreve que os oceanos são imensos reservatórios de calor. O autor explica que como a atmosfera é aquecida por debaixo (parte inferior da Troposfera), os oceanos são a condição de contorno mais importante para o clima. Por possuírem esse caráter, eles são responsáveis pela maioria das teleconexões observadas atualmente.

Por meio dos dados de TSM é possível verificar os mecanismos físicos, dinâmicos e termodinâmicos de interação oceano-atmosfera, como principais atributos do papel dos oceanos na variabilidade climática (MOLION, 2005; WAINER, 2010).

As TSMs são obtidas por meio de imagens de satélite ou de boias marítimas (NOAA, 2012). No primeiro caso, os oceanos são observados mediante radiômetros infravermelhos instalados nos satélites, que medem a temperatura do oceano a partir da consideração da radiação emitida pela camada superficial da água (cerca de 10  $\mu\text{m}$ ).

No segundo caso, as boias são equipadas com termômetros que medem a temperatura da água do mar entre 1 a 20 metros de profundidade, e/ou até em quilômetros (NOAA, 2012). Tais equipamentos podem estar à deriva (e/ou navegam através das correntes oceânicas), instaladas em navios, submarinos ou podem ser fixas em determinados pontos próximos ou não às costas continentais.

A partir desses dados e da configuração espacotemporal das TSMs, uma série de índices climáticos são relacionados. Muitos desses índices são calculados a partir de TSM estimada e, neste caso, a classificação na forma numérica tem demonstrado

correlações significativas entre as mesmas, e as variáveis climáticas que influenciam as dinâmicas dos fenômenos climáticos nas mais diversas escalas (NOAA, 2012).

Infere-se que o desenvolvimento de estudos (mudança, variabilidade, dinâmica, circulação atmosférica, teleconexões, etc) que levem em consideração o papel dos oceanos, podem destacar bastante relevância desses, no que tange o entendimento e compreensão do sistema climático e suas repercussões espaciais e temporais.

Nesta perspectiva, as TSMs do Oceano Atlântico apresentam diversos modos com variações interanuais e decadais: o equatorial, o monopolo, o dipolo e o gradiente meridional (KAYANO e ANDREOLLI, 2009, p. 380). Os dois últimos modos, denominados de Variabilidade Decadal do Atlântico, são configurados a partir de mudanças anômalas nas TSMs do Oceano Atlântico Tropical, o que inibe (aumenta) a formação de nuvens e diminui (eleva) os índices pluviométricos, principalmente no Leste da Amazônia (Amapá, Pará) e litoral Norte Brasileiro (Maranhão). A Variabilidade Decadal do Atlântico - VDA possui prazo de variabilidade de 10 e 14 anos ao Norte e ao Sul da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT).

A VDA apresenta uma fase positiva com a configuração de TSMs quentes, no Atlântico Tropical Norte e, TSMs frias, no Atlântico Equatorial e Tropical Sul, com movimentos descendentes de transporte do ar frio e seco dos altos níveis da atmosfera sobre a Região Leste da Amazônia e no litoral Norte Brasileiro e, em alguns países da África Ocidental. Ainda, possui uma fase negativa em que TSMs frias, no Atlântico Tropical Norte e, TSMs quentes, no Atlântico Tropical Sul, configuram o aumento de movimentos ascendentes sobre a Região Leste da Amazônia/litoral Norte Brasileiro e, em alguns países da África Ocidental, além de intensificar a formação de nuvens e aumentar os índices pluviométricos (KAYANO e ANDREOLLI, 2009).

Wainer (2010) afirma que essas configurações de TSM e, especialmente, as observadas na Região Tropical do Oceano Atlântico exercem influência significativa na precipitação no nordeste brasileiro.

Nobre e Shukla (1996) afirmam que as condições oceânicas e atmosféricas sobre a bacia do Atlântico Tropical influem fortemente na variabilidade interanual do clima sobre as Américas. Para os autores, a frequência dos processos oceânicos e atmosféricos no Atlântico é significativamente grande e engloba a variabilidade intrassazonal, interanual e interdecadal das correntes oceânicas e também das TSMs. Ainda, conforme o autor, as oscilações de frequência decadal detectadas nos campos atmosféricos de vento e precipitação sobre o Atlântico Tropical são possivelmente induzidas pelas

condições de contorno oceânicas com variação lenta do ambiente marinho (NOBRE e SHUKLA, 1996).

Essa dinâmica é explicada por Hastenrath (1984, *apud* NOBRE e SHUKLA, 1996), quando sugere que os ciclos anuais dos ventos e do calor sensível armazenado nas camadas superiores do Atlântico Tropical sofrem forte influência dos sistemas de monção dos continentes circunjacentes, fazendo com que a variabilidade interanual dos ventos e da TSM sobre o Atlântico sejam moduladas pelo ciclo anual do aquecimento solar.

O autor conclui que o padrão espacial predominante do ciclo anual e da variabilidade interanual das TSM e ventos à superfície sobre o Atlântico apresenta uma estrutura norte-sul mais pronunciada do que a estrutura leste-oeste (NOBRE e SHUKLA, 1996).

O Oceano Pacífico, por outro lado, que ocupa mais de um terço da superfície da Terra, representando cerca de 40% da área marítima total do mundo, apresenta-se como a sede das mais intensas tempestades tropicais. Sua área é suficiente para sofrer as influências sazonais da distância da Terra em relação ao Sol, sendo que essas alteram a insolação entre 3 a 6% (PICKARD, 1974).

Para Molion (2005), o Oceano Pacífico possui papel preponderante na variabilidade climática global, pois, além de ocupar uma grande área, ele é o principal armazenador de calor do planeta e controlador da variabilidade climática. Ademais, ele demonstra configurações com variações de prazo mais longo ou médio, como a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP), ou ainda com prazos mais curtos, como o El Niño Oscilação Sul.

As configurações dessas oscilações são expostas a seguir e, direcionam conjuntamente para as definições dos controles da variabilidade das chuvas no estado do Paraná.

#### **4.6.1 O El Niño Oscilação Sul**

O ENOS é uma oscilação acoplada ao sistema oceano-atmosfera, configurada pelas alterações nas TSMs, na pressão, no vento e na convecção tropical no Oceano Pacífico, mas com repercussões em muitos lugares do planeta (GRIMM; 2004; GRIMM, 2009b).

Trenberth (1997), Molina (1999), Oliveira (2001), Berlato e Fontana (2003) e Coelho (2006) salientam que a origem do conhecimento/descoberta do fenômeno não é

certa, mas que por meio de relatos de pescadores e fazendeiros da costa peruana, que viam suas atividades prejudicadas devido à manifestação de uma corrente marítima costeira quente de norte para sul e uma coincidência no aumento nos índices pluviométricos na região.

Na realidade, segundo os autores, essa corrente quente era comum durante todos os anos e manifestava-se durante períodos que variavam de algumas semanas a um mês ou pouco mais, uma vez que o aquecimento atingia seu pico. Como a manifestação se dava próxima à data do Natal, a corrente recebeu o nome de “El Niño” (o Menino Jesus em espanhol) (TRENBERTH, 1997; MOLINA, 1999; OLIVEIRA, 2001; BERLATO e FONTANA; 2003; COELHO, 2006).

A oscilação apresenta duas fases denominadas El Niño e La Niña (TRENBERTH, 1997; MOLINA, 1999; OLIVEIRA, 2001; BERLATO e FONTANA; 2003; COELHO, 2006; GRIMM, 2004; 2009b), num sistema entendido como uma gangorra (balança) barométrica entre o Pacífico central-leste e oeste (COELHO, 2001; MOLINA, 1999; GRIMM, 2009b).

Essa oscilação é a principal fonte de variabilidade climática interanual global e, no caso do Brasil, apresenta significativa contribuição para a variação da precipitação em várias regiões, além de representar um importante modulado da variabilidade de mais alta frequência (GRIMM, 2004; 2009b).

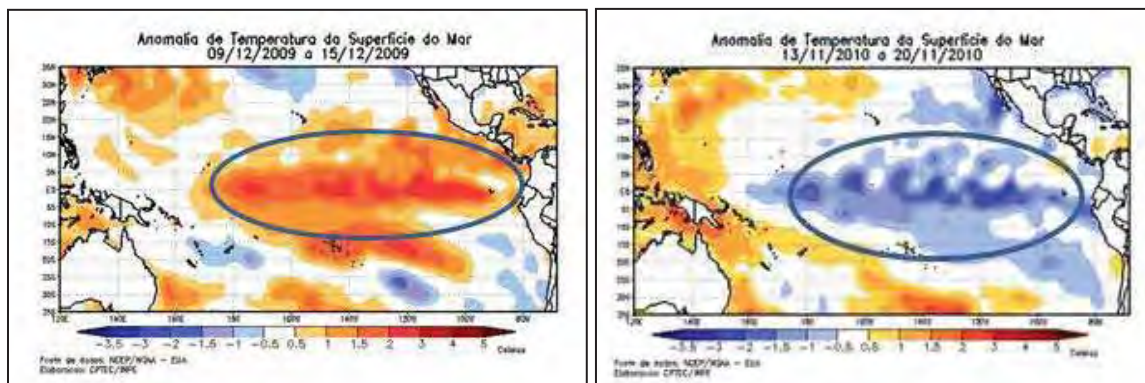
Esse modulado ocorre em razão das variações da Circulação Atmosférica com modo Walker no Oceano Pacífico, que mostram: a) um movimento interanual leste-oeste da célula de Walker, associado a anomalias na convecção atmosférica; b) processos de interação oceânico-atmosférica; c) desempenha um papel significativo para observação e desenvolvimento do ENOS (BJERKNES, 1966; 1969; WANG, 2002a; NEELIN *et al.*, 1998).

A variabilidade do ENOS tem sido comumente representada por duas formas: ou por meio dos índices de TSMs em determinadas regiões (Niño 1+2; Niño 3, Niño 3.4; Niño 4) do Oceano Pacífico Equatorial, ou pelo Índice da Oscilação Sul – IOS, obtido pela diferença de pressão entre a ilha de Tahiti e Darwin, na Austrália (MOLINA, 1999). Os índices representam, respectivamente, a componente oceânica e atmosférica da oscilação.

A configuração espacial representada na **Figura 5** ilustra as TSMs negativas não habituais (predominância da cor azul) na configuração do La Niña do período de referência entre 13 e 20 de novembro de 2010. As TSMs não habituais positivas

(predominância das cores vermelho e laranja) indicam a ocorrência de El Niño referente ao período de 09 a 15 de dezembro de 2009.

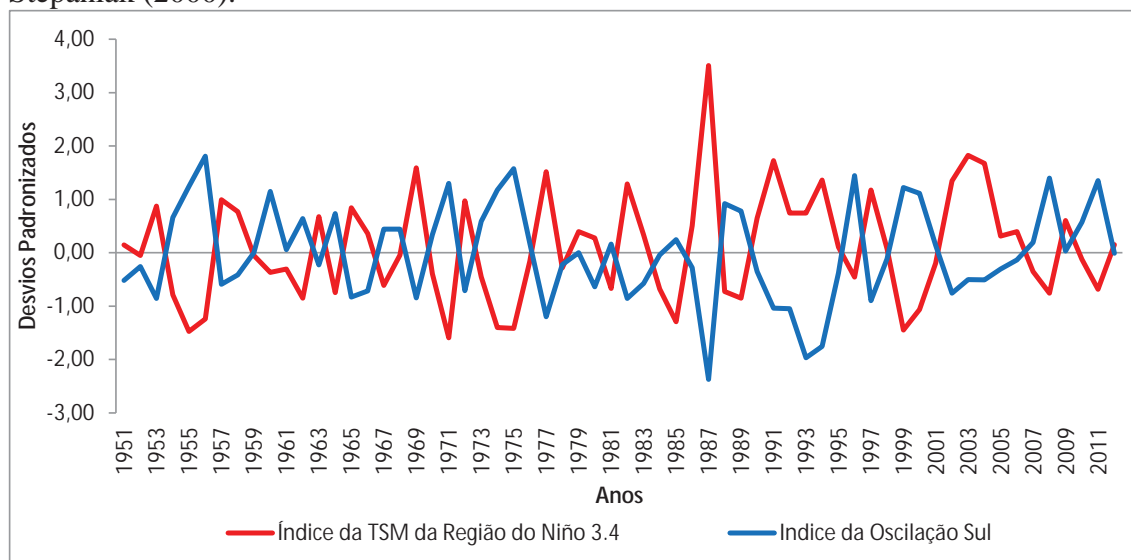
**Figura 5** - Configuração espacial das anomalias de TSMs no Pacífico Tropical.



Destaque para região de manifestação do El Niño e da La Niña, respectivamente à esquerda e à direita. Fonte: CPTEC (2012). Org. Nascimento Júnior, L.

A componente oceânica se refere às configurações das TSMs no Oceano Pacífico Equatorial e se relaciona às fases El Niño (TSMs+) e La Niña (TSMs-). Já a componente atmosférica obtida pelo IOS, quanto apresenta padrão negativo ou positivo indica a ocorrência de El Niño ou La Niña, respectivamente (**Figura 6**).

**Figura 6** - Variabilidade anual do IOS e das TSMs na região do Niño 3.4 com base no desvio padronizado das médias mensais, segundo Walker e Bliss (1932) e Trenberth e Stepaniak (2000).



Fonte: Climate Diagnostics Center (2012) e National Climate Centre (2012). Org. Nascimento Júnior, L.

Destaca-se na análise da **Figura 6** que os índices apontam para um padrão inverso, ou seja, enquanto as TSMs representam valores positivos (negativos), os IOS apresentam valores negativos (positivos), respectivamente, como padrão natural da



natureza dos dois índices e, conforme observado na literatura sobre o tema (MOLINA, 1999; OLIVEIRA, 2001; BERLATO e FONTANA, 2003; COELHO, 2006; GRIMM, 2009b; CPTEC, 2012; NOAA, 2012).

Segundo Berlato e Fontana (2003), Molion (2008a; 2008b) e Coelho (2006), um fenômeno típico de El Niño pode durar de 14 a 22 meses e decai quando não há água quente o suficiente para sustentar os ciclos ou ritmos repetitivos de dois a sete anos. Berlato e Fontana (2003) mostram que variações interanuais tipo ENOS foram encontradas há 1000 anos.

A duração do fenômeno coincide com o ciclo sazonal de TSM no Pacífico Tropical Leste em que “[...] o pico de anomalias positivas de TSM próximo à costa da América do Sul ocorre no mesmo período do pico climatológico de TSM dessa região do Pacífico” (RASMUSSEN e CARPENTER, 1982).

O modo interanual de variabilidade tipo ENOS é bastante estudado e suas repercussões espaço-temporais serão apresentadas logo adiante. A próxima seção apresenta outro padrão de variabilidade observado no Oceano Pacífico, mas em escala decadal.

#### **4.6.2 A Oscilação Decadal do Pacífico**

A observação de similaridade nas estruturas espaciais oceano-atmosfera, constatadas no final da década de 1990, tem demonstrado interesse por parte dos pesquisadores em clima em esclarecer como o Pacífico Tropical e Extratropical interagem nas escalas decenais (KAYANO e ANDREOLI, 2009).

O padrão mais recorrente das TSMs do Oceano Pacífico nas escala de décadas é a Oscilação Decadal do Pacífico. Seu prazo de variabilidade é de vinte a trinta anos, sendo, portanto, um modo de variabilidade<sup>11</sup> de baixa ou baixíssima frequência (KAYANO e ANDREOLI, 2009; MANTUA e HARE, 1997; MANTUA *et al.*, 2002).

No levantamento bibliográfico realizado, a ODP tem sido representada por pelo menos dois índices: a) índice mensal do NCDC – *National Climatic Data Center- USA* e; b) o índice mensal de Mantua e Hare (1997).

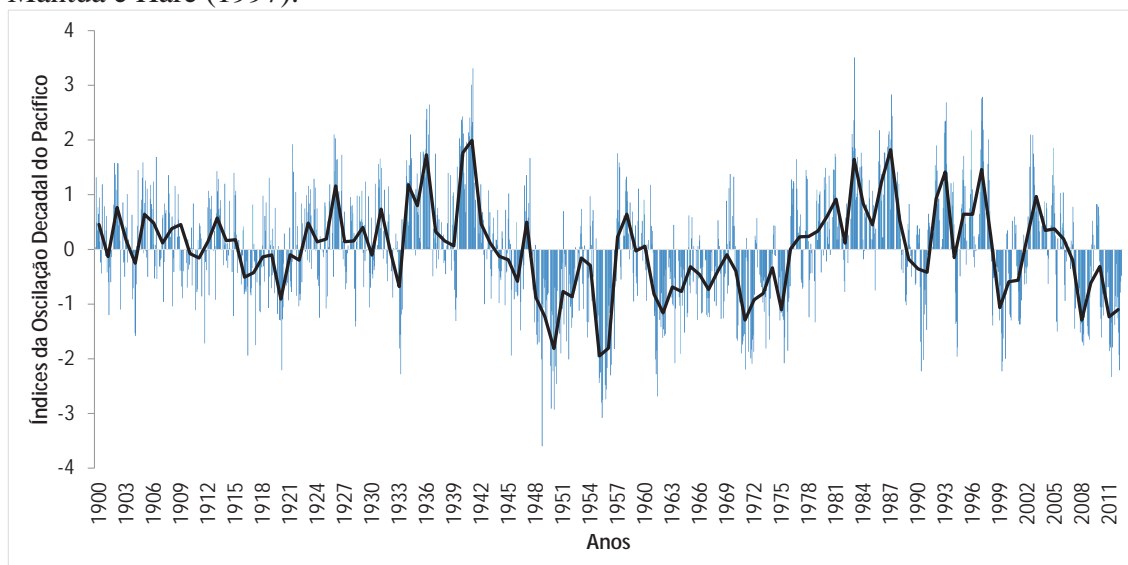
O Índice da ODP produzido por Mantua e Hare (1997) é derivado da primeira componente principal das anomalias da TSM no Pacífico Norte, entre as latitudes 20°N

---

<sup>11</sup> Terminologia utilizada principalmente na Meteorologia para explicar sistemas ou padrões de variabilidade climática com característica identificáveis, efeitos regionais específicos e associáveis e, por vezes, de caráter oscilatório (GLOSSARY, 2007). Por exemplo, o ENOS é um modo de variabilidade interanual do Oceano Pacífico.

e 90°N (Polo), segundo os autores, foi excluído qualquer sinal de aquecimento global. A variabilidade do índice foi transformada em anual, conforme a **Figura 7**.

**Figura 7** - Variabilidades dos IODP mensal (barras azul) e anual (linha preta), segundo Mantua e Hare (1997).



Fonte: Mantua e Hare (1997). Org. Nascimento Júnior, L.

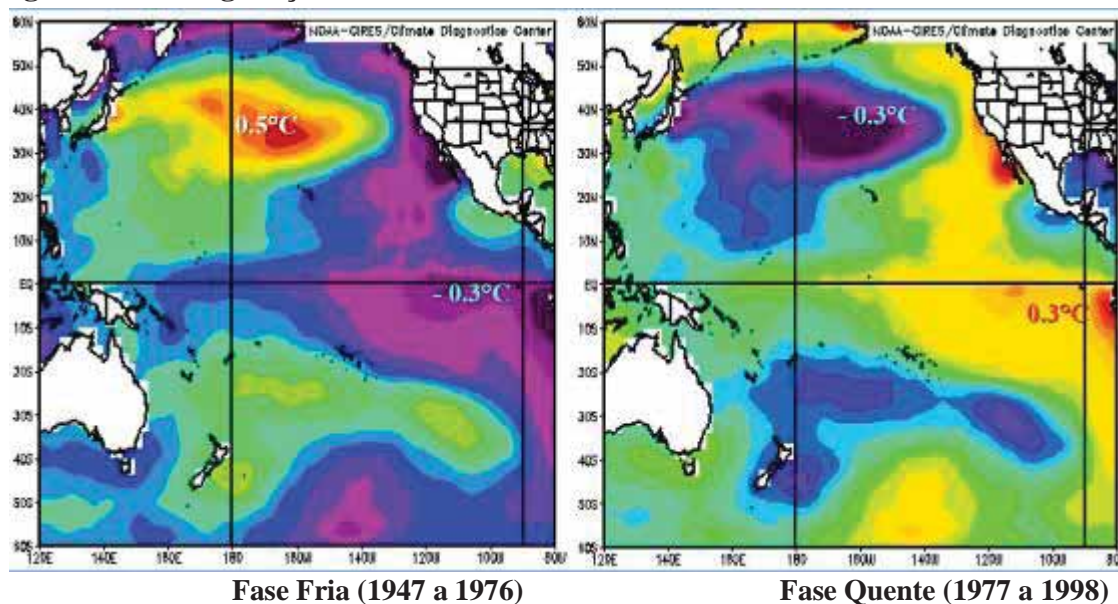
Como pode ser observada, a variabilidade do índice da ODP apresenta variações bem marcadas, na qual é possível destacar a ocorrência de fases frias, ou ODP Negativa (ODP-), como ocorreu em 1947 a 1975 e, a partir de 1998 com predominância de índices negativos, e fases quentes, ODP Positiva ou ODP+, de 1925 a 1946 e 1976 a 1997, com predominância de valores positivos dos índices.

Essas fases representam, respectivamente, a caracterização do conjunto de anomalias TSMs quando apresenta uma ODP- e ODP+, nas quais a configuração superficial das TSMs do Oceano Pacífico possuem anomalias positivas (negativas) no Pacífico Tropical e, negativas (positivas) no Pacífico Extratropical (**Figura 8**).

Foi a partir da década de 90, com bases em pesquisas sobre a variação decadal das TSMs correlacionadas com as secas e chuvas intensas (e inundações) no verão chinês, que Wang e Zhao (1979 *apud* MANTUA e HARE, 1997; MANTUA *et al.*, 2002) e Wang *et al.* (1981 *apud* MANTUA *et al.*, 1997) utilizaram pela primeira vez o termo Oscilação Decadal do Pacífico.

Liu *et al.* (2002) se referiram a essa oscilação como padrão de variabilidade em escala de vinte e trinta anos, e a denominaram como Oscilação Bidecadal. Por outro lado, Minobe (2000) sugeriu o nome Oscilação Pentadecadal para ODP, devido à observação do modo de variabilidade de cinquenta a setenta anos e, a verificação de que quanto à mudança de fase das duas oscilações coincide, existe, também, uma troca brusca de um regime frio para o quente da ODP e vice-versa.

**Figura 8 – Configuração das TSMs do Oceano Pacífico em fases distintas da ODP**



Fonte: NOAA (2012).

Para Mantua *et al.* (2002, p. 36), os nomes como Oscilação Interdecadal do Pacífico, Oscilação do Pacífico Norte e Variação Decadal do Pacífico têm sido usados, mas que a denominação Oscilação Decadal do Pacífico é a que indica a maturidade, desenvolvimento, ampliação da pesquisa e dos resultados de investigação do clima sobre a atividade pesqueira e os estudos de hidroclima.

Wu *et al.* (2003) e Newman *et al.* (2003) investigaram a gênese da oscilação.

Em Wu *et al.* (2003), a ODP foi observada a partir de um conjunto de experiências com modelos acoplados de oceano-atmosfera. As simulações do modelo sugeriram que a variabilidade da oscilação possui dois modos distintos: um bidecadal do modo decadal do Pacífico Tropical e, outro mais longo, referente ao modo Multidecal do Pacífico Norte.

Os autores inferiram, por meio da simulação, que a oscilação origina-se, predominantemente, a partir da interação oceano-atmosfera local dentro dos trópicos,

em associação com um modo maior de ondas tropicais baroclínicas, com reforço extratropical-tropical substancial de interação via teleconexões oceânicas e atmosféricas (WU *et al.*, 2003).

Em Newman *et al.* (2003), a ODP foi analisada segundo a variabilidade do ENOS. Para os autores, a oscilação

*[...] is dependent upon ENSO on all timescales. To first order, the PDO can be considered the reddened response to both atmospheric noise and ENSO, resulting in more decadal variability than either. This null hypothesis needs to be considered when diagnosing and modeling "internal" decadal variability in the North Pacific. For example, the observed spatial pattern of Pacific SST decadal variability, with relatively higher amplitude in the extratropics than in the Tropics, should be at least partly a consequence of a reddened ENSO response (NEWMAN *et al.*, 2003, p. 3856).*

Contudo, estudos recentes (GERSHUNOV e BARNETT 1999; GERSHUNOV *et al.*, 1999) sugerem que as teleconexões associadas aos ENOS na América do Norte são fortemente dependentes das fases da ODP.

Sendo que, "[...] a such that the "canonical" El Niño and La Niña patterns are only valid during years in which ENSO and PDO extremes are "in phase (i.e. with warm PDO+El Niño, and cool PDO+La Niña, but not with other combinations)" (MANTUA, 1999, p. 4).

Segundo Mantua e Hare (1997), Mantua (1999) e Mantua *et al.* (2002), a última ODP- ocorreu de 1947 a 1976 e terminou com a entrada da ODP+, que perdurou de 1977 a 1998. A partir deste último ano, o Oceano Pacífico através das configurações espaciais das TSMs dá sinais de uma nova ODP- em instalação.

A seguir são apresentadas as repercussões espaçotemporais no mundo dos ENOS e da ODP na América do Sul, no Brasil e na Região Sul, conforme os estudos na climatologia meteorológica e geográfica, oceanografia e agrometeorologia.

#### **4.6.3 Repercussões dos modos interanuais e decadais do Oceano Pacífico**

Segundo Zhang *et al.*, (1997), Silva (2006) e Garcia (2006), a ODP+ está relacionada com um inverno mais quente e ar mais seco no noroeste do Pacífico, menos precipitação e neve nas montanhas, águas aquecidas no Pacífico Tropical Leste e na estreita banda ao longo da costa do Alasca e do oeste dos Estados Unidos e do Canadá.

Outro caráter da oscilação discutida por Garcia (2006) é que em termos de circulação atmosférica, a ODP possui relação com a Célula de Walker e o Sistema de

Monções da América do Sul (SMAS). Para a autora, a Célula de Walker pode configurar-se com intensidades diferentes e com os seus centros ligeiramente deslocados nas fases negativa e positiva da oscilação. Ela verificou, também, que o SMAS varia em escala multidecadal – modo dominante do sistema, com padrões de anomalias similares aos da ODP.

Garcia (2006) destaca a grande consistência entre as variáveis sobre a América do Sul, já que:

- a) na ODP- (ODP+) ocorrida antes (depois) de 1975, predomina o ar atmosférico mais frio (quente) em baixos níveis;
- b) coincidem com essa configuração as anomalias de pressão no nível do mar positivas (negativas);
- c) com movimento descendente (ascendente) anômalo em pares ciclônicos (anticiclônicos) simétricos em relação ao Equador à oeste da região;
- d) anomalias negativas (positivas) de água precipitável e;
- e) indica um enfraquecimento (fortalecimento) do SMAS na fase ODP- e ODP+.

Tratando especificamente das repercussões da variabilidade interanual padrão ENOS, Molion (2005) declara que o La Niña, de 1984, e o El Niño, de 1998, provocaram variações nas temperaturas médias globais de  $-0,5^{\circ}\text{C}$  e de  $0,7^{\circ}\text{C}$ , respectivamente. Essa verificação foi suficiente para produzir impactos significativos em todo o globo e no Brasil.

Molina (1999) descreve que são verificadas repercussões consideráveis mediante as teleconexões nas latitudes intertropicais com incremento pluviométrico em todo Pacífico Norte entre  $12^{\circ}\text{N}$  da Linha do Equador e em seu setor oriental e central e; também, sobre o Oceano Índico Equatorial; nas latitudes temperadas e frias, através do incremento das chuvas convectivas, que podem aumentar até 200% do normal habitual, como é observado pelas intensas chuvas na Califórnia, Colorado, Oregon e Washington, nos EUA.

Na América do Sul, Molina (1999, p. 110) relata que são evidentes a produção e incremento pluviométrico expressivo na região do Equador, no Norte do Peru, nas terras baixas da Bolívia, no sudeste do Brasil, no Paraguai e no Centro do Chile, em fases de El Niño; secas severas no Setor Andino Peruano, nos Andes Setentrionais e no Sul da América do Sul; além de alterações na pressão atmosférica e temperatura do ar.



Coelho (2001), estudando as anomalias de precipitação sobre a América do Sul e as suas relações com a TSMs dos oceanos Pacífico e Atlântico durante períodos extremos da Oscilação Sul, constatou dois modos de variabilidade de TSM dos oceanos Pacífico e Atlântico. Esses modos se destacaram e apresentaram as maiores correlações com a precipitação sobre a América do Sul.

Para o autor, as maiores influências conjuntas dos padrões de TSMs dos oceanos Pacífico e Atlântico sobre a precipitação da América do Sul durante eventos de El Niño ocorrem no trimestre março, abril e maio. Enquanto a La Niña acontece no trimestre referente aos meses de dezembro, janeiro e fevereiro (COELHO, 2001). Os estudos dos padrões de circulação dos episódios ENOS indicaram uma grande variabilidade entre os eventos.

O Centro de Previsões do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC) (2012) reelaborou mapas produzidos por Temberth *et. al* (1996) que permitem visualizar os principais impactos globais do ENOS. Neles são apresentados os impactos do fenômeno no período de dezembro a fevereiro, como ilustrado na **Figura 9**.

**Figura 9** - Mapeamento dos impactos globais do fenômeno ENOS no trimestre de verão (DJF).



Fonte: CPTEC (2012). As figuras representam impactos do El Niño e La Niña, à direita e esquerda, respectivamente. Org. Nascimento Júnior, L.

A partir da **Figura 9** e com base na descrição do CPTEC (2012), pode-se observar que no Brasil os impactos do fenômeno El Niño produzem alterações no país como um todo.

Na Região Sul, o fenômeno produz precipitações abundantes, principalmente na primavera e, chuvas intensas de maio a junho, além da tendência do aumento da temperatura média. Por outro lado, o fenômeno La Niña produz ocorrência de secas severas e tendência de diminuição da temperatura média.



Segundo Kayano e Andreoli (2009), a existência de estudos que procuram abordar os modos de variabilidade climática de baixa frequência em escalas decadal e multidecadal, representam, também, avanços na identificação das teleconexões climáticas. Com base nesses modos e a superposição de variabilidade interanuais (ENOS, por exemplo) é possível observar alterações em algumas regiões do globo.

Ainda, segundo os autores, dentre os principais aspectos constatados na variabilidade decadal e multidecadal no Oceano Pacífico encontra-se a ODP. Mantua *et al.* (1997) compararam o IODP com o IOS durante o período de 1900 a 2000.

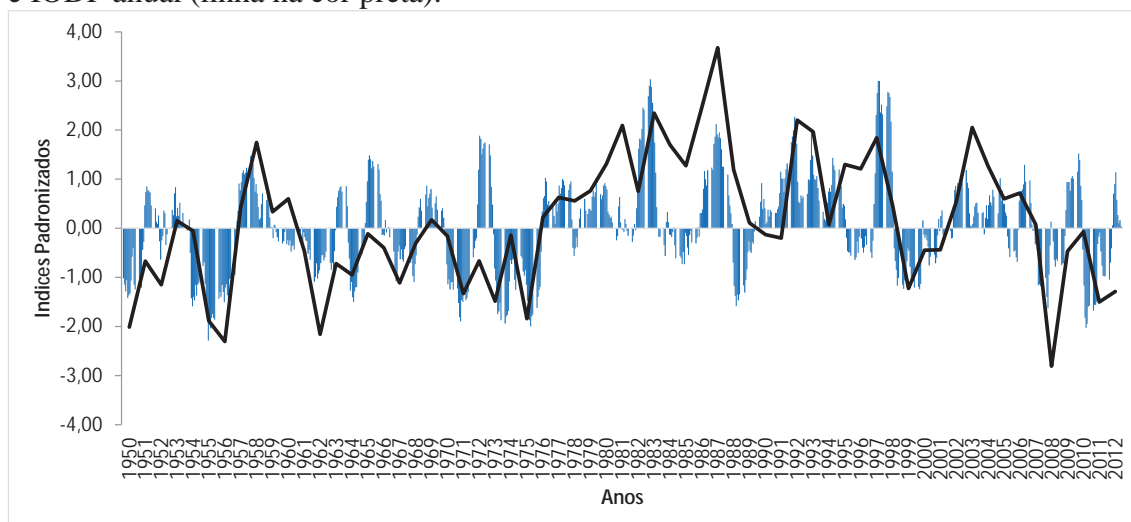
Os autores observaram que durante as fases de ODP+ houve maior ocorrência de ENOS+, enquanto que na ODP- maior número de ENOS-. Os resultados encontrados por Oliveira *et al.* (2006), Molion (2008a; 2008b), Rebello (2009), Aguiar (2009) e Silva *et al.* (2010) corroboram essas afirmações.

Em síntese, na ODP+ há tendência de maior número e intensidade de episódios de ENOS+ e menor número e intensidade de ENOS-. Enquanto que em fases de ODP- há maior número de episódios de ENOS-, que tendem a ser mais intensos, enquanto os ENOS+, que tendem a ser curtos e rápidos e, menos frequentes, como representado na **Figura 10**, por meio da variabilidade dos índices da ODP, segundo Mantua *et al.* (1997), e o Índice Multivariado do ENOS - MEI<sup>12</sup>.

---

<sup>12</sup> O Índice Multivariado do ENOS ou Multivariate ENSO Index – MEI é um dos índices que representam o El Niño Oscilação Sul. O índice é gerado a partir do monitoramento de seis variáveis - pressão ao nível do mar e zonal, componentes meridionais da superfície do vento, da superfície do mar temperatura, a temperatura do ar à superfície e fração totais de nebulosidade do céu observadas no Oceano Pacífico Tropical. O MEI é calculado separadamente para cada uma das doze temporadas bimestrais sequenciais e, depois, combinado e, por fim, há a filtragem espacial dos campos individuais em agrupamentos a partir da primeira componente principal de todas as variáveis (NOAA, 2012)

**Figura 10** - Variabilidade mensal do Índice Multivariado do ENOS (barras na cor azul) e IODP anual (linha na cor preta).



Fonte: NOAA (2013); JISAO (2013). Org. Nascimento Júnior, L.

Silva (2006), Cavalvanti e Ambrizzi (2009) e Kayano e Andreoli (2006) explicam que a ODP pode atuar de forma construtiva para a ocorrência de ENOS. Esses autores definem esse aspecto como um *background*: em que a ocorrência de estruturas de componentes não lineares dá o mesmo sinal de chuva para os eventos de ENOS+ e de ENOS-, para as fases distintas da ODP.

Nesses termos, Kayano e Andreoli (2009) explicam essas configurações com diferentes associações e padrões. Eles ainda sugerem a criação de *background*, no sentido que: quando o ENOS e ODP estão na mesma fase (fase oposta), um modo atua construtivamente (desconstrutivamente) para o padrão do outro modo.

Pode-se inferir que esses padrões são dois dos diversos aspectos que compõem a variabilidade em ritmo decadal e interanual que agem conjuntamente em escalas espaciais e temporais diferentes, mas que se interconectam definindo os padrões e alterações observadas e associadas com outras componentes da variabilidade e elementos do clima.

Garcia (2006) verificou um segundo modo com flutuações interanuais no SMAS, com padrões das composições bem similares aos do ENOS e ODP. A autora conclui que a relação entre monção e ODP é encontrada num modo menos frequente que o segundo. Com isso, ela inferiu que o segundo modo de monção pode ser ao ENOS, enquanto que o primeiro modo à ODP.

Zhang *et al.* (1997) constataram que durante anos de El Niño, ocorridos em ODP+ existiu chuva acima da média habitual nos subtrópicos e, valores abaixo do

valores habituais na maior parte da região tropical e Cone Sul da América do Sul, seguido de aumento na temperatura do ar. Silva *et al* (2011) estudaram os impactos do El Niño no clima da América do Sul no verão, considerando diferentes fases da Oscilação Decadal do Pacífico. No verão austral, sob conjunto dos ENOS e ODP em fases quentes, os autores mostraram padrões com um grande nível anômalo superior em resposta às anomalias TSMs nos Oceanos Pacífico Equatorial e Atlântico, quando comparado com anomalias de TSM em eventos sobre as fases frias.

As anomalias de precipitação em fases quentes foram identificadas no sudeste da América do Sul, associadas à intensificação da convergência do fluxo de umidade nessa área. Além disso, foram notadas anomalias positivas de precipitação sobre o sul da América do Sul e, anomalias negativas foram detectadas no norte, explicadas pelo movimento descendente e divergência anômala sobre o centro-leste do Brasil que pode contribuir de alguma maneira no enfraquecimento da convergência do fluxo de umidade noroeste associado aos jatos de baixos níveis em regiões subtropicais (SILVA, *et al.*, 2011).

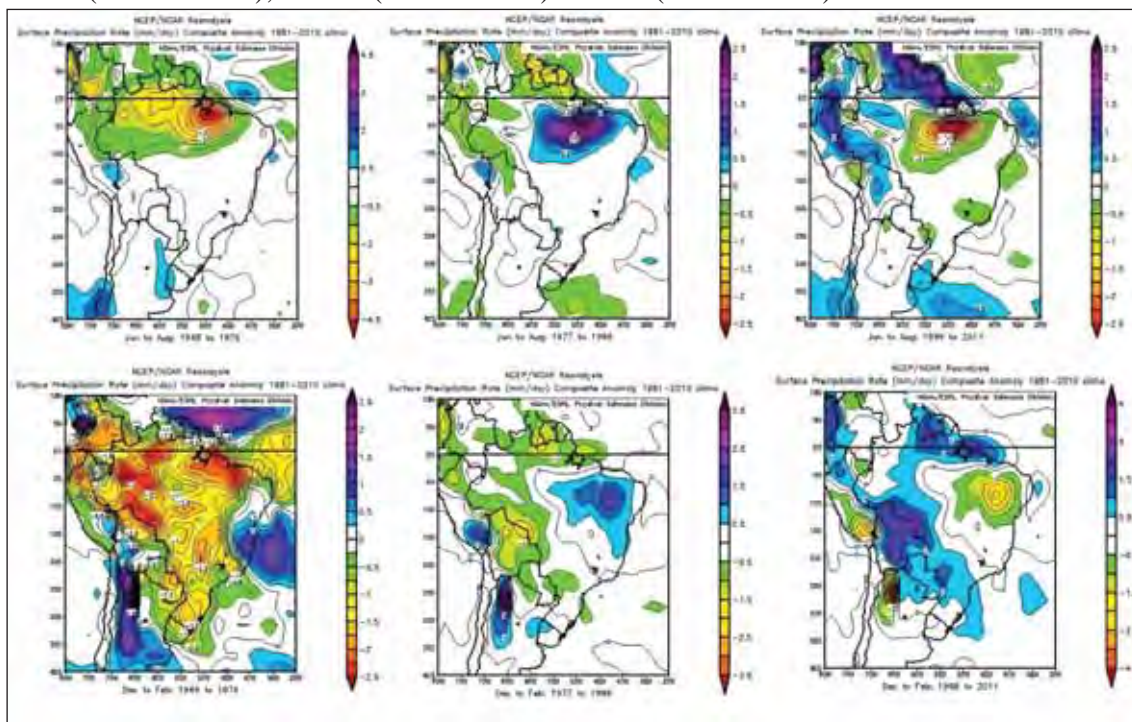
Ainda, segundo Silva *et al.* (2011), os ciclones extratropicais também apresentam configurações interessantes sobre ENOS e ODP. Nesse caso, em fases positivas esses sistemas se configuram com maior frequência e com pressões centrais inferiores no sul do Brasil, Uruguai, e nordeste da Argentina e, diminui no Oceano Atlântico Sudoeste. O inverso ocorre em fases negativas dos fenômenos.

Esse aumento na frequência, na intensidade e na gênese dos ciclones são entendidos a partir das alterações na convergência do fluxo de umidade anômalo sobre o continente a redução da pressão ao nível do mar observada em fases quentes da ODP e do ENOS (SILVA, *et al.*, 2011).

Parte dessas observações pode ser visualizada na **Figura 11**, que ilustra a distribuição espacial das anomalias de precipitação sob as fases da ODP nos trimestres de JJA (junho, julho e agosto – parte superior da figura) e DJF (dezembro, janeiro e fevereiro – parte inferior da figura).

É possível observar que os valores não habituais no mesmo trimestre (anômalos) apresentam núcleos espaciais diferentes, conforme as fases opostas da ODP. Nos trimestres apresentados (JJA e DJF) existe a tendência de diminuição de valores de precipitação em decorrência da oscilação, principalmente em parte da Amazônia e do Nordeste Brasileiro.

**Figura 11** - Anomalia da precipitação média no Brasil nos trimestres de JJA e DJF sob ODP- (1948 a 1976), ODP+ (1977 a 1998) e ODP (1999 a 2011).



Valores não habituais positivos observados (azul a lilás); os valores não habituais negativos (amarela e vermelha); valores habituais ou neutros (cor branca). Fonte: NOAA/ESRL Physical Sciences Division (NOAA, 2012). Org. Nascimento Júnior, L.

Pode-se atestar que esses trimestres, no Brasil, tendem a apresentar menores e maiores valores de precipitação sob ODP- e ODP+. Cabe destacar que a diferença temporal da ODP- de 1947 a 1976, para sua fase atual (1998 a 2011), pode justificar, de certa forma, o padrão espacial desta última nos trimestres, devido a possível ocorrência em desenvolvimento inicial.

Essa configuração coincide com os resultados encontrados por Siqueira *et al.* (2006). Os autores discutem a hipótese da entrada da nova ODP- nos sete anos – 1999 e 2005 -, e mostram que há redução das chuvas sobre o leste da Amazônia, que vem apresentando núcleos de desvios negativos superiores a dois mm/dia, deslocado para sudeste e, direcionando-se para a Região Nordeste.

Por meio de análise de Onduletas<sup>13</sup>, Salvador *et al.* (2006) identificaram padrões de variabilidade da precipitação com períodos bem marcados para a costa oeste do Nordeste Brasileiro. Segundo os autores, os picos dominantes entre 2,5 e 3,5 anos poderiam estar relacionados à variabilidade interanual modo ENOS, e o pico dominante

<sup>13</sup> Técnica estatística de análise de séries temporais, cuja função é capaz de decompor, descrever e representar uma série temporal e sua relação com variáveis independentes, em diferentes escalas de frequência e de tempo. Termo equivalente aos termos *Wavelets* e *Onduletas*.

de 23 e 53 anos, associados à duração de uma fase, e da temporalidade completa da ODP, respectivamente.

Silva *et al.* (2010), mediante a técnica estatística de ondaletas, verificou que a precipitação na bacia do rio São Francisco apresentou padrões de variabilidades em multi-escalas temporais localizadas em certos intervalos de tempo. Segundo as autoras, ficou claro que a associação das mesmas fases de ENOS e ODP promoveram diminuição nas chuvas, quando estão na fase quente dos dois eventos e, aumento nas chuvas, quando na fase fria dos dois eventos, destacadamente no Submédio São Francisco. Na mesma região, foi verificado o deslocamento dos núcleos de mínimos valores quanto à mudança de fase da ODP.

Xavier e Xavier (2009), por meio do emprego da correlação linear, evidenciaram que essa oscilação não influencia significativamente no ‘estado’ do Atlântico Intertropical e também não foi verificado indício algum de que possa modular as chuvas no Nordeste Setentrional (em particular o Ceará) durante a pré-estação ou no início da estação chuvosa. Em se tratando da sua interferência sobre as chuvas, a partir dos meses de março/abril no Ceará, o sinal da ODP é muito fraco comparativamente a do ENOS.

Segundo Streck *et al.* (2009), a ODP juntamente com ENOS em escala anual é responsável pela variabilidade decadal, interanual, sazonal e mensal de precipitação em Santa Maria-RS. Por meio da observação, os autores explicaram significativas anomalias de precipitação na série histórica de 1912 a 2008. A precipitação em nível anual, semestral, estacional e mensal, em décadas com chuva acima da média habitual observada foi associada à ODP+, já os padrões de precipitação intercalados com décadas, cujos valores foram abaixo da média habitual, foram associados à ODP-.

Também no Rio Grande do Sul, Cera *et al.* (2009) e Sperling *et al.* (2009) verificaram correlações significativas com o índice ODP e as chuvas no estado. Cera *et al.* (2009) notaram que o verão na região central do estado apresentou a maior concentração das chuvas. Sperling *et al.* (2009) mostraram que última ODP- completa associou-se com a anomalia negativa de precipitação no verão, sendo que a região sul do estado apresentou as maiores evidências, e a última ODP+ mostrou relações com o aumento nas precipitações de verão, especialmente na região de fronteira com o Uruguai.

Marques (2010), ao estudar a precipitação anual na bacia do rio Tubarão, localizada no sul do estado de Santa Catarina, verificou que a variabilidade da ODP era, por vezes, similar aos padrões de chuva medidos na bacia, além de observar um

incremento expressivo da precipitação no primeiro trimestre (verão) e no quarto trimestre (primavera), mostrando a tendente concentração das chuvas na estação chuvosa daquela região.

Até o momento, discutiu-se a correlação desses padrões com base na alteração dos valores de precipitação e na variabilidade das chuvas, devido ao caráter das teleconexões climáticas baseadas em TSMs (CAVALCANTI e AMBRIZZI, 2009).

No entanto, as repercussões espaço-temporais dessas alterações na variabilidade é o que interessa à análise geográfica de clima. Direciona-se, a partir de então, para o destaque das repercussões espaço-temporais sob o viés da Climatologia Geográfica, na tentativa de subsidiar uma discussão prévia para a Geografia do Clima. Para isso, é necessário definir três pontos.

O primeiro ponto considera que a pluviosidade é um dos elementos significativos que interfere na variação dos rendimentos e produção no espaço agrícola. As chuvas também são fatores importantes para a ocorrência de eventos extremos no espaço urbano, relacionando-se com o abastecimento de água, a geração de energia e a biodiversidade, conforme discutido e apresentado por Farias *et al.*, (1993), Robertson e Mechoso (1998), Almeida (2000), Gonçalves, (2003), Berlatto *et al.*, (2005); Aguiar (2009), Veyret (2007), Marengo (2009), Rebello (2009) e Sant'Anna Neto (2012).

O segundo direciona para o entendimento de que as repercussões da pluviosidade, com e sem associação com os padrões ENOS e ODP, manifestam-se de forma diferenciada, segundo os níveis de vulnerabilidade do espaço geográfico e, por isso, não são observados num sistema de causas e efeitos.

O último, e terceiro ponto, remete à compreensão de que os trabalhos que relacionam as repercussões geográficas da ODP são significativamente menores em qualidade e quantidade (independente do enfoque) do que aqueles que se associam aos padrões ENOS. Esse fato pode ser explicado a partir da natureza de ambos os fenômenos.

O ENOS é observado como o principal modulador interanual da variabilidade no Brasil (GRIMM *et al.*, 2007, GRIMM, 2009a; 2009b; GRIMM e SANT'ANNA, 2010). E pelo caráter que possui no que tange a frequência e variabilidade, pode ser o responsável do ponto de vista sinótico pela ocorrência de eventos extremos de clima (MARENGO, 2009). A ODP, por outro lado, apresenta menor frequência e variabilidade do que os ENOS e, assim, acaba por ser um modulador em escala decadal.



Os impactos da ODP são relacionados à sua temporalidade em conjunção aos padrões ENOS. Nesses contextos, o trabalho pioneiro de Mantua e Hare (1997) sobre a os impactos da ODP na produção de salmão no Oceano Pacífico, próximo à costa dos Estados Unidos, mostra que a produtividade diminuiu sob padrões de TSMs acima da média habitual, observada na região de pesca, tal período é coincidente com a ocorrência da ODP-.

Siqueira *et al.* (2006) discutem que a redução das chuvas na Amazônia e a tendência de deslocamento dos núcleos de desvios negativos para o Nordeste Brasileiro apresenta um quadro preocupante. Para os autores, os resultados sugerem que a região de expansão da fronteira agrícola (cultivo de soja) e as grandes bacias hidrográficas do Leste Amazônico que alimentam hoje o rio Tucuruí e Belo Monte, no futuro, poderão ter precipitações abaixo da média e, dessa forma, prejudicar a produção futura de grãos e de energia, além de agravar a situação climática e a demanda de água no Semiárido Nordestino.

Rebello (2009) verificou boa relação entre os índices da ODP e as anomalias de precipitação no estado do Rio Grande do Sul (positivas e negativas) e produziu uma correlação com alguns anos de déficits agrícolas e a influência da fase de ODP positiva. O autor enfatiza que ao achar uma correlação desse fenômeno com variações da precipitação em nível decadal na Região Sul, foi possível interpretar as quebras de produtividades observadas na região. O autor citou o ano agrícola de 2004/05, quando ocorreu seca severa e gerou quebra na produtividade, com predominância de ODP-.

Berlato *et al.* (2005) escrevem que a produtividade da cultura do milho no Rio Grande do Sul é determinada pelo ENOS, considerando o calendário agrícola para cultura. Para os autores, o ENOS+ determinam os ganhos da produtividade, já o ENOS- determina queda.

Robertson e Mechoso (1998), ao estudarem as vazões cíclicas interanuais e decadais dos rios Negro, Paraguai, Paraná, Uruguai no sudoeste e sul da América, constataram alterações de valores das vazões com padrão ENOS, principalmente nos rios Negro e Uruguai. Outro padrão de vazão foi correlacionado a uma componente quase decadal, e se apresentou com maior significância nas vazões dos rios Paraguai e Paraná. Esta última observação foi mencionada a partir da temporalidade da ODP.

Robertson e Mechoso (2000) verificaram aumento da precipitação e escoamento dos rios sobre o sudeste da América do Sul e sudeste da Amazônia, além de decréscimo

das chuvas no norte da Amazônia, o que foi também averiguado por Marengo (2004), depois de 1976 a 1977, anos consistentes com a mudança de fases ODP.

Piccilli (2007) afirma que o índice da ODP é provavelmente o principal modulador de grande escala e baixa frequência da variabilidade hicroclimática na bacia do rio Paraguai. Para a autora, as fases da oscilação foram bem observadas na região do Pantanal, com “[...] mudanças bruscas de vazões coincidentes as mudanças de fase da PDO, e vazões significativamente acima ou abaixo da média durante a duração de cada fase da PDO” (PICCILLI, 2007, p. 183).

Nery (2006), ao estudar a precipitação na bacia do rio Uruguai, descreve que a precipitação pluvial na nessa bacia é bem distribuída ao longo dos anos e, não apresenta marcada diferença entre o período úmido e seco. Os meses de janeiro e fevereiro à montante e o trimestre de janeiro a março possui a maior frequência de chuvas, demonstrando fortes relações com ENOS.

Na Região Sul, segundo Grimm e Sant’Anna (2010), o aumento da precipitação predomina no oeste, enquanto o número de dias com chuva é mais frequente no leste da região, especialmente no litoral de SC e RS e sobre os planaltos paranaenses e Região Serrana, sob influência do El Niño. Durante eventos La Niña, é prevalece a influência a influência da diminuição do número de dias chuvosos, exceto no litoral.

Conforme Aguiar (2009), em 1941 o Rio Grande do Sul foi atingido pela pior enchente daquele século, inundando grande parte da cidade de Porto Alegre. Dos anos 1950 até 1976, quando a fase da ODP foi negativa, ocorreram vários episódios fortes de La Niña, resultando em invernos muito rigorosos no Brasil com eventos de frio extremo, assim como os observados em 1955, 1957, 1965 e 1975. Já, nos anos de 1980 a 1990, a ODP voltou a apresentar uma fase positiva, quando foram registrados os dois El Niño’s mais fortes do século passado (1982/1983 e 1997/1998).

Silveira (2007) ao considerar o El Niño na análise episódica de inundações em São Sepé - RS, sob a ótica do canal de percepção referente ao impacto meteórico, relacionou esse fenômeno à ocorrência dos impactos pluviais extremos na área urbana. De acordom com a autora, houve grande relação entre o El Niño e a ocorrência de episódios de inundações, uma vez que durante os anos de 1980 a 2006, nos meses em que El Niño se instalou de maneira clara, houve o total de 11 episódios. Com relação ao fenômeno La Niña, não foi observada nenhuma relação, pois não apresentou episódio de inundação na série histórica.

Confalonieri (2003) afirma que o ENOS tem impactos discerníveis na saúde humana em algumas regiões brasileiras, como é o caso da Região Nordeste e, também, da Região Sul, podendo ser explicado por meio da associação entre a falta de chuvas e os índices mensais de malária.

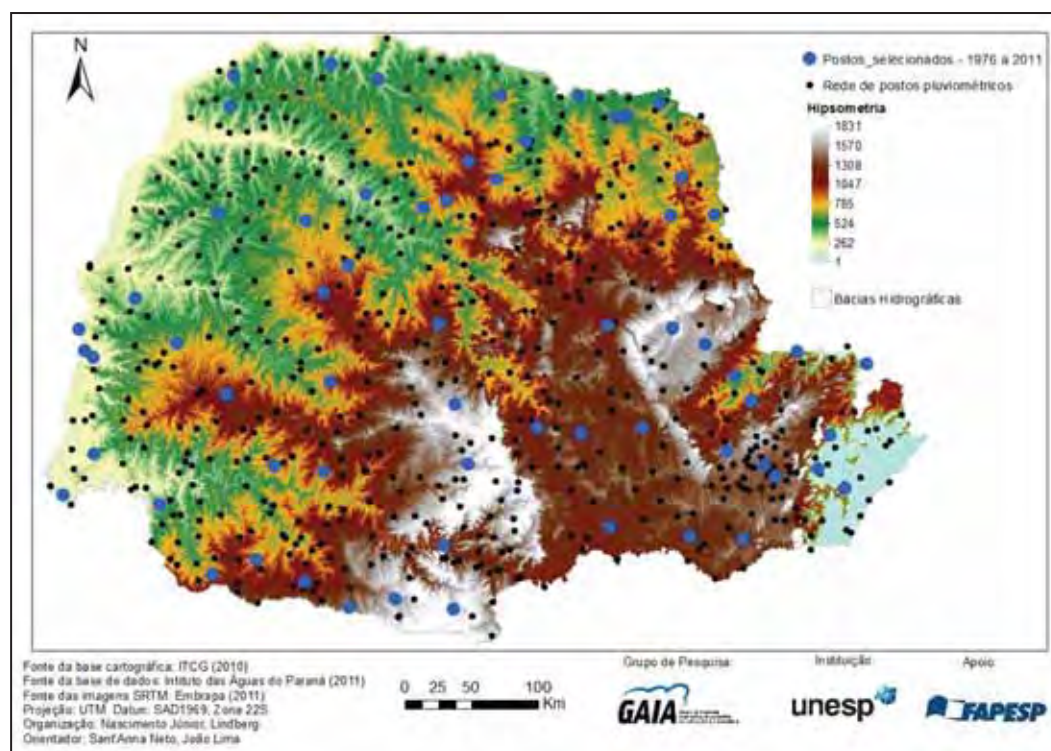
#### 4.7 Os dados, as técnicas e as representações gráficas e cartográficas

##### 4.7.1 A rede de postos e as séries temporais utilizadas

Os dados primários se referem aos dados mensais de Chuva Acumulada (mm) e Número de Dias com Chuva (NDC). Tais dados fazem parte da rede de postos pluviométricos organizada e, gentilmente cedida pelo Instituto Águas do Paraná (Figura 12).

Inicialmente, foram obtidos dados de 1185 postos com séries históricas que iniciavam em 1889 a 2011 em planilhas eletrônicas. Para o desenvolvimento deste trabalho foi selecionada a série histórica de 1947 a 2011, pois coincide com o padrão da variabilidade da ODP. Um melhor detalhamento desta rede é realizado nos resultados e discussões.

**Figura 12** – Postos pluviométricos com série histórica de 1976 a 2011 e a rede de postos no Paraná.



A seleção dos postos pluviométricos foi processada priorizando a qualidade, a disponibilidade e a uniformidade dos dados na série histórica de 1947 a 2011. Ela possibilitou a análise temporal a partir da consideração da fase completa da ODP (**Tabela 1**).

A série histórica de 1976 a 2011 coincide com o ciclo completo da ODP+ e início da ODP- recente e, proporcionou a análise da variabilidade com bastante significância, mesmo considerando que para representação da ODP é necessário séries históricas longas.

A escolha dos postos procedeu-se em dois processos. O primeiro priorizou a análise temporal, que favoreceu a comparação dos valores anteriores a 1976, com os valores posteriores a esse ano. Tal processo viabilizou o processamento do segundo, que priorizou a análise temporal e espacial. Esse processo consistiu na seleção dos postos pluviométricos que continham a série histórica de 1947 a 2011, conforme **Tabela 1**.

No segundo processo, foram atribuídos os postos com série histórica de 1976 a 2011 –**Tabela 2** e **Figura 12**. Esses postos representaram as demais regiões homogêneas do estado, conforme observações regionalizadas em Nery *et al.*, (1997), IAPAR (2000), Souza (2006) e Nogarolli (2007; 2010).

**Tabela 1** - Postos pluviométricos selecionados com série histórica de 1947 a 2011.

Posto Pluviométrico	Município	Latitude	Longitude	Altitude
COLONIA CACHOEIRA	Antonina	25° 13' 59"	48° 45' 00"	80
CAPELA DA RIBEIRA	Adrianópolis	24° 40' 48"	49° 00' 00"	180
CURITIBA	Curitiba	25° 26' 47"	49° 13' 51"	929
TOMAZINA	Tomazina	23° 46' 00"	49° 57' 00"	483
ANDIRÁ	Andirá	23° 04' 59"	50° 16' 59"	375
TIBAGI	Tibagi	24° 30' 39"	50° 24' 40"	720
RIO DOS PATOS	Prudentópolis	25° 12' 00"	50° 55' 59"	690
PORTO MENDES GONCALVES	Marechal Cândido Rondon	24° 30' 00"	54° 19' 59"	150
PARQUE NACIONAL DO IGUAÇU	Foz do Iguaçu	25° 37' 00"	54° 28' 59"	100

Fonte: Instituto das Águas do Paraná. Org. Nascimento Júnior, L.

Com essa série foi possível realizar cálculos geoestatísticos, viabilizando a análise espacial e espaçotemporal.

Posterior à escolha dos postos com série histórica de 1976 a 2011, os dados foram submetidos à análise de confiabilidade e consistência, conforme propostas em Zandonadi (2009) e em Zandonadi e Zavattini (2008; 2010).

**Tabela 2 - Postos pluviométricos selecionados com série histórica de 1976 a 2011.**

Estação	Município	Latitude	Longitude	Altitude	Estação	Município	Latitude	Longitude	Altitude
CORREGO COMPRIDO	CORREGO COMPRIDO*	24° 45' 00"	48° 28' 59"	160	SÃO PEDRO CODEGA	Palmas	26° 25' 59"	51° 34' 00"	1150
COLONIA SANTA CRUZ	Paranaguá	25° 35' 48"	48° 37' 29"	32	CRUZEIRO	Cambira	23° 39' 46"	51° 36' 09"	601
COLONIA CACHOEIRA	Antonina	25° 13' 59"	48° 45' 00"	80	BARRA DO AREIA	Pinhão	26° 00' 00"	51° 37' 59"	700
MORRETES	Morretes	25° 28' 00"	48° 49' 59"	8	MANOEL RIBAS	Manoel Ribas	24° 30' 00"	51° 40' 00"	972
CAPELA DA RIBEIRA	Adrianópolis	24° 40' 48"	49° 00' 00"	180	BOM SUCESSO	Bom Sucesso	23° 42' 38"	51° 46' 26"	531
FAZENDINHA	São José dos Pinhais	25° 31' 09"	49° 08' 48"	910	USINA RIO CHOPIM	Coronel Domingos Soares	26° 21' 46"	52° 00' 10"	1028
CURITIBA	Curitiba	25° 26' 47"	49° 13' 51"	929	VILA SILVA JARDIM	Paranacity	22° 49' 59"	52° 06' 00"	250
COSTAS	Rio Branco do Sul	25° 00' 37"	49° 20' 27"	480	SITIO FLORESTA	Itatuba	23° 37' 01"	52° 11' 47"	339
RIO DA VÁRZEA DOS LIMA	Quitandinha	25° 57' 00"	49° 22' 59"	810	BARRAGEM MOURÃO	Campo Mourão	24° 06' 00"	52° 19' 59"	615
SÃO SEBASTIÃO	Cerro Azul	24° 51' 00"	49° 28' 00"	480	COL. AGRICOLA CLEVELANDIA	Clevelândia	26° 25' 00"	52° 21' 00"	930
BATEIAS	Campo Largo	25° 21' 00"	49° 31' 00"	890	CRISTO REI	Paranavai	22° 43' 52"	52° 26' 47"	400
SANTANA DO ITARARE	Santana do Itararé	23° 45' 16"	49° 37' 21"	543	LARANJAL	Laranjal	24° 53' 09"	52° 28' 26"	741
TABOR (FAZENDA MARÃO)	Castro	24° 37' 59"	49° 40' 59"	1100	MAMBORÊ	Mamborê	24° 16' 59"	52° 31' 00"	702
SÃO BENTO	Lapa	25° 55' 59"	49° 46' 59"	750	RIO BONITO DO IGUAÇU	Rio Bonito do Iguaçu	25° 29' 23"	52° 31' 56"	704
EST CRIACAO ESTADO	Joaquim Távora	23° 30' 00"	49° 52' 00"	512	IGARITÉ	Cianorte	23° 47' 34"	52° 38' 29"	572
PIRAIDO SUL	Pirai do Sul	24° 31' 45"	49° 55' 44"	1068	PATO BRANCO	Pato Branco	26° 13' 59"	52° 40' 59"	760
TOMAZINA	Tomazina	23° 46' 00"	49° 57' 00"	483	QUEDAS IGUAÇU (CAMPO NOVO)	Quedas do Iguaçu	25° 26' 53"	52° 54' 15"	550
EST. EXPERIMENTAL CAMBARÁ	Cambará	23° 00' 00"	50° 01' 59"	450	FRANCISCO BELTRÃO	Francisco Beltrão	26° 04' 59"	53° 03' 00"	650
SANTA CRUZ	Ponta Grossa	25° 12' 00"	50° 09' 00"	790	LEONI	São Pedro do Paraná	22° 47' 42"	53° 09' 33"	419
ANDRÁ	Andrá	23° 04' 59"	50° 16' 59"	375	SANTA ISABEL DO IVAI	Santa Isabel do Ivaí	23° 00' 24"	53° 11' 20"	400
FAC AGRONOMIA BANDEIRANTES	Bandeirantes	23° 06' 00"	50° 21' 00"	440	SAO JOÃO DO OESTE	Cascavel	24° 57' 43"	53° 14' 36"	662
SÃO MATEUS DO SUL	São Mateus do Sul	25° 52' 32"	50° 23' 22"	760	UMUARAMA - IAPAR	Umuarama	23° 43' 59"	53° 16' 59"	480
TIBAGI	Tibagi	24° 30' 39"	50° 24' 40"	720	SALGADO FILHO	Salgado Filho	26° 10' 59"	53° 22' 59"	500
IMBITUVA	Imbituva	25° 14' 15"	50° 36' 02"	869	BRAGANTINA	Assis Chateaubriand	24° 36' 40"	53° 36' 51"	501
TRES CANTOS (DESPEDIDA)	Leópolis	22° 57' 00"	50° 37' 59"	904	PLANALTO - IAPAR	Planalto	25° 42' 00"	53° 46' 00"	400
RIO DOS PATOS	Prudentópolis	25° 12' 00"	50° 55' 59"	690	ESTAÇÃO EXPERIMENTAL PALOTIN PALOTINA	Palotina	24° 18' 00"	53° 55' 00"	310
FAZ CRIACAO ESTADO - IBIPORÁ	ibiporá	23° 16' 00"	51° 01' 00"	484	ENTRE RIOS	Entre Rios do Oeste	24° 41' 31"	54° 13' 58"	239
BELA VISTA DO PARAISO	Bela Vista do Paraíso	22° 57' 00"	51° 12' 00"	600	SÃO MIGUEL DO IGUAÇU	São Miguel do Iguaçu	25° 20' 45"	54° 14' 37"	286
SÃO LUÍZ	Londrina	23° 31' 00"	51° 13' 59"	740	PORTO BRITANIA	Pato Bragado	24° 38' 53"	54° 17' 52"	253
ARAPONGAS	Arapongas	23° 24' 00"	51° 25' 59"	793	PORTO MENDES GONCALVES	Marechal Cândido Rondon	24° 30' 00"	54° 19' 59"	150
GUARAPUAVA	Guarapuava	25° 27' 00"	51° 27' 00"	950	PARQUE NACIONAL DO IGUAÇU	Foz do Iguaçu	25° 37' 00"	54° 28' 59"	100
TURVO	Turvo	25° 02' 26"	51° 32' 39"	1146					

\* Posto pluviométrico

Fonte: Instituto das Águas do Paraná. Org. Nascimento Júnior, L.

O procedimento consistiu na elaboração de uma tabela que indicou informações de quais postos, anos e meses que possuíam falhas na série histórica. Com base nesses resultados iniciaram-se os procedimentos técnicos de preenchimentos de falhas.

As falhas foram preenchidas utilizando duas técnicas, segundo os seguintes critérios: falhas dos postos que possuíam mais que um posto vizinho no mesmo município ou no município vizinho, ou sem falhas nos meses equivalentes ao do posto de estudo foram preenchidas pela técnica de Regressão Linear; falhas dos postos que possuíam pelo menos três postos vizinhos no mesmo município ou nos municípios vizinhos e, com falhas nos meses equivalentes ao do posto de estudo foram preenchidas, de acordo com a técnica de Ponderação Regional.

A técnica de Regressão Linear, segundo Oliviera *et. al* (2010), consiste no (co)relacionamento dos dados na estação com falha com as estações vizinhas.

$$P_x = a_0 + \sum_{i=1}^n a_i P_i$$

Onde,  $a^0$  e  $a^i$  são os coeficientes de ajuste do modelo linear, obtidos no processamento do (co)relacionamento.

A técnica de Ponderação Regional, conforme Villela e Mattos (1975), é um modelo simplificado, em que deve ser considerada a equivalência de postos em regiões climatológicas semelhantes a do posto com falha, sendo que o posto deve ter pelo menos uma série histórica de no mínimo dez anos. O modelo é representado pela função a seguir:

$$P_x = \frac{\bar{P}_x}{3} \left( \frac{P_A}{\bar{P}_A} + \frac{P_B}{\bar{P}_B} + \frac{P_C}{\bar{P}_C} \right)$$

Onde,  $P_x$  é a precipitação do mês faltante,  $\bar{P}_x$  é a precipitação média mensal da estação,  $P_A$ ,  $P_B$ ,  $P_C$  são as precipitações mensais e,  $\bar{P}_A$ ,  $\bar{P}_B$ ,  $\bar{P}_C$  são as precipitações médias mensais das estações mais próximas da estação com dados faltantes.

As associações com os padrões ODP e ENOS desenvolvidos separadamente com os dados dos postos da série histórica de 1947 a 2011 e, posteriormente, com a série de 1976 a 2011.

O ENOS foi representado pelas médias mensais do Índice da Oscilação Sul - IOS, disponíveis em <ftp://ftp.bom.gov.au/anon/home/ncc/www/sco/soi/soiplaintext.html>, pelas das TSMs da região do Niño 3.4, disponíveis em



[http://www.cgd.ucar.edu/cas/catalog/climind/Nino\\_3\\_3.4\\_indices.html](http://www.cgd.ucar.edu/cas/catalog/climind/Nino_3_3.4_indices.html), e pela ocorrência de seus eventos, conforme Trenberth (1997).

Trenberth (1997) organizou uma tabela de ocorrência em anos dos ENOS. Para isso, ele se baseou nos episódios de variação maior que  $+0,5^{\circ}\text{C}$  para eventos de El Niño / ENOS+, e  $-0,5^{\circ}\text{C}$  para ocorrência de La Niña / ENOS-, com base nos dados do *Oceanic Niño Index* – ONI do terceiro mês consecutivo da média de anomalias de TSM da região do Niño 3.4, conforme **Tabela 3**. Sendo que, os eventos são definidos sempre quando os limites (máximo e mínimo) são atingidos num período de pelo menos cinco meses consecutivos.

Os índices de TSM, que compreendem a componente oceânica do ENOS, são produzidos pelas anomalias médias normalizadas das TSM da Região do Niño 3.4, que se referem às áreas do Oceano Pacífico Equatorial, entre as coordenadas  $120^{\circ}$  a  $170^{\circ}$  Oeste,  $5^{\circ}$  Sul e a  $5^{\circ}$  Norte.

O índice da Oscilação Sul (IOS), ou a componente atmosférica do ENOS, é caracterizado pela diferença de pressão padronizada em Darwin (Austrália) e Taiti (Polinésia Francesa). O IOS é considerado positivo quando a pressão está maior no Taiti e, negativo quando a pressão está maior em Darwin.

**Tabela 3 - Ocorrência mensais de La Niña (cor azul) e El Niño (cor vermelha).**

ANO	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ	ANO	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ
1950	-1,4	-1,3	-1,2	-1,2	-1,1	-0,9	-0,6	-0,5	-0,4	-0,5	-0,5	-0,7	1981	-0,4	-0,6	-0,5	-0,4	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4	-0,3	-0,2	-0,2	-0,1
1951	-0,8	-0,6	-0,4	-0,2	0,0	0,4	0,6	1,0	1,1	1,2	1,1	0,9	1982	-0,1	0	0,1	0,3	0,5	0,6	0,7	1	1,5	1,9	2,1	2,2
1952	0,6	0,4	0,3	0,3	0,3	0,1	-0,1	0,0	0,2	0,2	0,2	0,3	1983	2,2	1,9	1,5	1,2	0,9	0,6	0,2	-0,2	-0,5	-0,8	-0,9	-0,8
1953	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,7	1984	-0,5	-0,3	-0,2	-0,4	-0,5	-0,5	-0,3	-0,2	-0,3	-0,6	-0,9	-1,1
1954	0,7	0,5	0,1	-0,3	-0,5	-0,5	-0,6	-0,7	-0,8	-0,7	-0,7	-0,7	1985	-1	-0,9	-0,7	-0,7	-0,7	-0,6	-0,5	-0,5	-0,5	-0,4	-0,4	-0,4
1955	-0,7	-0,7	-0,7	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	-0,7	-1,0	-1,4	-1,7	-1,6	1986	-0,5	-0,4	-0,2	-0,2	-0,1	0	0,3	0,5	0,7	0,9	1,1	1,2
1956	-1,1	-0,8	-0,6	-0,5	-0,5	-0,5	-0,6	-0,6	-0,5	-0,5	-0,5	-0,5	1987	1,2	1,3	1,2	1,1	1	1,2	1,4	1,6	1,6	1,5	1,3	1,1
1957	-0,3	0,0	0,4	0,7	0,9	1,0	1,1	1,2	1,2	1,3	1,5	1,8	1988	0,7	0,5	0,1	-0,2	-0,7	-1,2	-1,3	-1,2	-1,3	-1,6	-1,9	-1,9
1958	1,8	1,6	1,2	0,9	0,7	0,6	0,5	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6	1989	-1,7	-1,5	-1,1	-0,8	-0,6	-0,4	-0,3	-0,3	-0,3	-0,3	-0,2	-0,1
1959	0,6	0,6	0,5	0,3	0,2	-0,1	-0,2	-0,3	-0,1	0,0	0,1	0,0	1990	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4
1960	-0,1	-0,2	-0,2	-0,1	-0,1	0,0	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	1991	0,3	0,2	0,2	0,3	0,5	0,7	0,8	0,7	0,7	0,8	1,1	1,4
1961	0,0	0,0	0,0	0,1	0,3	0,4	0,2	-0,1	-0,3	-0,3	-0,2	-0,1	1992	1,6	1,5	1,4	1,2	1	0,7	0,3	0	-0,2	-0,3	-0,2	0
1962	-0,2	-0,3	-0,3	-0,3	-0,2	-0,1	0,0	-0,1	-0,2	-0,3	-0,4	-0,5	1993	0,2	0,3	0,5	0,6	0,6	0,5	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1
1963	-0,4	-0,2	0,1	0,2	0,3	0,5	0,8	1,1	1,2	1,3	1,4	1,3	1994	0,1	0,1	0,2	0,3	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,7	1	1,2
1964	1,1	0,6	0,1	-0,3	-0,6	-0,6	-0,6	-0,7	-0,8	-0,8	-0,8	-0,8	1995	1	0,8	0,6	0,3	0,2	0	-0,1	-0,4	-0,7	-0,8	-0,9	-0,9
1965	-0,6	-0,3	0,0	0,2	0,5	0,8	1,2	1,4	1,7	1,9	1,9	1,7	1996	-0,9	-0,8	-0,6	-0,4	-0,3	-0,2	-0,2	-0,3	-0,3	-0,3	-0,4	-0,5
1966	1,4	1,1	0,9	0,6	0,4	0,3	0,2	0,1	0,0	-0,1	-0,1	-0,2	1997	-0,5	-0,4	-0,1	0,2	0,7	1,2	1,5	1,8	2,1	2,3	2,4	2,3
1967	-0,3	-0,4	-0,5	-0,4	-0,2	0,1	0,1	-0,1	-0,3	-0,3	-0,3	-0,4	1998	2,2	1,8	1,4	0,9	0,4	-0,2	-0,7	-1	-1,2	-1,2	-1,4	-1,5
1968	-0,6	-0,8	-0,7	-0,5	-0,2	0,1	0,4	0,5	0,5	0,6	0,8	1,0	1999	-1,5	-1,3	-1	-0,9	-0,9	-1	-1	-1,1	-1,1	-1,3	-1,5	-1,7
1969	1,1	1,1	1,0	0,9	0,8	0,6	0,5	0,5	0,8	0,9	0,9	0,8	2000	-1,7	-1,5	-1,1	-0,9	-0,8	-0,7	-0,6	-0,5	-0,5	-0,6	-0,8	-0,8
1970	0,6	0,4	0,4	0,3	0,1	-0,2	-0,5	-0,7	-0,7	-0,7	-0,8	-1,0	2001	-0,7	-0,6	-0,5	-0,3	-0,2	-0,1	0	0	-0,1	-0,2	-0,2	-0,3
1971	-1,2	-1,3	-1,0	-0,8	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,7	-0,8	-0,9	-0,8	2002	-0,2	0	0,1	0,3	0,5	0,7	0,8	0,8	0,9	1,2	1,3	1,3
1972	-0,6	-0,3	0,0	0,3	0,6	0,8	1,1	1,4	1,6	1,9	2,1	2,1	2003	1,1	0,8	0,4	0	-0,2	-0,1	0,2	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3
1973	1,8	1,2	0,6	0,0	-0,5	-0,8	-1,0	-1,2	-1,3	-1,6	-1,9	-2,0	2004	0,3	0,2	0,1	0,1	0,1	0,3	0,5	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
1974	-1,9	-1,6	-1,2	-1,0	-0,8	-0,7	-0,5	-0,4	-0,4	-0,6	-0,8	-0,7	2005	0,6	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,1	0	-0,2	-0,5	-0,8
1975	-0,5	-0,5	-0,6	-0,6	-0,8	-1,0	-1,1	-1,2	-1,4	-1,5	-1,6	-1,7	2006	-0,9	-0,7	-0,5	-0,3	0	0,1	0,2	0,3	0,5	0,8	1	1
1976	-1,5	-1,1	-0,7	-0,5	-0,3	-0,1	0,2	0,4	0,6	0,7	0,8	0,8	2007	0,7	0,3	-0,1	-0,2	-0,3	-0,3	-0,3	-0,6	-0,9	-1,1	-1,2	-1,4
1977	0,6	0,6	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,7	0,8	0,8	2008	-1,5	-1,5	-1,2	-0,9	-0,7	-0,5	-0,3	-0,2	-0,1	-0,2	-0,4	-0,7
1978	0,7	0,5	0,1	-0,2	-0,3	-0,3	-0,3	-0,4	-0,4	-0,3	-0,1	-0,1	2009	-0,9	-0,8	-0,6	-0,2	0,1	0,4	0,5	0,6	0,7	1	1,4	1,6
1979	-0,1	0,1	0,2	0,3	0,2	0,0	0,0	0,2	0,3	0,5	0,5	0,6	2010	1,6	1,4	1,1	0,7	0,2	-0,3	-0,8	-1,2	-1,4	-1,5	-1,5	-1,5
1980	0,5	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,2	0,0	-0,1	0,0	0,0	-0,1	2011	-1,4	-1,3	-1	-0,7	-0,4	-0,2	-0,2	-0,3	-0,6	-0,8	-1	-1

Fonte: Trenberth (1997) em NWS/CPC/NOAA. Org: Nascimento Júnior, L.

A ODP foi representada pelos índices mensais da ODP (IODP), produzidos por Mantua e Hare (1997) e disponíveis em <http://jisao.washington.edu/pdo/PDO.latest>. Além dos índices, considerou como base da ocorrência de suas fases os períodos de

1947 a 1976 como ODP-, de 1977 a 1998 como ODP+ e, de 1999 a 2011 a ocorrência da recente fase fria dessa oscilação.

O índice da ODP - IODP de Mantua e Hare (1997) deriva-se da primeira componente principal das anomalias da TSM no Pacífico Norte, entre as latitudes 20° N e 90° N. No cálculo foi retirada a tendência no tempo, para excluir qualquer sinal de aquecimento global.

#### 4.7.2 *Procedimentos e técnicas estatísticas para análise temporal*

Foram analisados os dados de precipitação acumulada e número de dias com chuva - NDC - para cada posto separadamente. Com base nessas séries, os dados foram submetidos às medidas de variabilidade, separabilidade e ordens quantílicas, conforme indicações de Xavier e Silva (2010) e de, tendência e rupturas seriais, de acordo com Pettitt (1979) e Debortoli *et. al* (2012).

Assim, agruparam-se todos os dados mensais acumulados de CHA e NDC dos postos em escalas trimestrais, sazonais, interanuais, quinquenal e decadal, a fim de representar essas escalas de variabilidade.

As variabilidades (Chuva, NDC, ODP, OS, TSM da Região do Niño 3.4 das vazões fluviais) nas respectivas escalas temporais foram representadas pela técnica de padronização (índice padronizado), obtida pela fórmula:

$$Z(i) = (P(i) - P_m)/D_p$$

Onde: Z(i) é variável normalizada (totais de chuva e número de dias com chuva); P(i) valor médio anual da variável na série histórica; P<sub>m</sub> é o valor médio da variável no período, D<sub>p</sub> é o Desvio Padrão. No *Microsoft Excel*<sup>®</sup>, o cálculo foi realizado pela fórmula *padronizar*.

A variabilidade trimestral foi representada pelos desvios padronizados e agrupados equivalente aos trimestres de outono (março, abril e maio), inverno (junho, julho e agosto), primavera (setembro, outubro e novembro) e verão (dezembro, janeiro e fevereiro).

A variabilidade sazonal foi representada por meio do agrupamento da estação mais úmida, denominada Estação Chuvosa, que mostra que no período de outubro a março há maior pluviosidade e NDC, do que no período de abril a setembro,

apresentado como uma estação mais amena, neste caso, denominada Estação Menos Chuvosa.

A variabilidade interanual foi representada pelos totais anuais padronizados. A variabilidade quinquenal e decadal foi representada pela técnica da Média Móvel Aritmética para cinco e dez anos. A técnica é representada, conforme fórmula a seguir:

$$MMS_{t+1} = \frac{\sum_{i=t+1-n}^t A_i}{n}$$

Onde  $MMS_{t+1}$  é a média móvel para os períodos admitidos;  $A_i$  é a procura atual no período  $i$ ; e,  $n$  é o número dos anos – cinco e dez. Com a aplicação dessa técnica pode-se suavizar os valores na variabilidade e observar algumas características das ciclicidades e periodicidades, segundo o período de tempo.

Após o tratamento das séries temporais dos valores trimestrais, sazonais e anuais, foram submetidos aos modelos estatísticos utilizados por Debortoli *et. al.*, (2012) para verificação de rupturas seriais, tendências e correlações linear. Tais técnicas correspondem aos testes de Pettitt, Mann-Kendall e Regressão Linear.

Os parâmetros utilizados para os testes aplicados foram: hipótese alternativa  $\neq 0$ ; nível de significância de 5%; número de simulações em 10.000, com tempo máximo de 180s. Sendo esses valores aplicados para todas as estações e nas escalas correspondentes.

Bruijnzeel (2004) sugere que essas três técnicas podem auxiliar na verificação de possíveis alterações em ciclos hidrológicos correlacionados a mudanças do padrão de vegetação, de uso e ocupação da terra e a modelização dos climas regionais.

O Teste de Pettitt tem a possibilidade identificar se as séries históricas são homogêneas por intermédio de cálculos estatísticos específicos. É um teste não paramétrico que não requer uma hipótese sobre a distribuição dos dados. O Teste de Pettitt é uma adaptação do teste de Mann-Whitney, cuja base é a identificação de um momento de transição dentro das séries (PETTITT, 1979; MORAES *et. al.*, 1995; BACK, 200; DEBORTOLI *et. al.*, 2012).

Para os resultados encontrados, o teste foi realizado em todas as estações de para as séries históricas dos valores de chuva e de NDC em todas as escalas temporais.

O Teste de Mann-Kendall é normalmente utilizado paralela ou conjuntamente com um teste não paramétrico para determinar se uma tendência é significativamente “[...] identificável em uma série de tempo, incluindo, eventualmente, um componente sazonal” (DEBORTOLI *et. al.*, 2012, p.204, tradução nossa).

Segundo Libiseller e Grimvall (2002), esse teste é um resultado da união de um teste não paramétrico, inicialmente, estudado por Mann e, depois retomado por Kendall (DEBORTOLI *et al.*, 2012).

Conforme Moraes *et al.* (1995), o teste considera que uma série temporal de  $X_i$  de  $N$  termos ( $1 \leq i \leq N$ ) consiste na soma  $t_n$  do número de termos  $m_i$  da série, relativo ao valor  $X_i$ , cujos termos precedentes ( $j < i$ ) são inferiores ao mesmo ( $X_j < X_i$ ), isto é:

$$t_n = \sum_{i=1}^n m_i$$

A significância estatística é testada a partir de  $t_n$  para a hipótese nula, usando um teste bilateral, essa pode ser rejeitada para grandes valores da estatística  $u(t)$  dada por:

$$u(t) = \frac{(t_n - E(t_n))}{\sqrt{Var(t_n)}}$$

O teste de Mann-Kendall se baseia na hipótese nula ou  $H_0$  que não existe uma tendência na série e, em mais três hipóteses alternativas, sendo as de tendência negativa, tendência zero e tendência positiva.

Gossens e Berger (1986) afirmam que esse teste é mais apropriado para análises de tendências (mudanças) climáticas, além disso, permite a detecção e localização temporal do início da tendência.

O Teste de Pettitt (PETTITT, 1979; MORAES *et al.*, 1995; BACK, 2001) utiliza uma versão do teste de Mann-Whitney, no qual se verifica se duas amostras:  $X_1, \dots, X_t$  e  $X_{t+1}, \dots, X_T$ , ambas são da mesma população, ou seja, todos os anos na série histórica pertencem as mesmas classes. O processamento do cálculo em  $U_{t,T}$  faz uma contagem do número de vezes que um ano da primeira amostra é maior que o membro da segunda e, pode ser escrita:

$$U_{t,T} = U_{t-1,T} + \sum_{j=1}^T \text{sgn}(X_i - X_j) \quad \text{para } t = 2, \dots, T$$

Onde  $\text{sgn}(x) = 1$  para  $x > 0$ ;  $\text{sgn}(x) = 0$  para  $x = 0$ ;  $\text{sgn}(x) = -1$  para  $x < 0$ . A estatística  $U_{t,T}$  é, então, calculada para os valores de  $1 < t < T$  e a estatística  $k(t)$  do teste de Pettitt se escreve:

$$k(t) = \text{MAX}_{1 \leq t \leq T} |U_{t,T}|$$

O terceiro teste estatístico permitiu observar quais estações têm apresentado aumento ou diminuição de valores ao longo do tempo, sendo determinado pelo valor de  $\alpha$  da Regressão Linear, conforme fórmula:

$$Y = \alpha + \beta X$$

Em síntese, a análise de série histórica – 1947 a 2011 e 1976 a 2011 - juntamente com os testes ajudaram a ordenar estações que possuíam os seguintes padrões estatísticos:

- a) séries com tendências positivas, negativas e nulas;
- b) séries com rupturas positivas, negativas e nulas;
- c) séries históricas com tendências e rupturas positivas e negativas.

A determinação de padrões habituais e extremos foi realizada para toda a série histórica analisada por meio da classificação dos trimestres, estações e anos padrão habitual (APH); padrão chuvoso (APC); padrão extremamente chuvoso (APEC); padrão seco (APS) e; padrão extremamente seco (APES). Para a classificação dos anos-padrão utilizou-se a Técnica dos Quantis.

A técnica consiste em dar o valor 1 ao ano com a menor precipitação sazonal e o valor  $m$  (número de anos da série) para o ano com a maior precipitação sazonal. Em seguida, esses valores são normalizados por  $m$ , obtendo-se, dessa forma, uma série com valores entre 0 e 1 (MEISNER, 1976). Sua função é representada por:

$$\text{Prob} \{ F(x) \leq Q(p) \} = p .$$





Em que  $P$  é uma ordem quântica (probabilidade);  $F(x)$  é a função de distribuição da variável aleatória  $X$  em causa de um quantil  $Q(p)$  dessa variável. Assim, um quantil na cauda superior (máximos), será aquele com valores próximos a  $p=1$ , enquanto que os quantis na cauda inferior (valores mínimos) apresentarão valores próximos de  $p \geq 0$  ou  $p=0$ .

Sendo assim, mediante a série histórica de 1947 a 2011 e 1976 a 2011, os valores de chuva e de NDC foram convertidos em percentis de ordem  $e$ , os quantis ( $q$ ) 0,10; 0,35; 0,65; e 0,9 foram utilizados para delimitar as seguintes faixas de chuva: Extremamente Seco foram os anos-padrão que ficaram abaixo do quantil 0,10; os anos-padrão Seco, entre os quantis 0,10 e 0,35; os anos-padrão Habitual ficaram entre os quantis 0,35 e 0,65; os anos-padrão Chuvosos, entre os quantis 0,65 e 0,90; e os que

apresentaram valores acima do quantil 0,90 foram os anos-padrão Extremamente Chuvoso.

A classificação com valores foi processada em todos os postos pluviométricos separadamente pela ferramenta de “Formatação Condicional” no *Windows Office Excel*<sup>®</sup> e, representada em quadros de variação dos anos-padrões Habituais a Extremos, conforme **Tabela 4**.

**Tabela 4** - Procedimentos para classificação dos anos e estações-padrão.

Classe do Ano-Padrão	Quantil	Formatação Condicional	Cor
Extremamente Seco - PES	Q = 0,10	Valores menores e iguais PES	
Seco - OS	Q = 0,35	Valores entre PES e PS	
Habitual - PH			
Chuvoso - PC	Q = 0,65	Valores entre PC e PEC	
Extremamente Chuvoso - PEC	Q = 0,90	Valores maiores ou iguais PEC	

Org. Nascimento Júnior, L.

Para obter a relação de influência ou associação da ODP com a variabilidade pluviométrica e do NDC foram realizados três aplicações.

A primeira consistiu em uma correlação visual feita pela inserção conjunta das variações dos índices padronizados para todas as escalas e o IODP anual. A segunda aplicação do exercício foi realizada pela simulação da diferença entre os desvios dos valores primários e as distintas fases da ODP. Já a terceira se baseou na associação estatística obtida por meio da correlação linear, determinada pelo Coeficiente de Pearson.

A simulação da diferença de valores sob fases distintas da ODP foi realizada para a série histórica de 1976 a 2011 e, consistiu na separação dos valores da ODP+ (1976 a 1998) dos valores da ODP- (1999 a 2011).

O coeficiente de Pearson foi utilizado para correlação em variabilidade dos valores bases aos índices da ODP nas escalas trimestrais, sazonais e anuais de chuva para cada posto separadamente.

O coeficiente de correlação linear refere-se ao um procedimento numérico entre as variáveis, e não implica numa relação de causa e efeito, mas como medida da intensidade de um relacionamento linear entre as duas variáveis.

O coeficiente é apresentado por Toledo e Ovale (2008), em que os valores de r variam entre 1 e -1, sendo que o valor zero representa a ausência de correlação linear.



Para obter a, sendo a significância de r, foi aplicado o teste *t* de *Student*, considerando pelo menos  $\alpha = 0,05$ , conforme demonstrado a seguir:

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n X_i Y_i}{\left[ \left( \sum_{i=1}^n X_i^2 \right) \left( \sum_{i=1}^n Y_i^2 \right) \right]^{1/2}}$$

A interpretação dos produtos de Correlação Linear sugere a leitura de três resultados. O primeiro indica o sinal, o segundo é o valor absoluto e o último é o quadrado do coeficiente de correlação.

O sinal do coeficiente de correlação linear, indicado por valores positivos, mostra que as duas variáveis tendem aumentar ou diminuir conjuntamente. A existência de valores negativos (-) aponta que as duas variáveis testadas mostram sinais contrários.

O valor absoluto do coeficiente demonstra a intensidade estatística da correlação. O valor nulo mostra ausência de correlação, enquanto que os valores absolutos iguais à unidade evidenciam perfeita relação entre as duas variáveis testadas.

O quadrado do coeficiente de correlação ( $r^2$ ) mostra o percentual da variância que pode ser explicada por uma das variáveis em relação a outra.

O mapeamento dos desastres foi organizado em planilhas eletrônicas com o número total de ocorrência. Posteriormente, os valores foram submetidos ao processo de relativização através de um índice numérico. Os índices foram baseados na razão dos totais de ocorrência e abrangeram a escala de classes de 0 a 1, processados a partir do seguinte modelo:

$$N = X \cdot 100 / X_t$$

Onde, X é a variável observada,  $X_t$  é o total numérico da variável observada em cada município; N é o valor a ser mapeado. Com esse índice foi possível elaborar as análises espaciais comparativas na escala regional e municipal, segundo a ocorrência de desastres.

Todos os cálculos e gráficos foram produzidos e realizados nos *softwares* *Microsoft Excel*<sup>®</sup>, os procedimentos estatísticos foram realizados no aplicativo *XLStat*<sup>®</sup>.

#### 4.7.3 Critérios para análise espacial

Os resultados da correlação de Pearson, Mann-Kendall, Pettitt e Regressão Linear foram inseridos num Sistema de Informações Geográficas *ArcGis 9.3*<sup>®</sup>, para procedimentos de análise espacial e geostatística através da localização dos postos.

Os processos de interpolação foram realizados para valores de  $\alpha$  da Regressão Linear, Coeficientes de Pearson, nos valores observados para análises das estações extremas para os valores de chuva e de NDC.

Fez-se uma análise variográfica dos valores de chuva nos postos pluviométricos, para observação da correlação e continuidade espacial dos dados amostrais. Segundo Landim (2012), a interpretação do variograma permite obter parâmetros que descrevem a tendência espacial de variáveis regionalizadas, além de auxiliar na modelagem dos valores de variância para uma dada distância, os quais são necessários para a organização do sistema de equações de interpolação.

O sistema de equações utilizado foi o referente ao modelo teórico de interpolação Krigagem Ordinária, que considera a média flutuante ou móvel por toda a área a ser interpolada. Esse modelo considera as características espaciais de autocorrelação das variáveis, o que permite que os dados obtidos por amostragem em certos pontos possam ser usados como parâmetro de estimações de valores em outros pontos, cujos dados ainda são desconhecidos (LANDIM, 2012).

Os modelos foram ajustados considerando a variabilidade espacial dos valores na correlação significativa representada no semivariograma omnidirecional, sem anisotropia. Sendo que, o direcionamento preferencial indicou maiores variâncias na direção 315° para valores pluviométricos na Estação Menos Chuvosa e no outono. Nas escalas temporais do inverno, primavera, verão, Estação Chuvosa e Anual a direção de maior variância foi de 45°.

Os parâmetros geoestatísticos admitidos para interpolação das três variáveis estudadas, após a submissão da modelagem variográfica são apresentados na **Tabela 5**, **Tabela 6 e Tabela 7**.

Efeitos pepita puro foram detectados principalmente nos NDC, especificamente nos semivariogramas produzidos a partir dos valores de  $\alpha$  e dos valores observados da Estação Chuvosa com padrão Seca e Úmida. Para CHA, efeitos pepita absolutos foram encontrados nos valores médios verificados para Estação Chuvosa. Em ambos os casos, utilizou-se o modelo esférico na Krigagem Ordinária.

Após a modelagem e ajustamento variográfico, os valores foram interpolados no *software ArcGis 9.3*<sup>®</sup>.

Com os resultados obtidos mediante processamento geoestatístico foi possível inferir quais regiões e postos apresentam diminuição ou aumento de chuva, segundo as tendências e rupturas nas séries históricas e a associação com os IODP, numa análise mais robusta e criteriosa.

**Tabela 5** - Parâmetros geoestatísticos para interpolação dos Valores de  $\alpha$ .

Variáveis	Escala Temporal	Range	Sill	Nugget	Model
Valores de CHA	Trimestre de Outuno	102960	3,04	0,304	Esférico
	Trimestre de Inverno	102960	1,22	0,314	Gaussiano
	Trimestre de Primavera	214144	2,51	1,188	Exponencial
	Trimestre de Verão	128733	2,44	3,14	Gaussiano
	Estação Menos Chuvosa	162704	5,37	1,262	Esférico
	Estação Chuvosa	165056	7,02	6,616	Exponencial
	Anual	90912	24,51	10,36	Gaussiano

Org. Nascimento Júnior, L.

**Tabela 6** - Parâmetros geoestatísticos para interpolação dos Coeficientes de Pearson.

Variáveis	Escala Temporal	Range	Sill	Nugget	Model
Valores de CHA	Trimestre de Outuno	177600	0,027	0	Esférico
	Trimestre de Inverno	225000	0,00585	0,00396	Gaussiano
	Trimestre de Primavera	64600	0,0123	0,0093	Esférico
	Trimestre de Verão	67200	0,0069	0,0129	Gaussiano
	Estação Menos Chuvosa	306600	0,0162	0,003546	Exponencial
	Estação Chuvosa	288862	0,01483	0,0132	Esférico
	Anual	2544000	0,0093	0,0153118	Gaussiano

Variáveis	Escala Temporal	Range	Sill	Nugget	Model
Valores de NDC	Trimestre de Outuno	235200	0,006	0,0204	Gaussiano
	Trimestre de Inverno	119600	0,014	0,0036	Exponencial
	Trimestre de Primavera	246344	0,0253	0,0165	Esférico
	Trimestre de Verão	89600	0,0165	0,0096	Esférico
	Estação Menos Chuvosa	94928	0,02381	0,009093	Esférico
	Estação Chuvosa	91200	0,0264	0,0012	Esférico
	Anual	91000	0,0372	0,0032	Esférico

Org. Nascimento Júnior, L.

**Tabela 7 - Parâmetros geoestatístico para interpolações dos valores sazonais.**

Variáveis	Escala Temporal	Range	Sill	Nugget	Model
Valores de CHA	Estação Menos Chuvosa - Média	295344	2000	2600	Esférico
	Estação Menos Chuvosa - Seca	145952	14771	3496	
	Estação Menos Chuvosa - Umida	295000	13600	2550	
	Estação Chuvosa - Média	Efeito Pepita Absoluto			Exponencial
	Estação Chuvosa - Seca	195587	10220,4	22599,8	
Estação Chuvosa - Umida	126000	35452,1	0	Esférico	
Variáveis	Escala Temporal	Range	Sill	Nugget	Model
Valores de NDC	Estação Menos Chuvosa - Média	148800	16536,2	1150	Esférico
	Estação Menos Chuvosa - Seca	328864	158,389	148800	Exponencial
	Estação Menos Chuvosa - Umida	Efeito Pepita Absoluto			Exponencial
	Estação Chuvosa - Média	171000	176,1	313,5	
	Estação Chuvosa - Seca	Efeito Pepita Absoluto			
Estação Chuvosa - Umida	Efeito Pepita Absoluto				

Org. Nascimento Júnior, L.

#### 4.7.4 Outras Representações

Os mapas apresentados na **Figura 11** foram elaborados a partir dos dados do *NCEP/NCAR Reanalysis* da *National Oceanic and Atmospheric Administration* – (NOAA), disponíveis em <http://www.esrl.noaa.gov/psd/cgi-bin/data/composites/printpage.p>. As reanálises utilizadas se referem aos dados em *Monthly/Seasonal Climate Composites*, que são produzidos pela *Physical Sciences Division* do *Earth Physical Researches Laboratory* - ESRL.

O *NCEP/NCAR Reanalysis* é um projeto da NOAA onde é possível acessar pela *Internet* um conjunto de dados e produtos de dados disponíveis desde janeiro 1948 a maio de 2012, através de composições mensais e sazonais (médias) da média ou anomalias (média - média total) das variáveis de outras reanálises e outros conjuntos de dados.

O mapa hipsométrico do Paraná (**Figura 12**) foi desenvolvido a partir dos dados das imagens do modelo digital de terreno de alta resolução do *Shuttle Radar Topographic Mission*, ou os dados SRTM, disponibilizados gratuitamente pelo sítio <http://srtm.csi.cgiar.org/SELECTION/inputCoord.asp>.

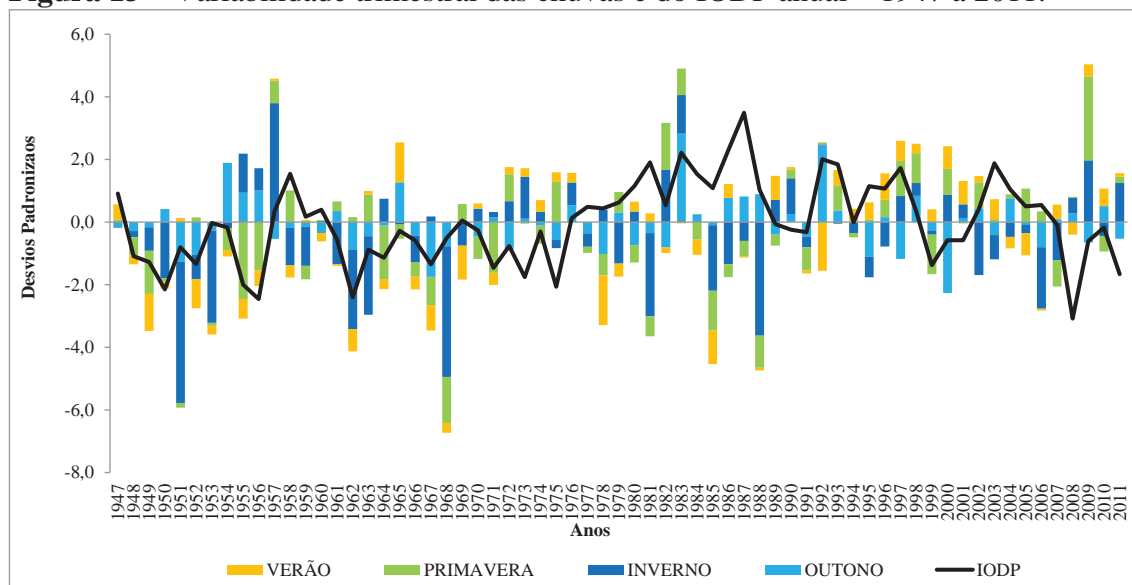
Os *layouts* finais de todos os mapas (inserção de legenda, norte, título, escalas) e o mapa hipsométrico com os dados SRTM foram elaborados no *software ArcGis*®.

## 5. Análise da variabilidade das chuvas e do número de dias com chuva

### 5.1 A variabilidade das chuvas e dos NDC de 1947 a 2011

A variabilidade trimestral das chuvas em relação à ODP apresenta predominância de valores negativos em pelo menos três trimestres a partir 1958 até 1972, principalmente nos invernos e nos outonos (**Figura 13**).

**Figura 13** – Variabilidade trimestral das chuvas e do IODP anual – 1947 a 2011.



Org. Nascimento Júnior, L.

A partir do ano de 1988, a variação se expressa com aumento significativo de Chuva em pelo menos três trimestres – inverno, outono e primavera-, com aumento e diminuição de variações até o pico expressivo de 2009, com a apresentação de desvios positivos em todos os trimestres, exceto no outono.

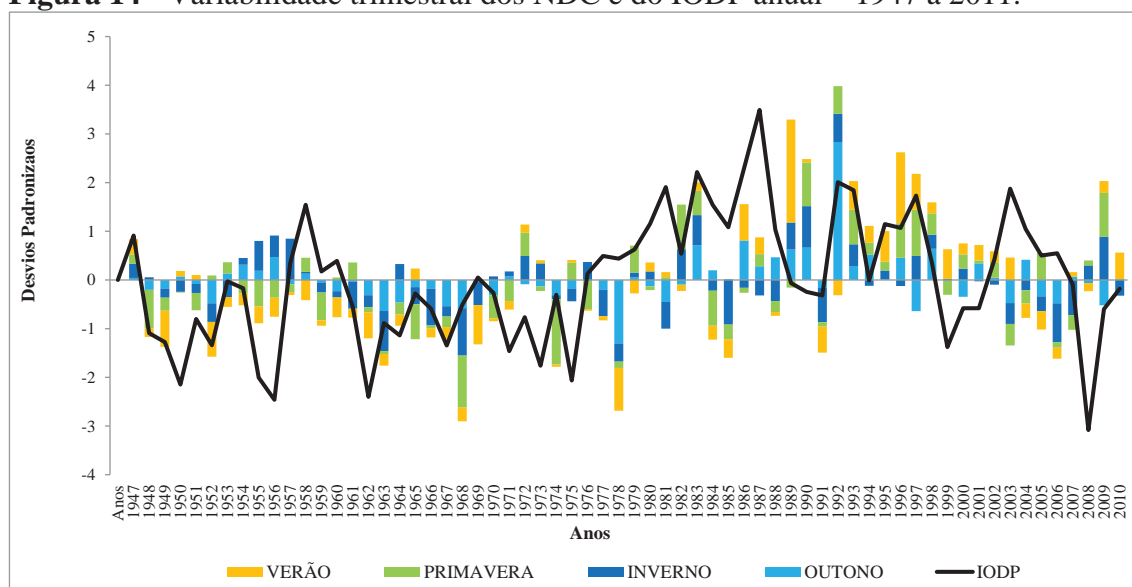
Valores interanuais de desvios negativos e positivos dos trimestres se dão em sequências de: cinco a seis anos consecutivos para o Verão, como de 1952 a 1956 e 1972 a 1977 e, até onze anos consecutivos, como ocorrido de 1993 a 2002; de três ou quatro a seis anos consecutivos para inverno, como em 1948 a 1954; três anos para o outono, conforme pôde ser observado de 1966 a 1968 e 1985 a 1988; de três a seis anos para a Primavera, com destaque para sequência de desvios negativos em 1954 a 1956 e 1983 a 1989.

Numa observação geral, a variabilidade trimestral apresenta os principais picos que são associados aos El Niño Oscilação Sul (ENOS) ocorridos naqueles anos. Com forte expressão dos ENOS em fases opostas na Primavera, consoante a discussão proposta por Grimm (2009).

Além disso, é possível ver similaridade conforme as fases da ODP, pela predominância de desvios positivos e negativos, com um caráter de defasagem.

Com relação aos números de dias com chuva (NDC) (**Figura 14**), a similaridade com a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) mostra um padrão muito mais claro e expressivo. Existe a predominância de desvios negativos que caracteriza uma marcada fase com menor variabilidade dos NDC, datada de 1948 a 1981. Deste último ano mencionado, os desvios estiveram predominantemente positivos até o ano de 1998, quando começaram a decrescer paulatinamente.

**Figura 14** - Variabilidade trimestral dos NDC e do IODP anual – 1947 a 2011.



Org. Nascimento Júnior, L.

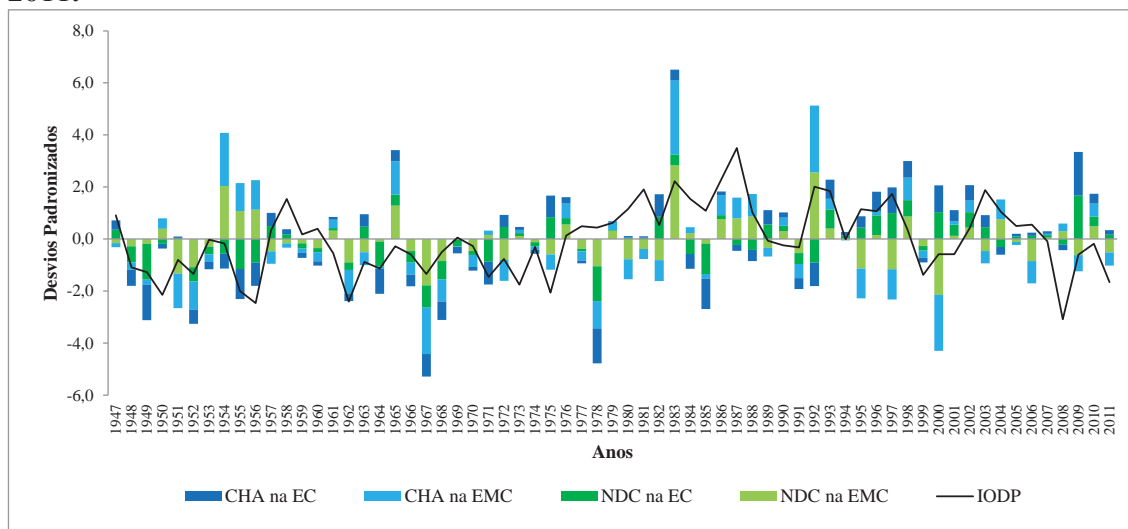
Além de períodos de bastante arritmias, os picos anuais são associados facilmente aos padrões ENOS, principalmente, com os valores positivos em ocorrência dos El Niño's, em 1989, com bastante expressividade no verão e; em 1992 e 1998, com maior expressividade no outono, no inverno e na primavera.

Em associação à ODP, a variação do seu índice demonstra que quando negativa e positiva, os desvios de NDC em todos os trimestres também seguem essa tendência, com maior significância na primavera e no verão e com maior variabilidade em IODP+, e, menor em IODP-.

Na variabilidade sazonal da precipitação e dos NDC, a similaridade aos prazos de variação é representada mais claramente tanto ao padrão ODP, quanto ao ENOS (**Figura 15**).



**Figura 15** - Variabilidade sazonal das chuvas e dos NDC e do IODP anual – 1947 a 2011.



Org. Nascimento Júnior, L.

Com relação ao prazo do ENOS, de 1954 a 1957 são observados desvios positivos na pluviosidade e NDC na Estação Chuvosa daqueles anos, quanto à diminuição dos mesmos valores na Estação Menos Chuvosa, mesmo sobre a ODP predominantemente negativa.

Com relação ao prazo da ODP, os desvios negativos de predominância desde 1948, mesmo com interferências em alguns anos, são dominantes por toda a série em ambas as estações até 1981. A partir desse ano e, com maior clareza, desde 1986, quando os desvios positivos sugeriram um período positivo que permaneceu até 2005, quando os mesmos tenderam a mostrar desvios negativos até 2011, principalmente, na EMC.

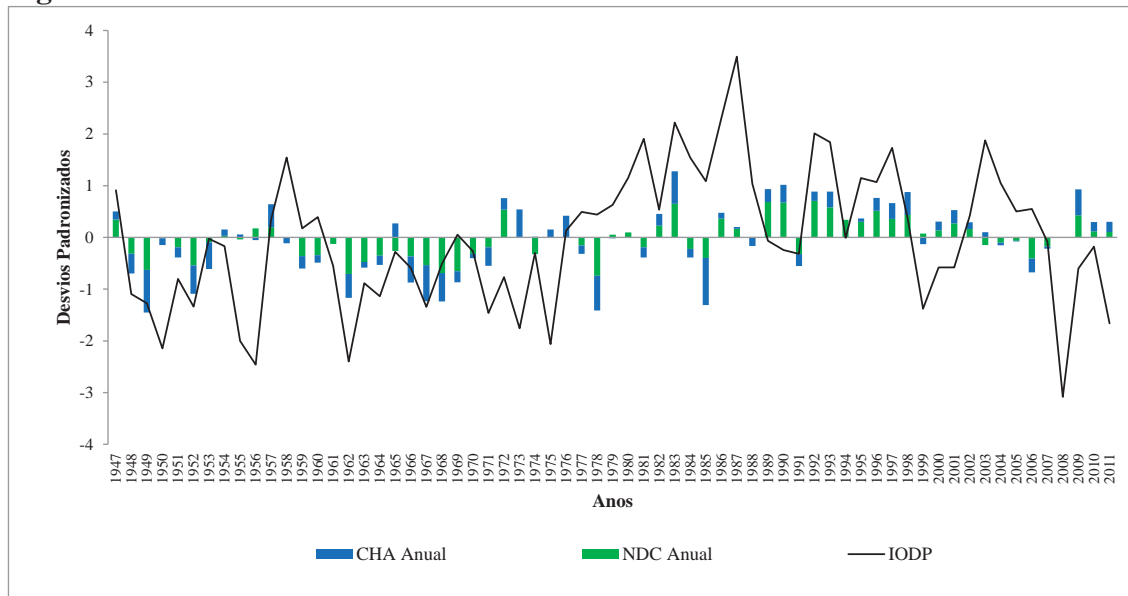
Esta última tendência é interferida pelo ENOS em 2009 e 2010, que mesmo com classificação fraca (CPTEC, 2012) teve sinal considerável nos NDC e nas chuvas na Estação Chuvosa, em 2009 e 2010, nas estações Chuvosa e Menos Chuvosa.

Em todos os períodos relacionados há uma característica segura de que em fases de desvios positivos e negativos há, respectivamente, maior e menor variação dos NDC, dos índices pluviométricos e maior quantidade de valores extremos positivos e negativos para uma fase do que para a outra. A variabilidade sazonal indica prazo de variação três a seis anos tanto na pluviosidade, quanto nos NDC, que podem ser relacionados aos prazos de variação ENOS.

A variabilidade temporal interanual (**Figura 16**) esclarece os padrões observados nas variabilidades anteriores mediante a apresentação de duas fases negativas das

chuvas e dos NDC, uma mais longa de 1948 a 1981 e, outra mais recente de 2004 a 2008.

**Figura 16** - Variabilidade interanual das Chuvas e dos NDC e do IODP – 1947 a 2011.



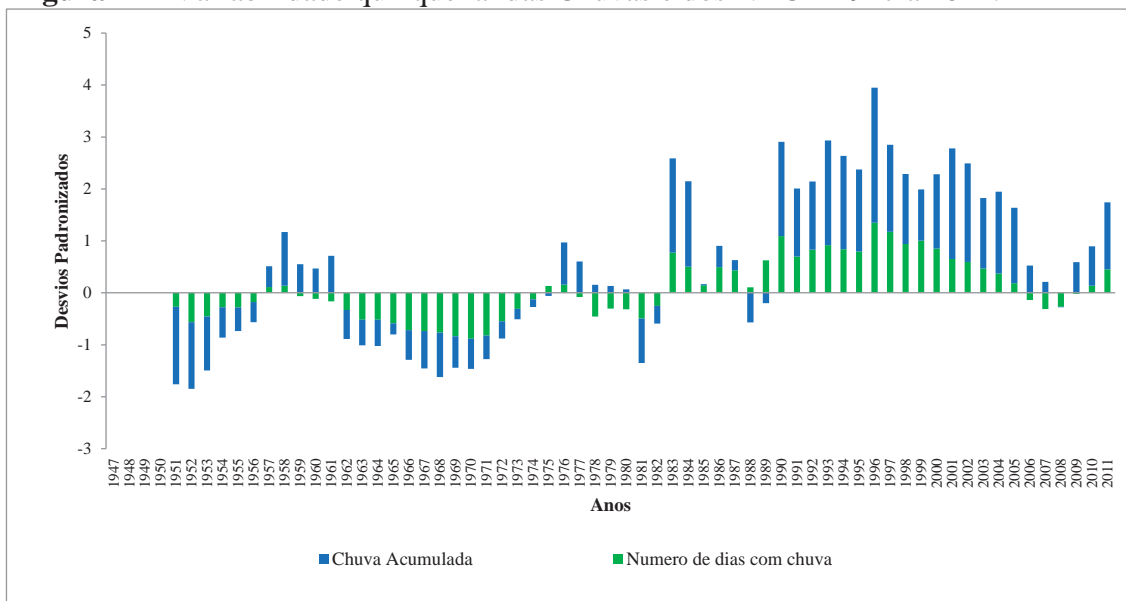
Org. Nascimento Júnior, L.

Em alguns anos a chuva e os NDC apresentam tendência inversa, em que a primeira é positiva (negativa), enquanto a segunda é negativa (positiva). Essa situação ocorreu nos anos de 1961, 1965, 1974 e 1999 e parecem indicar transição climática interanual, num processo intermediário de um novo ritmo ou predomínio de variação transicional.

A similaridade com os padrões ENOS e ODP pode ser visualizada de modo simultâneo, principalmente nos prazos mais rápidos e curtos e, nos mais lentos e longos, respectivamente, e que mostram variabilidades com diferentes frequências.

Essa similaridade é bastante clara na variabilidade quinquenal, em que os prazos curtos e rápidos podem se referir tanto às ocorrências de ENOS com intensidade considerável, quanto a alguns períodos marcadamente transicionais. No primeiro caso, os desvios positivos de 1957 a 1961 e de 2009 a 2011 evidenciam a ocorrência de ENOS em fases distintas (**Figura 17**).

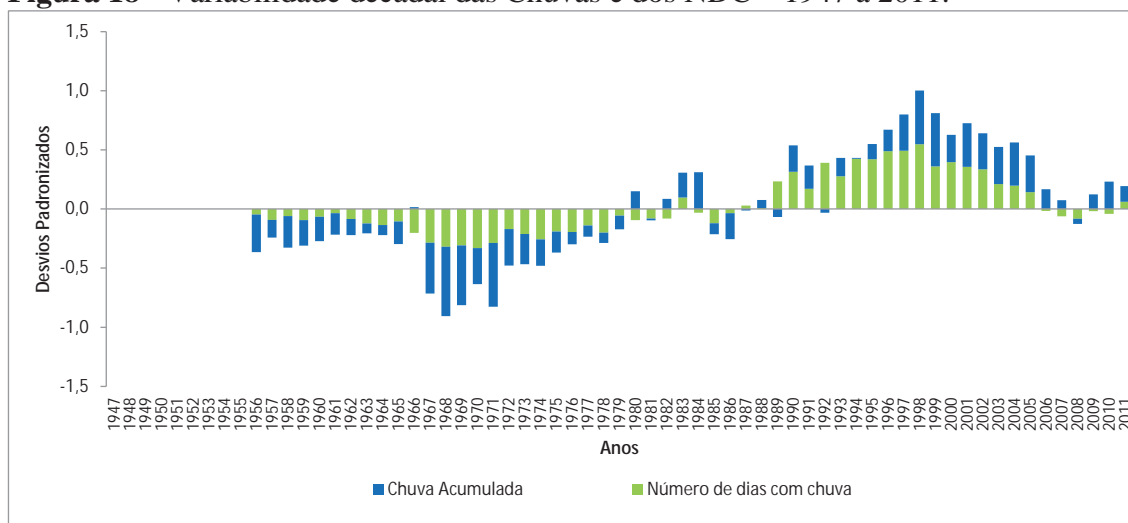
No período de 1983 a 1993, é possível observar um período marcadamente transicional, mas que não apaga a influência de ENOS naquela série, como, por exemplo, do La Niña de 1985.

**Figura 17** - Variabilidade quinzenal das Chuvas e dos NDC – 1947 a 2011.

Org. Nascimento Júnior, L.

Três padrões de permanência indicam os períodos mais longos e lentos da série. Um primeiro, destacado logo de início da série e, o segundo com 14 anos de predominância, entre 1960 a 1973, com predominância de desvios negativos. O último período, de 16 anos, apresentou caráter de fase positiva desde 1990 a 2005 para ambas as variáveis.

Os períodos transicionais, a caracterização de fases positivas e negativas dos desvios pluviométricos e de NDC e, as associação com padrões de baixas frequência são melhor observados na **Figura 18**.

**Figura 18** - Variabilidade decadal das Chuvas e dos NDC – 1947 a 2011.

Org. Nascimento Júnior, L.

A apresentação de duas fases distintas, com a permanência dos desvios negativos na primeira e, positivos numa segunda fase, demonstra uma variabilidade decadal que marca sistematicamente os períodos de similaridade aos padrões ODP, com defasagem de aproximadamente dez anos.

É possível datar essa primeira fase negativa, com o período que vai de 1948 até 1979, com desvios negativos em ambas variáveis, já a segunda predomina de 1990 a 2005. Os períodos nos intervalos das fases fornecem indicações de transição, com variabilidade expressiva e caráter de tendência inversa para as variáveis.

## 5.2 Variabilidade dos anos-padrão habituais e extremos – 1947 a 2011

A análise da variabilidade temporal nas escalas trimestral, sazonal, interanual, quinquenal e decadal indicou alguns mecanismos de associação com os modos ODP e ENOS, bem como outros de escalas inferiores.

A classificação dos anos-padrão Habitual, Seco, Extremamente Seco, Chuvoso e Extremamente Chuvoso (ver parâmetros na metodologia – pág. 46 - 47) corrobora com partes das verificações apresentadas na seção anterior e direcionam para a ocorrência de eventos extremos, conforme contextualizados anteriormente.

Os resultados da classificação dos anos-padrão com base na série histórica de 1947 a 2011 estão representados no **Quadro 1** e, confirmam o melhor entendimento de parte da revisão bibliográfica e de alguns estudos realizados sobre as chuvas no Paraná.

O **Quadro 1** também auxilia na visualização da intensidade e frequência dos anos-padrão, que, por sua vez, mostra uma variabilidade interanual bastante alta nos nove postos, com destaque para variação espacial mais alta na pluviosidade do que em NDC.

Definições e observações de padrões distintos bem marcados e expressivos entre os postos são inferidas partindo-se da comparação e diferenciação entre os mesmos. Exemplo disso é o posto de Curitiba, que tanto na pluviometria e nos NDC, mostra uma acentuada inversão em boa parte dos anos secos e extremamente secos, quanto que para os demais postos a recorrência é de anos com padrão chuvosos e extremamente chuvoso. Essa visualização é percebida, principalmente, de 1960 a 1972 em NDC. O posto em Adrianópolis mostra um padrão quase similar ao observado em Curitiba.

**Quadro 1 - Variação anual dos anos-padrão habitual a extremos para chuvas (5a) e NDC (5b) – 1947 a 2011.**

Quadro 1a - Variação espaço-temporal dos anos-padrão com base nos valores de CHA - 1947 a 2011			Quadro 1b - Variação espaço-temporal dos anos-padrão com base nos valores de NDC - 1947 a 2011		
Nº	Posto	Município	LAT	LONG	Altitude
1	COLONIA CACHOEIRA	Antonina	25° 13' 59"	48° 45' 00"	80
2	CAPELA DA RIBEIRA	Adrianópolis	24° 40' 48"	49° 00' 00"	180
3	CURITIBA	Curitiba	25° 26' 47"	49° 13' 51"	929
4	TOMAZINA	Tomazina	23° 46' 00"	49° 57' 00"	483
5	ANDIRÁ	Andirá	23° 04' 59"	50° 16' 59"	375
6	TIBAGI	Tibagi	24° 30' 39"	50° 24' 40"	720
7	RIO DOS PATOS	Prudentópolis	25° 12' 00"	50° 55' 59"	690
8	PORTO MENDES GONCALVES	Marechal Cândido Rondon	24° 30' 00"	54° 19' 59"	150
9	PARQUE NACIONAL DO IGUAÇU	Foz do Iguaçu	25° 37' 00"	54° 28' 59"	100

Quadro 1b - Variação espaço-temporal dos anos-padrão com base nos valores de NDC - 1947 a 2011			Quadro 1a - Variação espaço-temporal dos anos-padrão com base nos valores de CHA - 1947 a 2011		
Nº	Posto	Município	LAT	LONG	Altitude
1	COLONIA CACHOEIRA	Antonina	25° 13' 59"	48° 45' 00"	80
2	CAPELA DA RIBEIRA	Adrianópolis	24° 40' 48"	49° 00' 00"	180
3	CURITIBA	Curitiba	25° 26' 47"	49° 13' 51"	929
4	TOMAZINA	Tomazina	23° 46' 00"	49° 57' 00"	483
5	ANDIRÁ	Andirá	23° 04' 59"	50° 16' 59"	375
6	TIBAGI	Tibagi	24° 30' 39"	50° 24' 40"	720
7	RIO DOS PATOS	Prudentópolis	25° 12' 00"	50° 55' 59"	690
8	PORTO MENDES GONCALVES	Marechal Cândido Rondon	24° 30' 00"	54° 19' 59"	150
9	PARQUE NACIONAL DO IGUAÇU	Foz do Iguaçu	25° 37' 00"	54° 28' 59"	100

Classes dos Anos-Padrão:		Extremamente seco			Seco			Habitual			Chuvoso			Extremamente chuvoso				
		[Amarelo]			[Amarelo claro]			[Branco]			[Azul claro]			[Azul escuro]				
2011																		
2010																		
2009																		
2008																		
2007																		
2006																		
2005																		
2004																		
2003																		
2002																		
2001																		
2000																		
1999																		
1998																		
1997																		
1996																		
1995																		
1994																		
1993																		
1992																		
1991																		
1990																		
1989																		
1988																		
1987																		
1986																		
1985																		
1984																		
1983																		
1982																		
1981																		
1980																		
1979																		
1978																		
1977																		
1976																		
1975																		
1974																		
1973																		
1972																		
1971																		
1970																		
1969																		
1968																		
1967																		
1966																		
1965																		
1964																		
1963																		
1962																		
1961																		
1960																		
1959																		
1958																		
1957																		
1956																		
1955																		
1954																		
1953																		
1952																		
1951																		
1950																		
1949																		
1948																		
1947																		

Maack (1981, p. 155-159) relatou a ocorrência de precipitações severas em forma de neve no Paraná (pouco frequentes) nos anos de 1928, 1948, 1965 e 1966, atingindo, particularmente, a região da serra dos Mulatos e da serra do Cadeado. O autor relata que as cidades de Guarapuava, Curitiba, Barracão, Palmas e União da Vitória foram cobertas de neve.

Mesmo os eventos sendo pouco frequentes, algumas coincidências podem ser encontradas. Nota-se que somente a primeira data se encontrou em período de ODP+, as demais ocorreram sob domínio de ODP-. As cidades de Londrina, Maringá, Guarapuava, Barracão e Palmas registraram, em 1965, respectivamente, os valores de temperatura de  $-4^{\circ}\text{C}$ ,  $-5^{\circ}\text{C}$ ,  $-9^{\circ}\text{C}$  e  $-10^{\circ}\text{C}$  (MAACK, 1981).

Três padrões bem marcados podem ser observados a partir dos anos extremos para os índices pluviométricos e para os NDC:

- um modo no litoral, equivalente ao posto em Antonina;
- um modo intermediário, equivalente aos postos de Adrianópolis e Curitiba;
- um modo com características similares nos postos em Tomazina, Andirá, Tibagi, Prudentópolis, Marechal Cândido Rondon e Foz do Iguaçu.

Esses padrões indicam parte da configuração e distribuição espacial das chuvas no Paraná em relação ao relevo, conforme apresentado na revisão (MAACK, 1981; NERY *et al.*, 1997; IAPAR, 2000; SOUZA, 2006; NOGAROLLI, 2007; 2010; PEREIRA, *et al.*, 2008).

O primeiro modo mostra as características geográficas e pluviométricas do litoral. O modo intermediário e o último, com os aspectos de continentalidade, observados no interior do estado e na localização dos Primeiro, Segundo e Terceiros Planaltos.

Outro aspecto claramente visualizado em NDC é que até o ano de 1971 houve predominâncias de anos extremos mínimos (secos e extremamente secos), com exceção do posto em Prudentópolis, que apresentou padrões chuvosos e habituais praticamente de 1947 a 1968; Antonina com padrão chuvoso de 1964 a 1967 e; Curitiba e Adrianópolis com padrão de inversão aos padrões averiguados nos demais postos.

Os desvios nestes dois últimos postos e, em alguns anos no posto em Antonina e as fases da ODP parecem indicar tendência inversamente proporcional, ou seja, num período os desvios pluviométricos e dos NDC aumentam e, em consequência disso, apresentam de forma recorrente os valores anuais em extremos máximos (chuvoso e



extremamente chuvoso) em uma fase de ODP-. No outro período, os mesmos postos evidenciam tendência de diminuição de desvios e, aumentam a ocorrência de anos com padrão seco e extremamente seco na fase de ODP+.

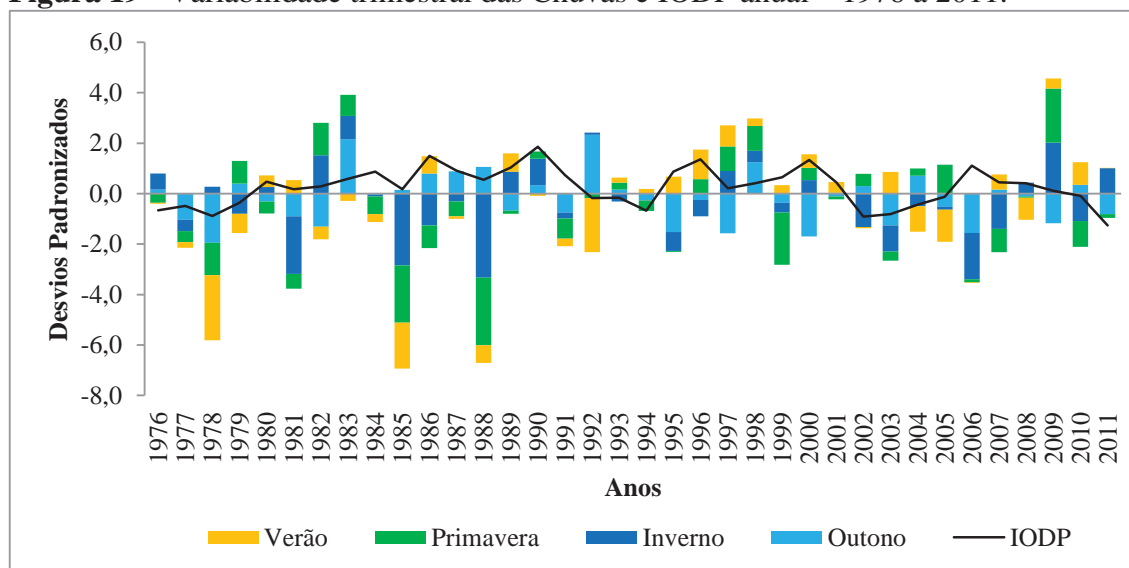
Esses resultados sugerem que as chuvas e os NDC próximos à zona costeira possuem configurações de aumento ou diminuição de chuva, quando o Oceano Pacífico está mais Frio ou mais quente. Ou seja, os controles de produção de chuva nessas regiões são mais relacionados, primeiramente, à variabilidade do Oceano Atlântico e, em segundo, à possíveis entradas e atuação de sistemas atmosféricos que agem em diferentes espacialidades em fases distintas da ODP para todo o estado do Paraná.

Desvios de ENOS também apresentam associação, principalmente na chuva em padrão chuvoso e extremamente chuvoso.

### 5.3 A variabilidade da Chuva e dos NDC de 1976 a 2011

Os desvios referentes à variabilidade trimestral da Chuva, observada para todos os postos do Paraná (**Figura 19**), expressam, dinamicamente, ritmos em quatro, seis e oito anos em que todos os trimestres apresentam desvios positivos e negativos em relação à média observada, em uma variabilidade bastante expressiva no recorte temporal de 1976 a 2011.

**Figura 19** - Variabilidade trimestral das Chuvas e IODP anual – 1976 a 2011.



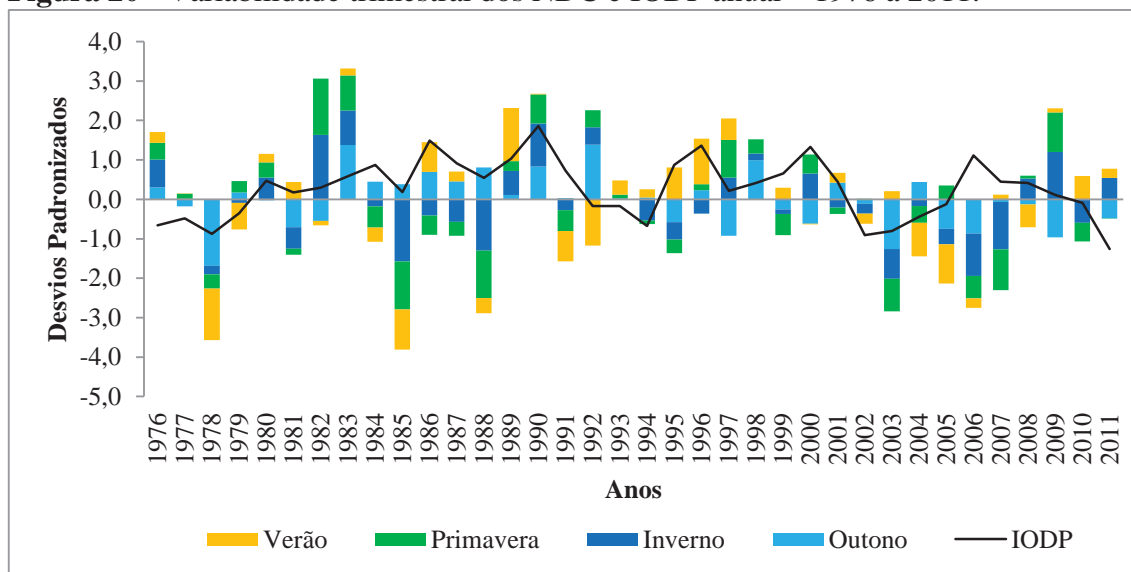
Org. Nascimento Júnior, L.

Essa configuração mostra em parte uma variabilidade interanual fortemente associada aos padrões ENOS.

Constata-se que desde 1999, os desvios trimestrais tendem a alguma diminuição da variabilidade, expressando picos máximos somente em ocorrência dos ENOS, destacadamente, no ano de 2009.

No caso dos NDC (**Figura 20**), a variabilidade trimestral é bem maior do que a variabilidade das chuvas (entre quatro a oito anos) e, mostra mais claramente os ritmos dinâmicos em cinco a seis anos, com intervalo de inversão de dois a quatro anos para cada trimestre, separadamente. Essa temporalidade é quase semelhante aos prazos de variação dos ENOS.

**Figura 20** - Variabilidade trimestral dos NDC e IODP anual – 1976 a 2011.



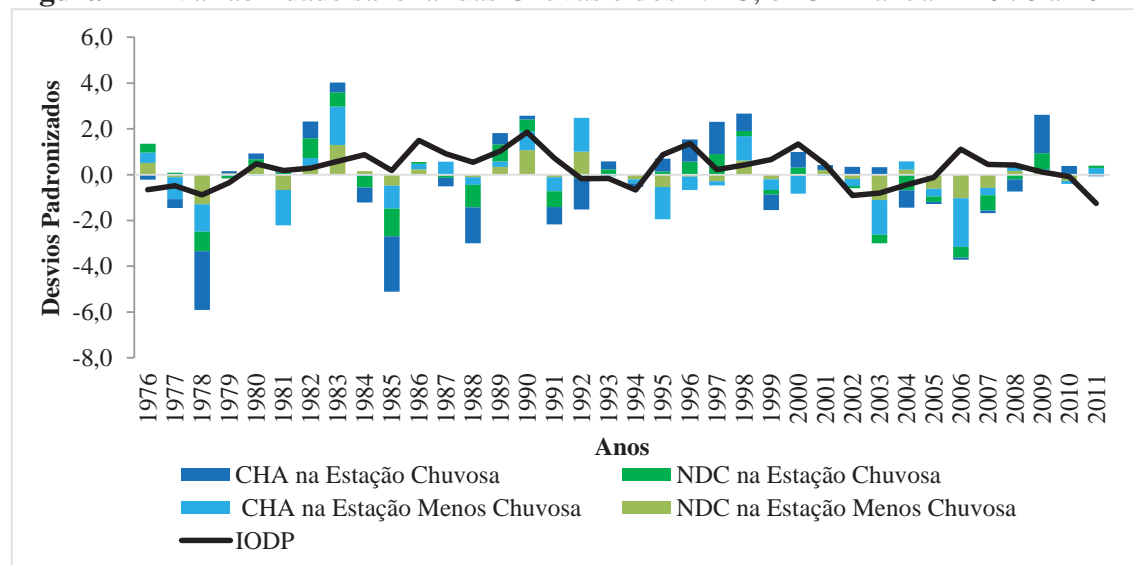
Org. Nascimento Júnior, L.

Da mesma forma, sob a temporalidade da ODP, os valores expressam desvios proporcionais às suas fases. Essa configuração pode ser observada de 1977 a 1998, quando na ODP+ os valores são predominantemente positivos e, de 1999 em diante, com tendência de diminuição dos NDC sob ODP-. Destacam-se nesta análise as exceções com associações anuais em ocorrência de ENOS que alteram, significativamente, a predominância linear dos valores observados.

Na escala sazonal, as chuvas (**Figura 21**) apresentaram um período com valores negativos e picos expressivos no período de 1978 a 1992, principalmente para estação chuvosa. Desde 1999 há uma nítida diminuição da variabilidade para ambas as estações Chuvosa e Menos Chuvosa, com destaque para a estação menos chuvosa, que apresenta picos de variação, significativamente, negativa de 1999 a 2007, principalmente no ano de 2003 e 2006.

É possível observar o sinal em relação às fases da ODP+ que tende a aumentar a variabilidade de todos os valores de chuva, enquanto que em ODP-, com expressão desde 1999 a 2005, principalmente, relaciona-se com uma diminuição da variabilidade. Em meio a essa configuração, os prazos de ENOS- e ENOS+ são claros em diminuir os desvios pluviométricos na estação menos chuvosa e aumentar na estação chuvosa, respectivamente.

**Figura 21** - Variabilidade sazonal das Chuvas e dos NDC, e IODP anual – 1976 a 2011.



Org. Nascimento Júnior, L.

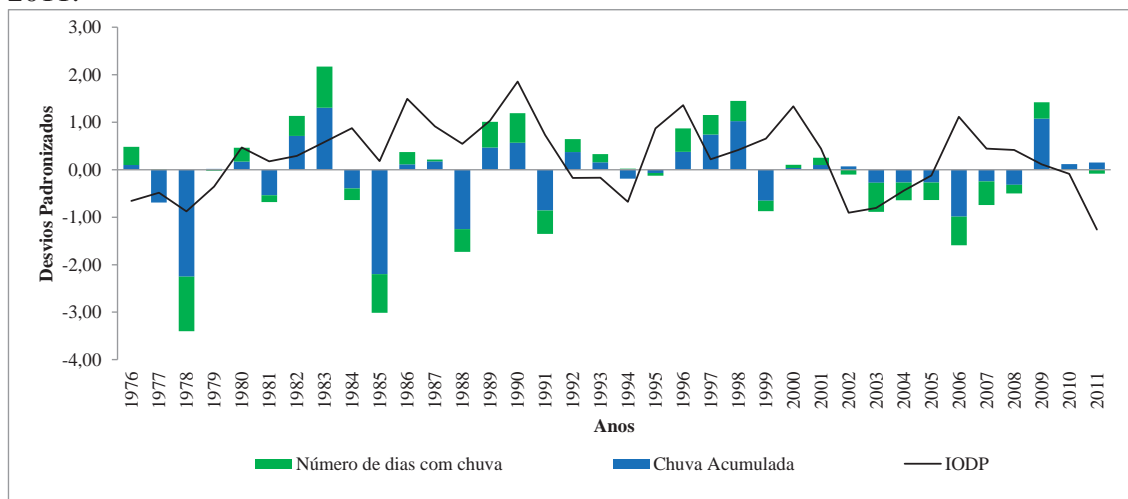
Com uma alta variabilidade no que tange a identificação de ciclicidade e periodicidade dos valores, os NDC sazonais apresentam de 1977 a 1992 um período de alta variação com quatro picos expressivos nos anos de 1978, 1985, 1988 e 1991, aumentando gradativamente desde o primeiro ano para as duas estações.

Dos anos (1978, 1985, 1988 e 1991) que coincidem com anos de ENOS- e mostram associação com diminuição dos NDC, foi o de 1983, o que apresentou maior amplitude no desvio, por isso pode ser associado ao ENOS+, configurado naquele ano através do seu índice.

A partir de 1993, os desvios descrevem uma diminuição da variabilidade com um prazo claro de variação negativa, entre 2002 e 2007, sendo que num prazo anterior, de 1999 a 2001, houve um variação considerável, que parece repetir e indicar alterações de periodicidades a partir de 2007. Os ENOS- e ENOS +, em 2006 e 2009, ambos configurados pelos seus índices, ocorreram nos períodos concomitantes às temporalidades da estação menos chuvosa e estação chuvosa, mostrando correspondência nas duas estações para pluviosidade e para NDC.

Essas afirmações são claramente representadas na variabilidade interanual (**Figura 22**), na qual: os sinais de padrões ENOS nos anos citados são significativamente associados; pelo menos um período de seis anos com variabilidade negativa – 2003 a 2008; periodicidades com maior e menor variabilidade são destacadas entre 1977 a 1991 e 2002 a 2009, respectivamente e, outros com variação de transição que vão de 1992 a 2001 e 2009 em diante.

**Figura 22** - Variabilidade interanual das Chuvas e dos NDC, e IODP anual – 1976 a 2011.



Org. Nascimento Júnior, L.

Os anos de 1978, 1985, 1988, 1999, 2006 apresentam maior expressão, principalmente na amplitude e, podem ser relacionados aos La Niña's observados. Os anos de 1983, 1997 e 1998 são os que mais podem indicar associação com El Niño's. Mesmo sobre ocorrências de La Niña e El Niño, alguns anos parecem não indicar associações com esses padrões, como, por exemplo: 1987 e 2000.

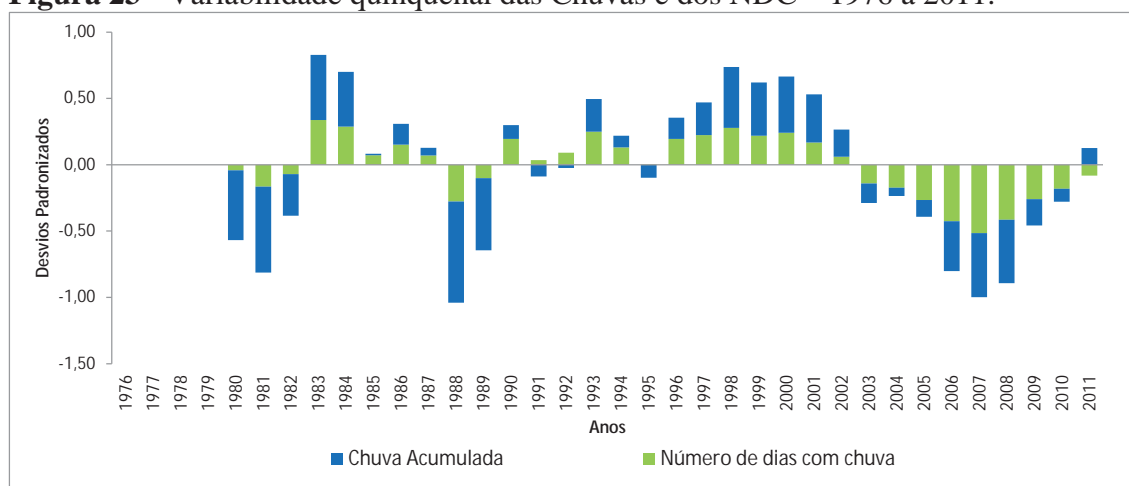
Essas teleconexões e outras associadas parecem não ser suficientes para explicar as suas configurações. Elas mostram como a variabilidade interanual ainda deve ser mais bem explicada em sua estrutura e complexidade, considerando outras teleconexões e seus mecanismos em *background*

A variabilidade quinquenal representa três modos de variação periódica. A primeira durou até 1995 e apresentou uma grande variabilidade, pode, ainda, indicar a ocorrência de um período transicional no tempo das chuvas e de NDC. O segundo e o terceiro modos apresentam duas fases, uma positiva que foi de 1996 a 2002 e outra negativa que perdurou de 2003 a 2010 (**Figura 23**).

Uma melhor suavização destes desvios que caracterizam a variabilidade decadal das chuvas e dos NDC demonstra parte das afirmações anteriormente apresentadas (**Figura 24**).

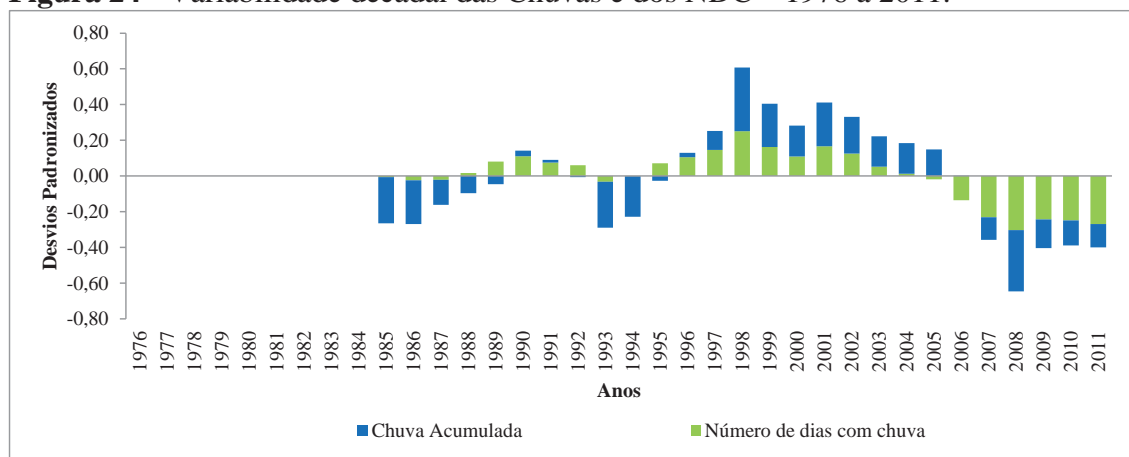
A distinção com configurações decadais para ambas as variáveis demonstram ritmos quase cíclicos de dez, treze e seis anos. A tendência da última configuração indica fase negativa significativa dos desvios de CHA e NDC, demonstrando que desde 2006, principalmente os NDC anuais vêm diminuindo em todos os postos.

**Figura 23** - Variabilidade quinquenal das Chuvas e dos NDC – 1976 a 2011.



Org. Nascimento Júnior, L.

**Figura 24** - Variabilidade decadal das Chuvas e dos NDC – 1976 a 2011.



Org. Nascimento Júnior, L.

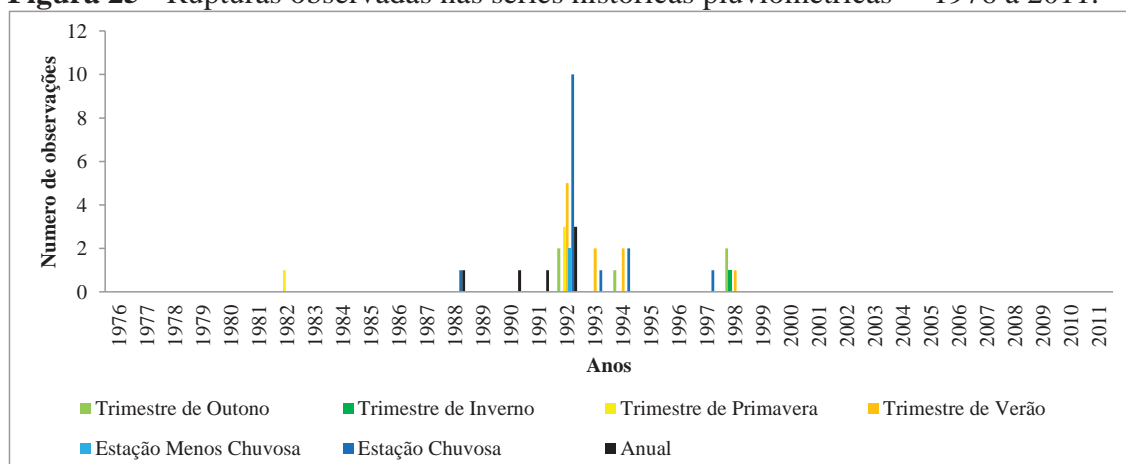
De 1985 até 1995, é possível observar que, de forma geral, os valores de chuva mesmo em desvios negativos apresentam boa distribuição anual, por meio de sua relação com desvios NDC. Contudo, uma possível concentração de chuva em poucos NDC pode ser observada principalmente desde 1998, momento em são verificados

aumento e, posteriormente, diminuição de NDC, com certo retardo de um ano no pluviometria.

#### 5.4 Rupturas, tendências e alterações em CHA e NDC – 1976 a 2011

Os resultados dos testes de Pettitt, aplicados aos valores pluviométricos, estão representados na **Figura 25** e, possibilitam inferir um período muito bem marcado, que representou 81,4% (35) das rupturas observadas em todas as sete escalas temporais (total 43). Este período concentra-se do início da década de 1990 a 1994.

**Figura 25** - Rupturas observadas nas séries históricas pluviométricas – 1976 a 2011.



Inseridos somente estações que apresentaram uma data em que houve alteração nos dados, com o nível de significância a 5%. Org. Nascimento Júnior, L.

Destaca-se nesse mesmo período o ano de 1992, que registrou o maior número de estações com rupturas em todas as escalas. O total de 25 rupturas naquele ano pode ser observado na estação chuvosa e no verão, com a apresentação de dez e cinco estações com rupturas.

Resultados quase semelhantes também foram verificados para os valores de NDC (**Figura 26**), contudo com a consideração de que esses valores possuem uma variabilidade temporal bem mais alta que os valores pluviométricos.

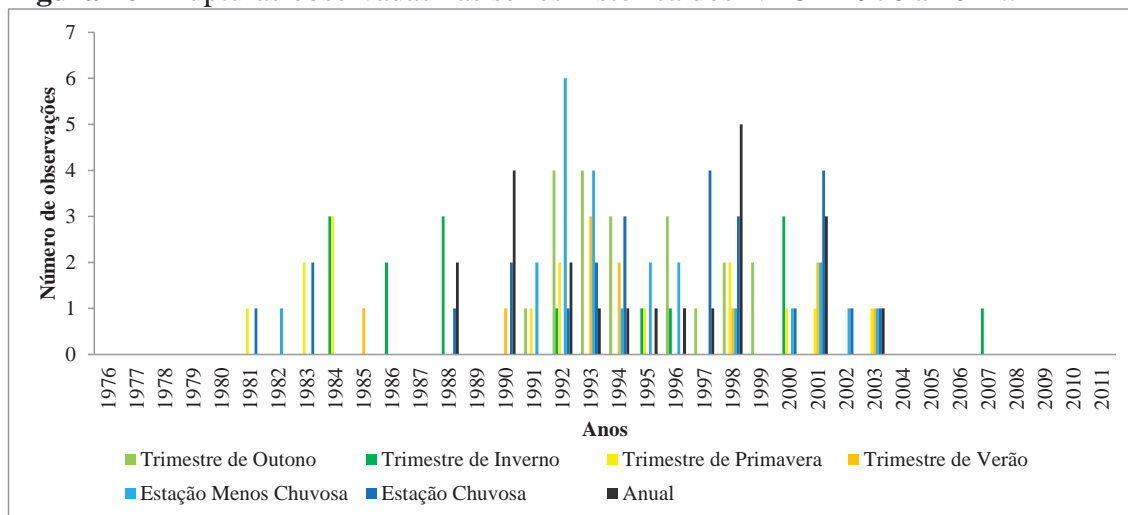
O ano de 1992 se destaca novamente com o maior número de estações com rupturas para esses valores, eles somam dezesseis. Diferentemente das rupturas nas séries pluviométricas que 1992 foi o ano com maior número de observações e, em NDC, ele é seguido por 1993 e 1998 com quatorze observações de rupturas e, 2001 e 1994, com doze e dez, respectivamente.

Essa configuração temporal produz uma nova periodização de observação de estações com rupturas em NDC. Este período pode ser recortado também do início da



década de 1990, mas se prolonga até 2003 e, é responsável por 82,7% (110) das rupturas observadas. Um período menor e antecedente ao de 1990 pode ser também destacado. Este vai de 1981 a 1988, respondendo a 16,5% (dezesseis) das rupturas. O total de observações captadas para os valores de NDC foram de 133.

**Figura 26** - Rupturas observadas nas séries histórica dos NDC – 1976 a 2011..



Inseridas somente estações que apresentaram uma data em que houve alteração nos dados, com o nível de significância a 5%. Org. Nascimento Júnior, L.

Diferentemente dos valores pluviométricos, foram a estação menos chuvosa e o outono que contribuíram para o valor máximo de rupturas em NDC, eles somaram quatro e seis rupturas, respectivamente. É possível comparar essa configuração da chuva e dos NDC com base na mostra do total de observação de rupturas obtidas nas diferentes escalas.

Mesmo considerando que a estrutura dos dados é diferente, os valores de NDC são sempre maiores que a pluviosidade, sendo que uma breve aproximação de ambos pode ser destacada na estação menos chuvosa, cuja máxima amplitude é observada. Essa amplitude também é destacada na escala anual, no outono e no inverno.

Esses resultados podem estar relacionados, especialmente, com os fatores de escala global, mais especificamente, ao efeito dos vulcanismos no clima e do material piroclástico em suspensão na atmosfera, que juntos podem promover resfriamento na temperatura do globo durante um período curto, mas bastante significativo (CHRISTY e SPENCER, 2003).

Nesse caso, o lançamento destes materiais em quantidades expressivas (cinzas e óxidos de enxofre na atmosfera) poder de alterar o balanço energético terrestre alterando a temperatura do planeta, refriando o globo durante meses e anos (CHRISTY e

SPENCER, 2003). Esta alteração é produzida devido à capacidade dessas partículas transformarem as propriedades microfísicas das nuvens, na medida em que funcionam como os aerossóis e desempenham papel fundamental como núcleo de condensação e de formação dessas nuvens (ONÇA, 2006).

Nessa perspectiva, a detecção dos anos de 1992 e 1993 como o recorde das transições na variabilidade pluviométrica e dos NDC no Paraná também podem significar os impactos regionais das erupções vulcânicas.

A coincidência interessante é que nos anos de 1991 e 1992 aconteciam as erupções do Monte Pinatubo, nas Filipinas que, segundo Christy e Spencer (2003), provocaram nos meses e anos posteriores um resfriamento de até 0,5°C no clima global.

A afirmação hipotética é que, além dessa erupção diminuir a temperatura do planeta, ela também provocou alterações nos padrões pluviométricos regionais, explicados pelas rupturas no estado do Paraná.

Na análise espacial (**Coleção de Mapas 1**) os NDC possuem maior variabilidade espacial das chuvas em todas as escalas analisadas.

Uma característica desses resultados é que eles não apresentam padrão regional bem definido. É possível encontrar coincidências espaciais pela localização de cada posto e, neste caso, chama-se a atenção para postos próximos à zona costeira, nos espigões divisores de água, nos vales das grandes bacias hidrográficas e naqueles localizados em altitude.

Essa configuração pode ser explicada por dois pontos específicos. O primeiro se refere à escala local que abrange cada unidade do posto e, o outro corrobora para o conhecimento de que as unidades de relevo são o principal fator de distribuição de chuvas no Paraná.

Outra justificativa para a não possibilidade de regionalização dos resultados, é que dados parecem produzir dados das características locais. Tal característica interessante permite afirmar que existem alterações relacionadas aos padrões de uso de solo ou alterações climáticas nas escalas locais.

Outra informação que auxila na interpretação dessa situação é o número de tendências significativas para a precipitação e para os NDC (**Figura 27**), cujas maiores amplitudes foram observadas igualmente na estação chuvosa e na primavera. Para os NDC foram no outono e na estação menos chuvosa que mais se manifestaram amplitudes expressivas.

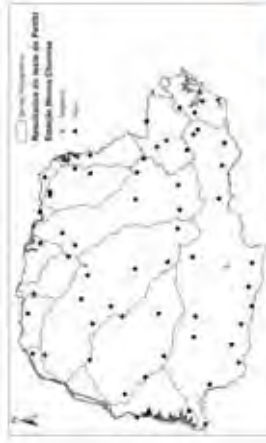
**Coleção de Mapas 1 - Rupturas observadas nas escalas temporais observadas no Paraná – 1976 a 2011.**



**Rupturas nas chuvas no Outono**



**Rupturas em NDC no Outono**



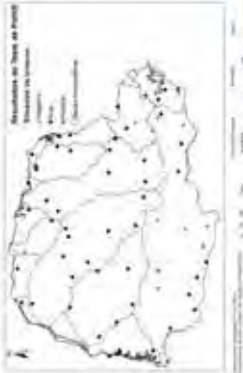
**Rupturas nas chuvas na Estação Menos Chuvosa**



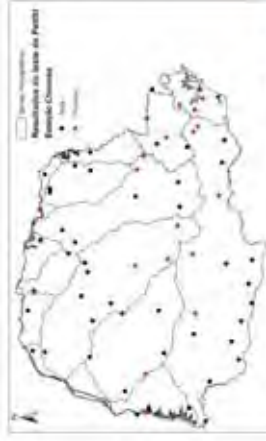
**Rupturas em NDC na Estação Menos Chuvosa**



**Rupturas nas chuvas no Inverno**



**Rupturas em NDC no Inverno**



**Rupturas nas chuvas na Estação Chuvosa**



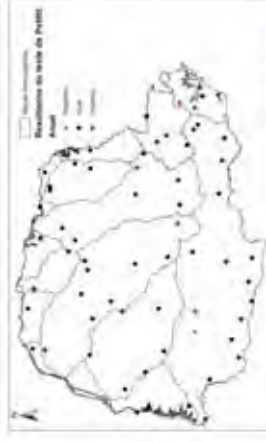
**Rupturas em NDC na Estação Chuvosa**



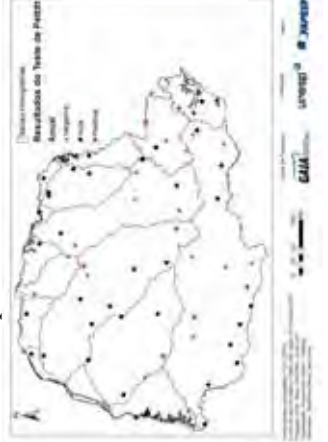
**Rupturas nas chuvas na Primavera**



**Rupturas em NDC na Primavera**



**Rupturas nas chuvas Anual**



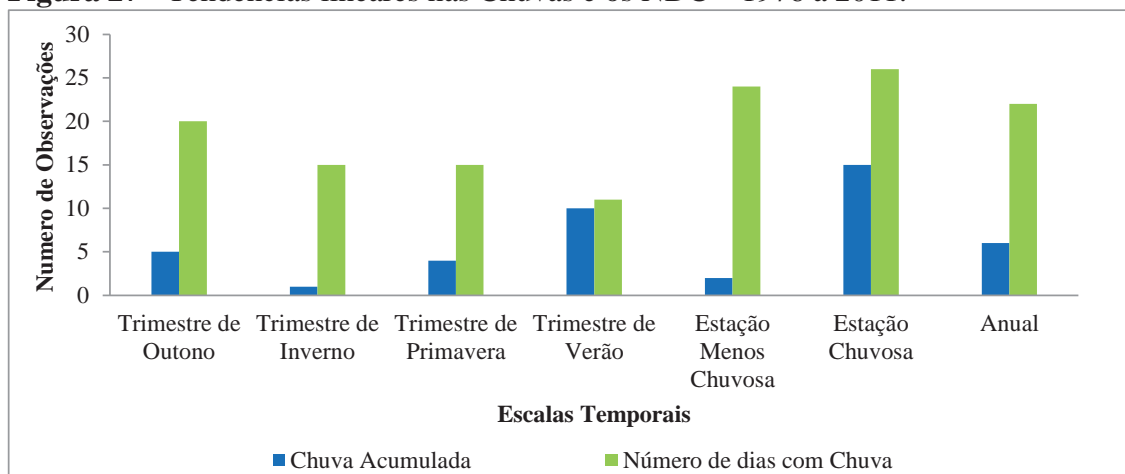
**Rupturas em NDC Anual**



**Rupturas nas chuvas no Verão**



**Rupturas em NDC no Verão**

**Figura 27** - Tendências lineares nas Chuvas e os NDC – 1976 a 2011.

Inseridas somente estações que apresentaram uma data em que houve alteração nos dados, com o nível de significância a 5%. Org. Nascimento Júnior, L.

Comparativamente, as tendências negativas nas chuvas são marcadas na escala na estação menos chuvosa, outono e inverno, que coincidem com os períodos menos chuvosos, sendo que o acréscimo (tendências positivas) mais destacado é para a primavera, estação chuvosa, verão e na escala anual. Enquanto para os valores de NDC, exceto no verão em que a tendência é positiva, já nos demais trimestres e estações a tendência é negativa.

A amplitude dessas tendências estatísticas oferecem alguns parâmetros iniciais para observações de mudanças e alterações na pluviosidade e nos NDC nessa série histórica, conforme os resultados da interpolação dos valores de  $\alpha$  da Regressão Linear (**Coleção de Mapas 2**).

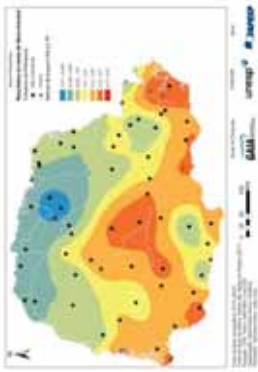
Cada escala temporal apresentou aspectos significativos de tendências espaciais marcadamente sobre as bacias dos rios Ivaí, Iguaçu e litoral, em específico. Tal característica ajuda a compreender o sistema de produção de chuvas no estado do Paraná. Em geral, as tendências dos valores de chuva indicam aumento gradativo do leste e diminuição no leste.

Os valores de NDC, por vezes, não apresentaram boa contiguidade espacial, o que remete a expressividade de sua variabilidade espaçotemporal. Essa afirmação pode ser confirmada por meio dos efeitos-pepita observados em quase todas as escalas.

A síntese das tendências e alterações significativas nos padrões pluviométricos é apresentada na **Tabela 8**. Em geral, as tendências não são significativas para a maioria das estações, principalmente na precipitação, destacando-se um caráter de transição climática na escala local.



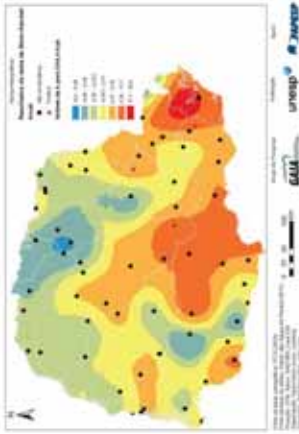
**Coleção de Mapas 2 – Tendências espacotemporais na chuva e nos NDC – 1976 a 2011.**



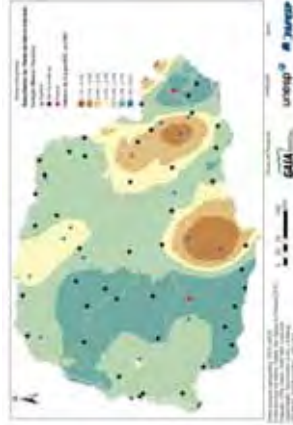
**Tendências para as Chuvas no Outono**



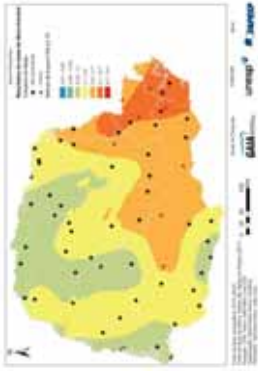
**Tendências para NDC no Outono**



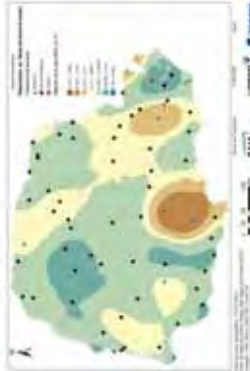
**Tendências para as Chuvas na Estação Menos Chuvosa**



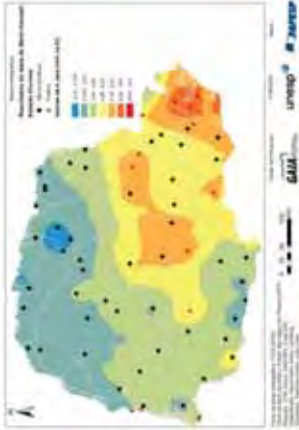
**Tendências para os NDC na Estação Menos Chuvosa**



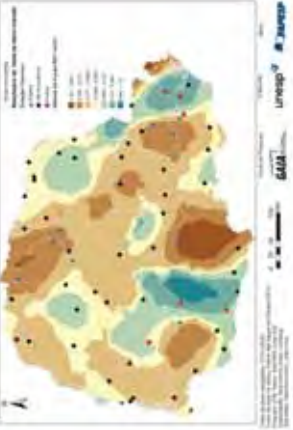
**Tendências para as Chuvas no Inverno**



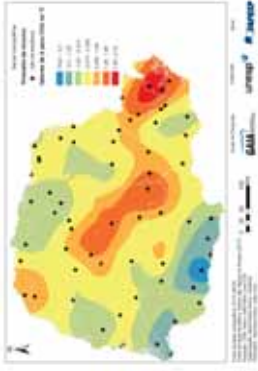
**Tendências para os NDC no Inverno**



**Tendências para as Chuvas na Estação Chuvosa**



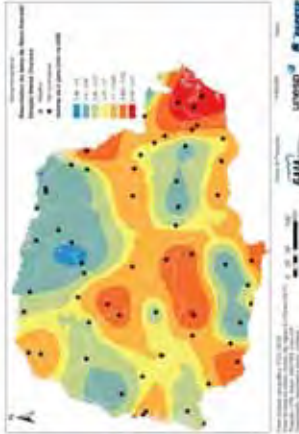
**Tendências para os NDC na Estação Chuvosa**



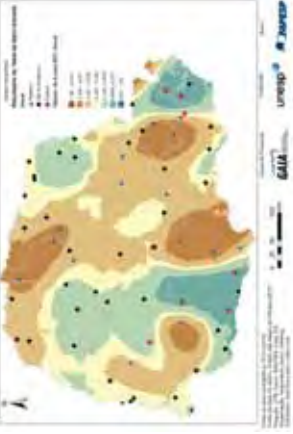
**Tendências para as Chuvas na Primavera**



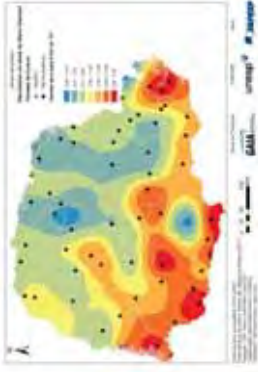
**Tendências para os NDC na Primavera**



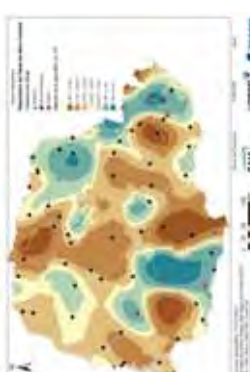
**Tendências para as Chuvas Anual**



**Tendências para os NDC Anual**



**Tendências para as Chuvas no Verão**



**Tendências para os NDC no Verão**

**Tabela 8** - Síntese das tendências e alterações pluviométricas (CHA) e nos NDC.

Variáveis		Sem rupturas e tendências	Rupturas negativas	Rupturas positivas	Rupturas e Tendências negativas	Rupturas e Tendências positivas
Valores de CHA	Trimestre de Outono	57	1		5	
	Trimestre de Inverno	62	1			
	Trimestre de Primavera	58		2		3
	Trimestre de Verão	51	4			8
	Estação Menos Chuvosa	60	1		2	
	Estação Chuvosa	45		7		11
	Anual	56	2			5
Valores de NDC	Trimestre de Outono	42	2		18	1
	Trimestre de Inverno	50	3	2	7	1
	Trimestre de Primavera	45	2	2	10	4
	Trimestre de Verão	48	3	3	3	6
	Estação Menos Chuvosa	38	4	3	16	2
	Estação Chuvosa	38	6	2	11	6
	Anual	37	2	1	16	7

Inseridas somente estações que apresentaram uma data em que houve alteração nos dados, com o nível de significância a 5%. Maiores valores destacados em amarelo. Org. Nascimento Júnior, L.

Com base nas rupturas e tendências positivas expressas na última coluna da **Tabela 8**, pode-se inferir que é na estação chuvosa e no verão que se notam os maiores acréscimos de chuva, com 40,7% e 29,6%, respectivamente, para o total de 27 observações. Contrariamente, mas com a mesma quantidade de observações (27), os valores de NDC Anual é que expressam o maior incremento de 25,9% (sete) e, em seguida, para estação menos chuvosa e verão, com 22,2% (seis) cada.

Os resultados das rupturas e tendências negativas dispostos na penúltima coluna **Erro! Fonte de referência não encontrada.** sugerem que os valores de NDC estão aulatinamente diminuindo em todas as escalas, concentrando-se, principalmente, no outono, com 22,2% (18) das observações, seguido pela estação menos chuvosa e na escala anual com 19,8% (16), sob um total de 81 observações.

Os valores pluviométricos apresentaram resultados estatisticamente significativos somente para EC e TP, com sete e duas observações de rupturas positivas, respectivamente. Os resultados dos testes de Pettitt e Mann-Kendall dos valores de NDC também possuem maior variabilidade espacial do que a precipitação.

Uma característica desses resultados é que eles não apresentam característica regional bem definida. É possível encontrar coincidências espaciais pela localização de cada posto e, neste caso, chama-se a atenção para os postos próximos ao litoral do estado, nos espigões divisores de água das grandes bacias hidrográficas e alguns outros em seus talwegues e, por fim, naqueles localizados em altitude.



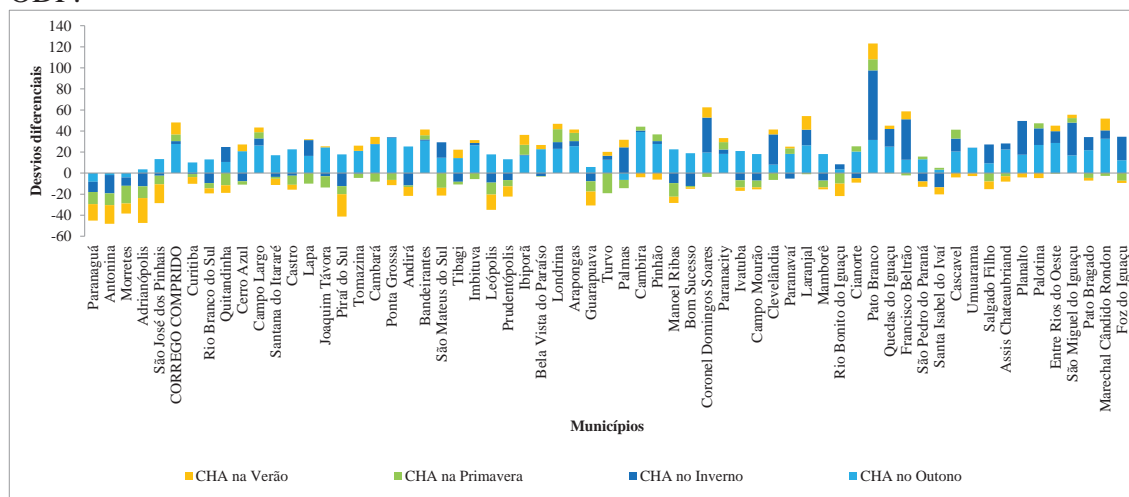
Essa configuração pode ser explicada por dois pontos específicos. O primeiro se refere à escala local que abrange cada unidade do posto e o outro corrobora para o conhecimento de que as unidades de relevo são o principal fator de distribuição de chuvas no Paraná.

## 5.5 A variabilidade das chuvas associada aos padrões ODP

### 5.5.1 Desvios da diferença das Chuvas e dos NDC em fases distintas da ODP

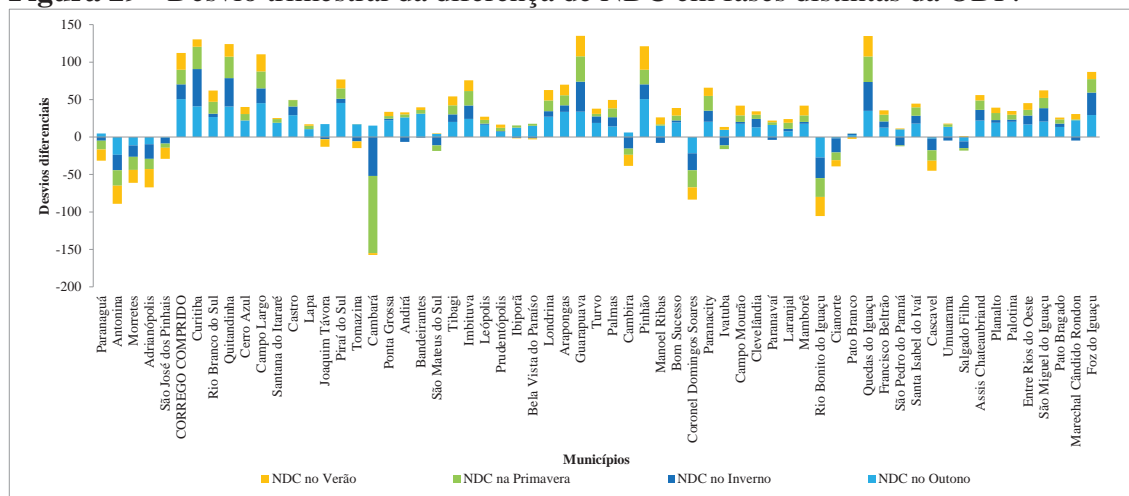
Os desvios trimestrais da diferença entre as fases distintas da ODP são representados na **Figura 28** para os valores de precipitação e, na **Figura 29** para os valores de NDC.

**Figura 28** - Desvio trimestral da diferença das chuvas - CHA em fases distintas da ODP.



Org. Nascimento Júnior, L.

**Figura 29** - Desvio trimestral da diferença de NDC em fases distintas da ODP.



Org. Nascimento Júnior, L.

A tendência temporal dos NDC pode ser associada com a ocorrência de ENOS, observados, isoladamente, na tentativa de comparação e diferenciação dos desvios entre os postos pluviométricos. Assim, é possível afirmar que em fases distintas de ODP todo o estado fornece diferentes tendências de variações pluviométricas, com alguns padrões bem marcados para todos os trimestres em geral.

Pode-se asseverar que no litoral há aumento das chuvas em fase de ODP- e diminuição em ODP+, no que tange a apresentação de décadas menos chuvosas e mais chuvosas. A diferença decadal se dá na medida em que, gradativamente, no trimestre de outono ganha maior expressividade seguindo a direção continental.

O padrão de diminuição da pluviosidade existe em pelo menos três trimestres com fases de ODP- e, indica uma tendência sequencial nos postos em Adrianópolis, São José dos Pinhais, Rio Branco do Sul, Piraí do Sul, Leópolis, Prudentópolis, Guarapuava, Manoel Ribas, Ivatuba, Campo Mourão, Mamborê e Rio Bonito do Iguaçu, notadamente para verão, primavera e inverno.

Salienta-se que os desvios no outono são os anos que mais se destacam quanto ao aumento das chuvas em face à temporalidade da ODP+ para todos os postos localizados no interior do estado, seguido do trimestre de inverno e, em menor proporção na primavera e no verão, respectivamente.

Em ODP-, o verão e a primavera são os trimestres mais expressivos para diminuição da pluviosidade. As variações dos desvios trimestrais para NDC mostram que o posto mais ao leste do estado, localizado no Paranaguá, apresenta associação de diminuição somente na primavera e no verão, com aumento de NDC no outono.

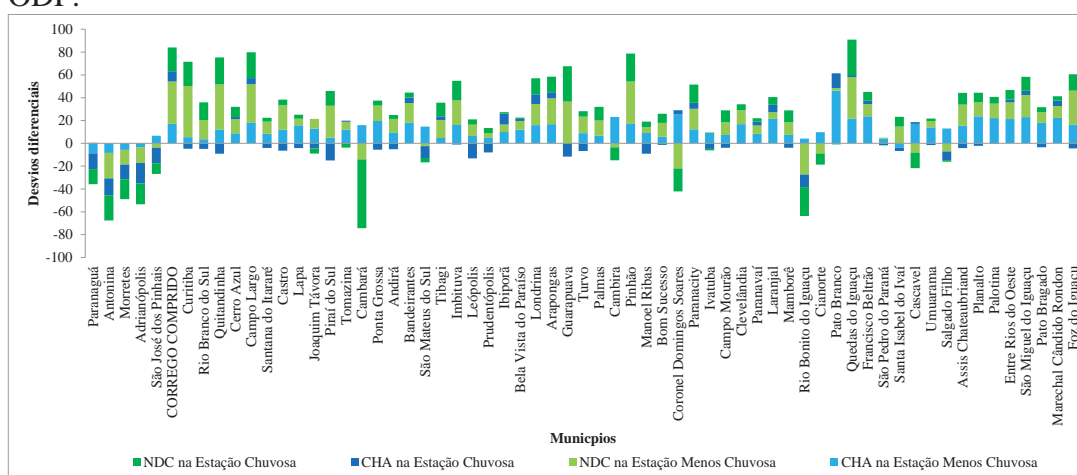
Essa configuração se difere das apresentadas pelos valores dos postos em Antonina e Morretes, que se localizam na mesma região. Variação similar acontece também em Adrianópolis e São José dos Pinhais. Ela também representa de certa forma, a estrutura complexa da produção e da gênese dos NDC para região, em controles remotos e locais que interagem, corroborando ou não para padrões ODP de variabilidade do Oceano Pacífico, mas também de padrões mais significativos no Oceano Atlântico.

No entanto, o sinal da ODP parece ser mais forte no interior do estado, onde praticamente 24% dos postos apresentaram tendência de desvios negativos para chuva em ODP-, destacadamente, na primavera e no inverno, no posto em Cambará, e em Coronel Domingos Soares, Rio Bonito do Iguaçu e Cascavel para os quatro trimestres.

Em associação à ODP, os postos localizados ao norte apresentam menor variabilidade trimestral, apesar do sensível incremento positivo nos NDC. Os postos localizados na porção leste apresentam a maior variabilidade do estado, com aumento significativo de NDC em ODP+. O outono é o que representa o maior ganho de NDC em fase de ODP+.

Em todos os 63 postos, os desvios sazonais, conforme as temporalidades das fases distintas da ODP, indicam continuidade, principalmente para NDC. Somente em Pato Branco foram verificados desvios significativos para os valores de chuva, notadamente na estação menos chuvosa (**Figura 30**).

**Figura 30** - Desvio sazonal da diferença pluviométrica e NDC em fases distintas da ODP.



Org. Nascimento Júnior, L.

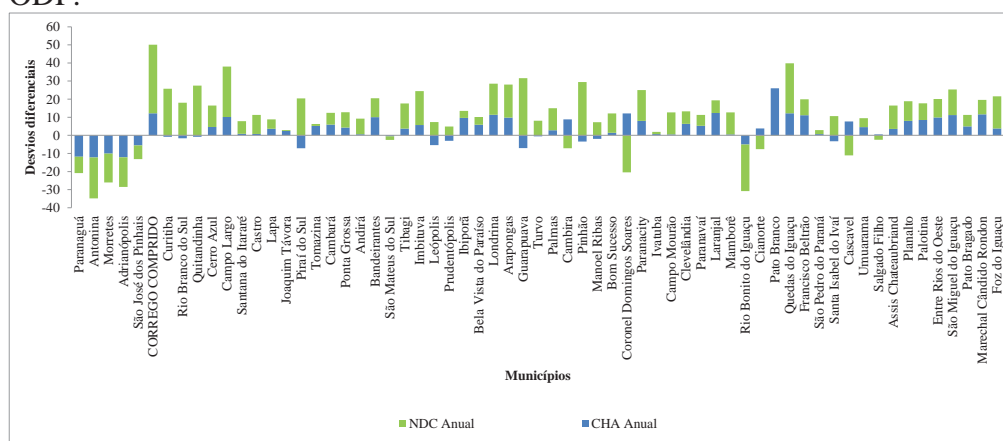
A estação chuvosa evidencia sinal com baixas alterações na pluviosidade, de acordo com a similaridade da ODP, sendo visualizada em poucos postos no estado. Por outro lado, a estação menos chuvosa aparece com um incremento considerável para essa variável (**Figura 30**).

Como descrito nas análises anteriores, os postos localizados no litoral dão sinal contrário às fases da ODP. Essa configuração se repete para outros postos no que tange a escala sazonal, contudo com alterações nos NDC, como pode ser observado em Cambará, Coronel Domingos Soares e Rio Bonito do Iguçu.

O incremento dos desvios de NDC em associação à ODP+ se dá principalmente na estação menos chuvosa para os postos localizados no interior do estado, o que demonstra forte relação com a continentalidade.

A diferença dos desvios pluviométricos de NDC em sua variabilidade, representada na **Figura 31**, mostra que a maior variação associada às fases ODP é observada nos NDC, exceto para o posto em Pato Branco, revelando que está nas chuvas a maior expressão dessa associação.

**Figura 31** - Desvio anual da diferença pluviométrica e dos NDC em fases distintas da ODP.



Org. Nascimento Júnior, L.

O efeito da continentalidade, da maritimidade e dos controles remotos e locais de produção e gênese das chuvas e NDC são facilmente observados, conforme a descrição dos valores na zona costeira e, sua relação com os postos localizados no oeste, com apresentação positiva para ambas as variáveis e com menor variabilidade.

Os postos com maior variabilidade são aqueles localizados no Primeiro Planalto e na zona costeira, a variabilidade dos desvios dos postos nos demais planaltos diminui gradativamente, ao mesmo tempo em que expressa algumas especificidades locais que alteram uma perspectiva linear desse processo. Esse caráter sugere determinações em fases de ODP-, a pluviosidade e os NDC são também diminuídos inversamente. Ou seja, as chuvas em ODP- são negativas, enquanto de NDC são positivos e, vice-versa para ODP+.

Essa configuração é observada nas chuvas de Piraí do Sul, Leópolis, Prudentópolis, Guarapuava, Pinhão, Manoel Ribas e Santa Isabel do Ivaí. Para os valores de NDC essa mesma configuração ocorre em Cambira, Coronel Domingos Soares, Cianorte e Cascavel.

Os desvios dos postos em Paranaguá, Antonina, Morretes, São José dos Pinhais e Rio Bonito do Iguaçu apresentaram relação proporcional para ODP-, com diminuição dos valores de ambas as variáveis.

### 5.5.2 Correlações lineares para o período de 1976 a 2011

Os resultados das correlações lineares obtidas pelos valores de chuvas e de NDC associadas aos índices da ODP (IODP) estão representados na **Tabela 9**.

**Tabela 9** - Coeficientes de determinação de Pearson para CHA e NDC x IODP.

Municípios	Valores de CHA					Valores de NDC						
	Trimestre de Outono	Trimestre de Inverno	Trimestre de Primavera	Estação Menos Chuvosa	Anual	Trimestre de Outono	Trimestre de Inverno	Trimestre de Primavera	Trimestre de Verão	Estação Menos Chuvosa	Estação Chuvosa	Anual
Paranaguá			12,3								17,5	16,4
Curitiba						17,3						12,6
Rio Branco do Sul								26,5				
Santana do Itararé								20,2				
Tomazina								20,3				
Cambará								17,7				
Andirá			20,1					46,8				
Bandeirantes								16,0				
São Mateus do Sul												11,3
Tibagi												11,3
Leópolis			13,2			23,6						
Prudentópolis		11,9										
Ibiporá								35,7				
Bela Vista do Paraíso								30,2				
Londrina	11,5				11,5			18,5				
Arapongas						24,8		45,6				
Guarapuava						36,8						13,3
Turvo						20,9						
Manoel Ribas								25,2				
Coronel Domingos Soares										14,4		14,1
Paranacity											15,0	15,2
Campo Mourão											13,3	
Laranjal	19,7				19,7			16,0				
Rio Bonito do Iguaçu										21,8		13,0
Cianorte	12,7				12,7							
Quedas do Iguaçu								22,5		26,4	12,8	25,0
Francisco Beltrão								18,4				
Santa Isabel do Ivaí											15,4	
Cascavel							21,7					
Umuarama								17,8				
Assis Chateaubriand						33,3						
Planalto									16,4			
São Miguel do Iguaçu	17,5				17,5			16,4		25,5		
Pato Bragado						18,7						
Marechal Cândido Rondon					11,1							

Inseridos somente os valores diferentes de 0, com um nível de significância  $\alpha=0,05$ . Destaque para os valores de  $r^2$  (%) de correlação negativa (cor azul) e positiva (cor laranja). Org. Nascimento Júnior, L.

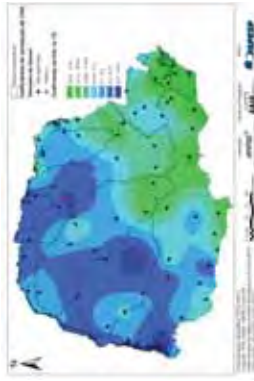
Na precipitação, os valores de  $r^2$ (%) dos coeficientes de Pearson não passaram de 19,7%, esses foram observados em Laranjal, no outono e na escala anual, com uma correlação positiva. O menor valor de  $r^2$ (%) foi notado em Marechal Cândido Rondon (11,1%), com correlações positivas e, as negativas foram constatadas na primavera de Paranaguá, no inverno de Prudentópolis e no outono de Londrina.

Essa configuração espaçotemporal de valores significativos para as chuvas mostram que a perspectiva de associações com ODP são ainda pouco relacionáveis na perspectiva regional – **Coleção de Mapas 3**.

Diferentemente, os valores de NDC mostram-se expressivos, principalmente na primavera. Os coeficientes de determinação nesse trimestre chegaram a 46,8% para os valores em Andirá. Os menores valores verificados estão na escala anual para São Mateus do Sul e Tibagi, com correlações negativas e positivas, respectivamente.



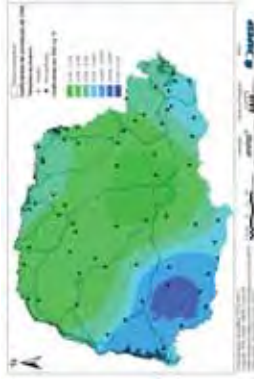
**Coleção de Mapas 3 – Espacialização dos coeficientes de Pearson para IODP x CHA e NDC.**



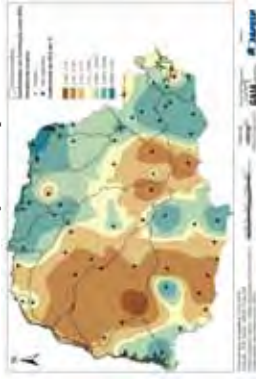
Coefficients of linear correlation for CHA in Autumn



Coefficients of linear correlation for NDC in Autumn



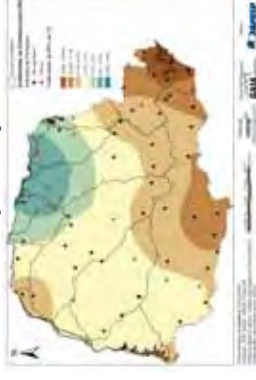
Coefficients of linear correlation for CHA in Winter



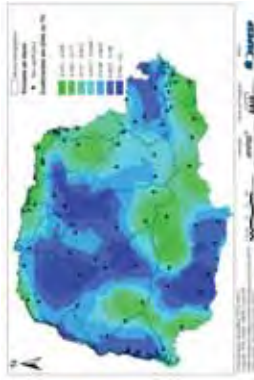
Coefficients of linear correlation for NDC in Winter



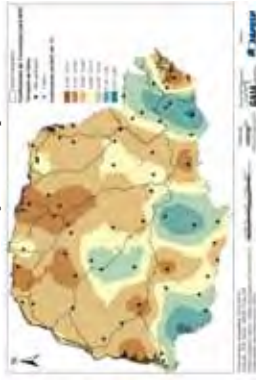
Coefficients of linear correlation for CHA in Spring



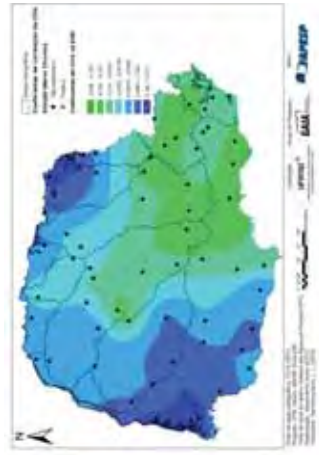
Coefficients of linear correlation for NDC in Spring



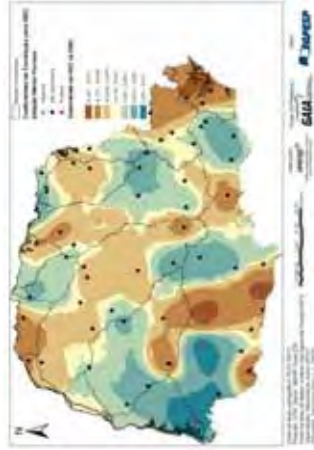
Coefficients of linear correlation for CHA in Summer



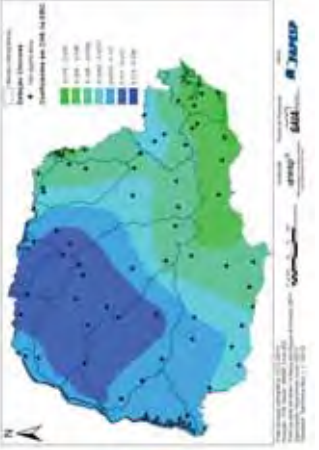
Coefficients of linear correlation for NDC in Summer



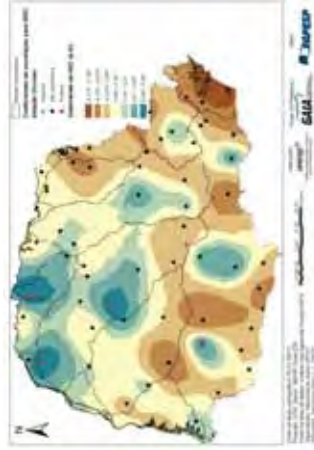
Coefficients of linear correlation for CHA in the Less Rainy Station



Coefficients of linear correlation for NDC in the Less Rainy Station



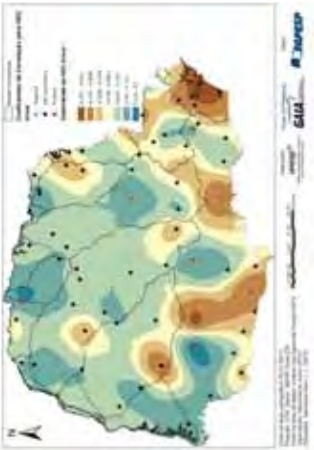
Coefficients of linear correlation for CHA in the Rainy Station



Coefficients of linear correlation for NDC in the Rainy Station



Coefficients of linear correlation for CHA Annually



Coefficients of linear correlation for NDC Annually



Considerando as escalas temporais e os resultados obtidos nas séries temporais espacialmente distribuídas pelo território paranaense, é possível afirmar que a ODP é um dos moduladores decadais na primavera, no outono e na escala anual, já para os NDC e para a precipitação, a ODP aparece como modulador décadas no outono e na escala Anual.

Contudo, com a espacialização dos dados foi possível obter os primeiros parâmetros de influência e alterações da ODP nas chuvas nos NDC. Cabe destacar, que a participação da componente ODP nesse processo é fraca e moderada.

Em São Miguel do Iguçu e Laranjal, os valores de precipitação apresentaram correlação positiva estatisticamente significativa entre as variáveis com relação ao aumento e diminuição das chuvas em relação à temporalidade das fases da ODP, com um retardamento de cinco a sete anos. Índices de precipitação que não corresponderam aos picos dos IODP são coincidentes com os ENOS em fase oposta.

Em geral, os maiores valores dos coeficientes de correlação, bem como a apresentação de valores significativos estatisticamente são observados majoritariamente no oeste e noroeste do estado. No inverno e na estação menos chuvosa, os coeficientes são marcadamente encontrados sobre a bacia do rio Ivaí.

Os resultados corroboram com as considerações de Garcia (2006), considerando o deslocamento espacial e na intensidade do modo dominante SMAS.

## **5.6 Variabilidade dos anos-padrão habituais a extremos**

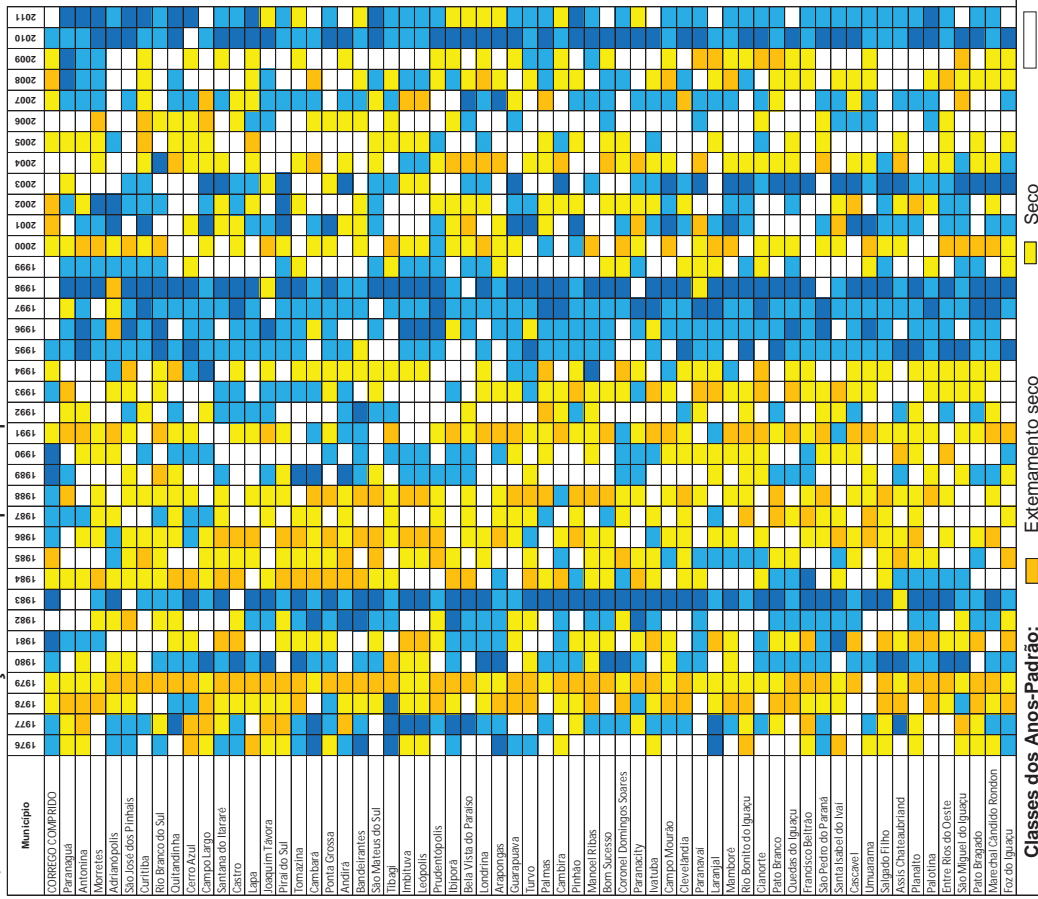
A classificação dos anos-padrão habituais, seco, extremamente seco, chuvoso e extremamente chuvoso (ver parâmetros na pág. 71 e 72) com base na série histórica de 1976 a 2011 para os 63 postos estão representados no **Quadro 2**.

Os resultados das análises de chuva (**Quadro 2a**) e de NDC (**Quadro 2b**) concordam com parte das análises apresentadas anteriormente e, fornecem um processo comparativo mais detalhado, uma vez que a classificação desses resultados foi baseada nos valores verificados em cada posto separadamente.

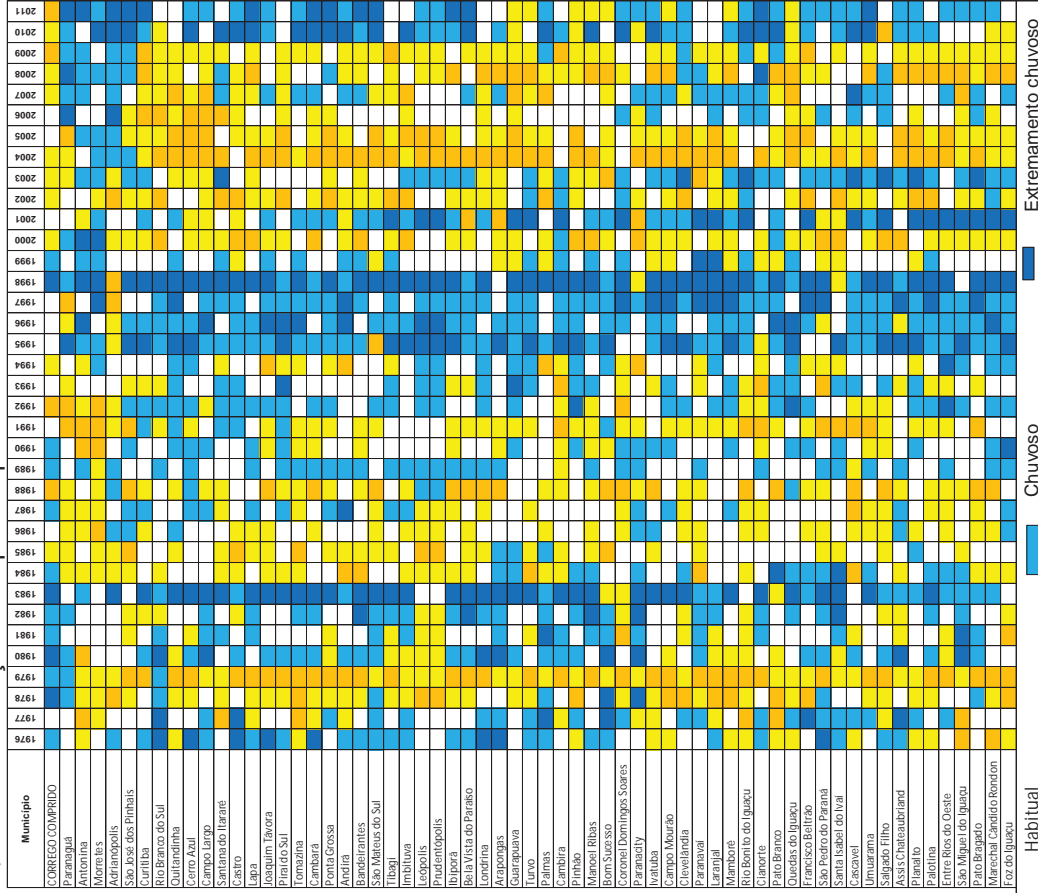
A classificação dos anos-padrão com base na Técnica dos Quantis forneceu uma boa representação de uma variabilidade interanual, principalmente através de ordem máxima (extremamente chuvoso) e mínima (extremamente seco) e associações na pluviosidade com os ENOS.

**Quadro 2 - Variação anual dos anos-padrão para os valores de chuva e dos NDC – 1976 a 2011.**

**Quadro 2a - Variação dos anos-padrão para as Chuvas**



**Quadro 2b - Variação anos-padrão para os NDC**



Org.: Nascimento Júnior, L.

A variabilidade dos ENOS é constatada de forma bastante clara num padrão de variação que ocorre praticamente em todos os postos, especialmente quando apresenta os anos extremos em 1978, 1983, 1985, 1998, 2006 e 2009.

Outras variações tipo ENOS na variabilidade dos anos-padrões são visualizadas, contudo, seus sinais apresentam também diferentes resultados em boa parte dos postos. Essa consideração é percebida por meio de intervalos entre os anos citados que demonstram uma significativa variabilidade. Essa configuração, por outro lado, não define claramente associações com anos-padrões extremos com os padrões ODP de variabilidade.

Configurações de variação tipo ODP são, de certa forma, observadas no **Quadro 4b**, que representa a classificação dos anos-padrão para os valores NDC. O predomínio de anos-padrão secos e extremamente secos de 1999 a 2008 e, outro período com marcada variabilidade com anos-padrão chuvosos e extremamente chuvosos de 1989 a 1998 corroboram para uma possível associação quase decadal as ODP- e ODP+, respectivamente.

O período de 1976 a 1988 apresentou um sinal com alta variabilidade de anos-padrão de NDC, pois praticamente toda a série dos eventos de ENOS pode estar associada à presença de desvios máximos e mínimos em todos os postos.

Essa configuração de não homogeneidade de classes para anos-padrão em ambas variáveis – chuva e NDC - mostram a complexidade já discutida nas seções anteriores. Pode-se inferir que teleconexões conjuguem a gênese e produção das chuvas nessas escalas temporais e espaciais distintas que fazem, por vezes, ter sinal forte e claro em determinadas áreas e anos, enquanto outros podem apresentar padrões contrários e ou habituais.

De forma geral, os anos-padrão habituais somam 27,8% entre as classes e se distribuem por praticamente toda a série histórica. Os anos-padrão secos e chuvosos e, extremamente secos e extremamente chuvosos resultam em suas classes a ocorrência com 25,1% e 11,1 respectivamente. Esses anos-padrão ocorreram, especialmente, em relação aos ENOS para chuva e NDC e, marcam os anos de 1989 a 1998 para chuvoso e, os anos a partir de 1999 para anos-padrão secos, exceto os anos de 2008 a 2010.

Um padrão espacial para as chuvas e NDC é observada nos postos do Litoral e do Primeiro Planalto (Córrego Cumprido, Paranaguá, Morretes, Antonina, Adrianópolis, São José dos Pinhais e Curitiba) que apresentam configurações similares dentre os

mesmos, mas são diferentes em relação aos demais postos do estado. Sendo que a maior variabilidade é observada para NDC quando se direciona ao interior do estado

Os valores pluviométricos máximos e mínimos absolutos mostram uma elevada concentração nos anos de 1983 e 1985, respectivamente. A relação de causa e efeito é que esses dois anos equivalem ao El Niño e La Niña mais fortes das últimas três décadas.

Os mesmos valores aparecem em outros anos e, também, coincidem com anos de ENOS-, como os de 1978 e 1988, porém apresentam uma variabilidade espacial maior, onde especialmente os postos localizados na Região Norte e Oeste indicaram variações correspondentes.

Sob ENOS+, os anos de 1998 e 2009 apresentaram uma tendência similar, contudo, favorecendo a observação de anos recordes em expressiva variabilidade espacial.

Com relação aos valores recordes de NDC, os recordes máximos foram observados no ano de 1983, coincidente com a ocorrência de ENOS+ naquele ano, com sinal forte nas chuvas. No entanto, foi no ano de 1978 que se apresentaram os recordes de valores mínimos, associados ao ENOS-.

Essas características indicam aspectos específicos das repercussões dos fenômenos para produção de chuva e do número de dias com chuva, bem como seu padrão espaçotemporal. Neste último caso, os valores de NDC também mostram maior variação no espaço e menor variação no tempo, justamente, por que o último possui controles em escala interanual muito associados aos padrões ENOS.

## 6. Análise dos impactos associados às chuvas no Paraná

Segundo as informações do SISDC (2012) e do CEPED (2011), o estado do Paraná é constantemente impactado por eventos relacionados à redução expressiva das precipitações ou pela intensificação das mesmas. Uma breve organização dos desastres que se relacionam a essa natureza de eventos sugere a indicação de cinco tipos de desastres (**Tabela 10**).

**Tabela 10** - Tipificação dos desastres notificados no Paraná – 1980 a 2011.

Tipo de evento	Notificações	Casas Destruídas	Casas Danificadas	Pessoas Afetadas
Secas	6	-	-	18515
Estiagens	400	-	1100	1168851
Enchentes ou inundações graduais	646	597	15199	146167
Enxurradas ou inundações bruscas	420	1180	25434	884315
Alagamentos	168	64	15516	114695

Fonte: SISDC (2012). Org.: Nascimento Júnior, L.

De acordo com o SISDC (2012), as enchentes formam o rol das principais notificações obtidas pela Defesa Civil do Estado<sup>14</sup>. Contudo, são as enxurradas que são as mais violentas no que tange a destruição e danificação de moradias. Por outro lado, são as estiagens que mais afetam os indivíduos nos municípios. Esses eventos estão desatacados na **Tabela 10**.

Conjuntamente, os cinco desastres observados repercutem diferente e separadamente a cada unidade espacial. Referem-se, neste caso, ao total de casas destruídas e danificadas, relacionadas às enxurradas que ocorrem na maioria das vezes em parte da zona urbana e parte da zona rural. Por outro lado, as ocorrências de estiagens repercutem especialmente na zona rural e na dimensão de todo município (**Tabela 11**).

<sup>14</sup> Cabe ressaltar, que o SISDC visa a pesquisa em tempo real de ocorrências de desastres, as quais são cadastradas no próprio site da Defesa Civil, facilitando, assim, o acesso **desas informações** ao público. O cadastramento desses dados é de responsabilidade do Coordenador Municipal de Defesa Civil de cada município. As **informações** oficiais de desastres são confirmadas através de documentações enviadas pelo coordenador municipal para a Coordenadoria Estadual de Defesa Civil, para Secretaria Nacional de Defesa Civil, em situação de emergência ou calamidade pública (CEPED, 2011). Os limites dessas informações é que ainda existe carência, falta de capacitação técnica e logística que impedem melhores condições de armazenamentos de documentos, produção de imagens, padronização informacionais e documentais e gerenciamento, principalmente, antes da década de 1990 (CEPED, 2011). Cabe ressaltar, que o aumento histórico do “[...] número de registros a cada ano pode estar relacionado à evolução dos órgão de Defesa Civil (sic) quanto aos registros de desastres nos documentos oficiais” (CEPED, 2011). Assim, pode haver carência de registros principalmente antes da década de 1990.

Outro aspecto conhecido dessas informações é que o número de pessoas afetadas pela ocorrência desses eventos em todas as unidades espaciais, com destaque para as mesmas unidades já referidas no parágrafo anterior.

**Tabela 11 - Desastres notificados no Paraná segundo unidade espacial – 1980 a 2011.**

Unidade espacial	Notificações	Casas		Pessoas Afetadas
		Destruídas	Danificadas	
Área indefinida	6	0	10	130
Zona Urbana, Parte da Zona Rural	7	10	154	45780
Parte da Zona Urbana, Zona Rural	22	16	267	67090
Zona Urbana	57	28	3501	132611
Parte da Zona Rural	65	3	200	66827
Parte da Zona Urbana, Parte da Zona Rural	101	694	9781	310500
Parte da Zona Urbana	154	199	16810	203822
Zona Rural	155	4	1299	566368
Todo o Município	1076	905	25262	960158
<b>Total</b>	<b>1643</b>	<b>1859</b>	<b>57284</b>	<b>2353286</b>

Fonte: SISDC (2012). Org.: Nascimento Júnior, L.

Esta situação auxilia no entendimento dos impactos das chuvas, segundo a vulnerabilidade e o contexto regional, com base nos mapeamento das notificações de desastres (**Quadro 3**).

Com base na síntese dos três mapas do **Quadro 3**, pode-se inferir que esses eventos impactam o Paraná como um todo, com ênfase para Mesorregião Sudoeste, Centro-sul e, municípios das mesorregiões metropolitanas de Curitiba e Londrina.

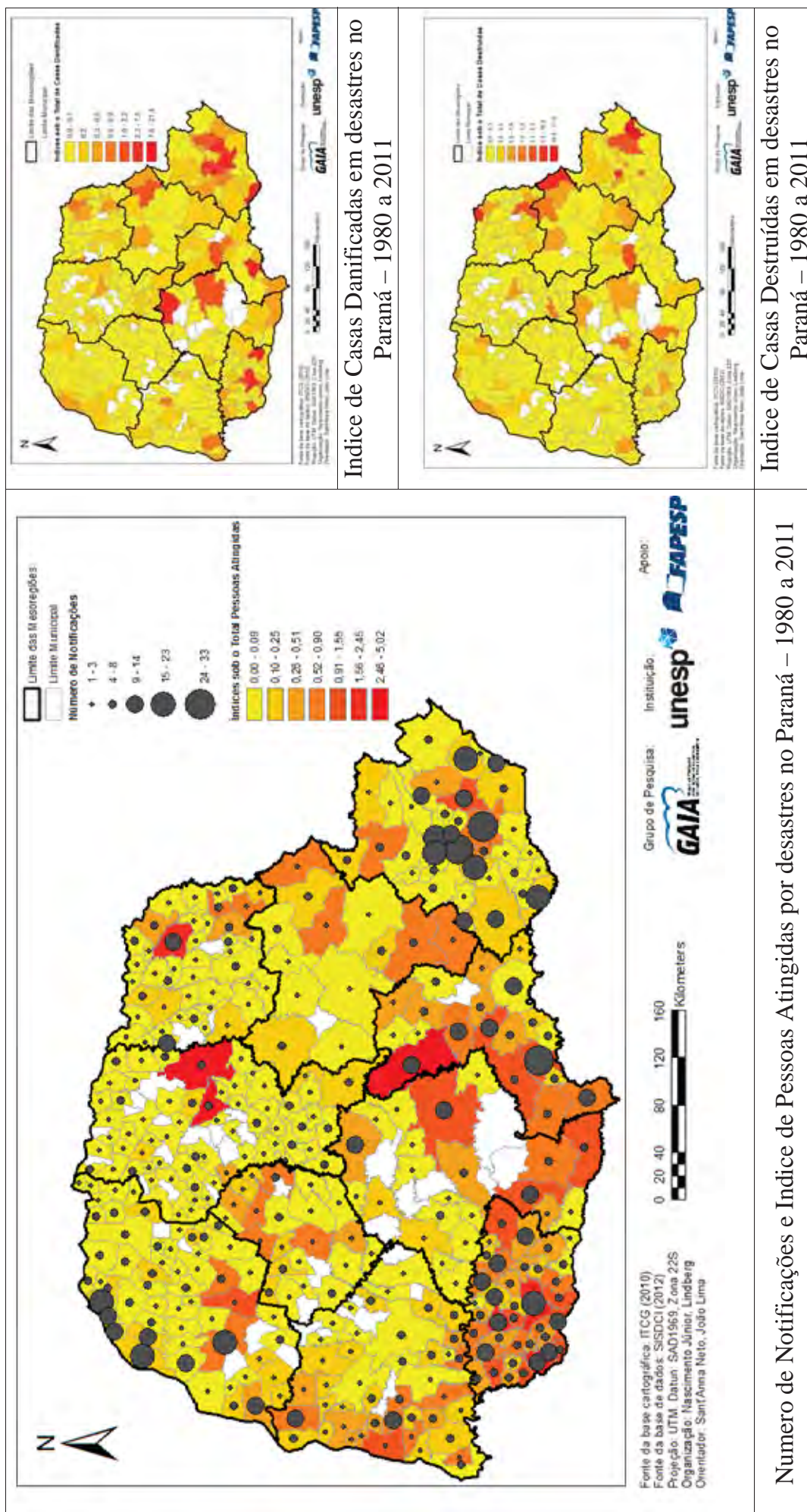
## 6.1 O impacto da variabilidade sazonal no Território

As variações sazonais observadas na estação menos chuvosa (**Quadro 4**) mostram que em anos extremos de ENOS, a modulação dos valores da Chuva e dos NDC seguem prazos de um, três, cinco e sete anos. Essa temporalidade se assemelha aos prazos do ENOS, claramente visualizada em praticamente todos os postos com padrões secos, chuvosos, extremamente secos e chuvosos.

Destacam-se no **Quadro 4a** da estação menos chuvosa os anos de 1983, 1987, 1990, 1992, 1998 e 2009 como os mais chuvosos e, os anos de 1977, 1981, 1986, 1995, 1996, 2003, 2006 e 2007 como os mais secos na série histórica.



Quadro 3 - Desastres sazonais associados à redução das precipitações.



Com relação aos NDC na estação menos chuvosa (**Quadro 4a**), os anos que apresentaram padrão chuvoso em praticamente todos os postos foram: 1983, 1989, 1990, 1992, 1998 e 2009. As estações menos chuvosa com padrões secos se destacaram em: 1978, 1981, 1994, 1996, 2003, 2006, 2007 e 2010 (exceto nos postos localizados no litoral).

Na estação chuvosa (**Quadro 5**), a modulação do modo ENOS é marcada pelo seu prazo maior (12 anos) em estações mais chuvosas ou úmidas e, intercaladas com prazo de dois, três e sete anos com estações menos chuvosas ou secas no que tange a precipitação.

Três períodos são destacados na estação chuvosa (**Quadro 5a**): 1983, de 1995 a 1998 e de 2010 a 2011 com padrão úmido. As estações chuvosas com padrões secos são evidentes em 1978, 1979, 1981, 1984 a 1986 e 2000. Cabe ressaltar que no início na série histórica, a variação na estação chuvosa se apresenta com mais frequência para observação de padrões secos.

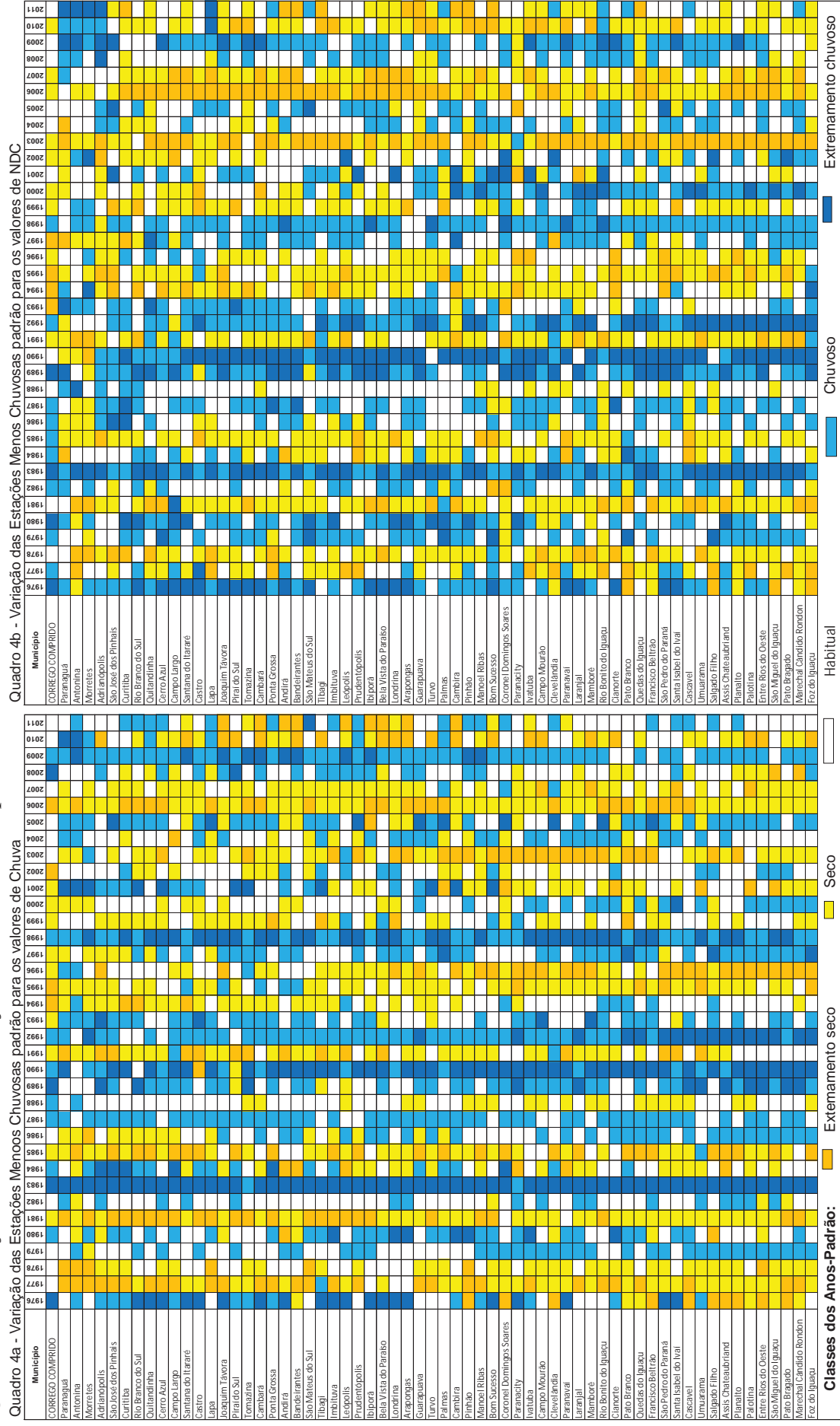
Por outro lado, os NDC na estação chuvosa (**Quadro 5b**) apresentam maior variabilidade espaçotemporal do que a pluviosidade e, contrariamente a esta os padrões secos – ou com menos NDC nessa escala sazonal –, são mais expressivos a partir da década de 2000, inferindo-se que os NDC e a chuva nessa estação demonstram um modo decadal inverso um pelo outro.

Destaca-se nessas análises o padrão úmido para NDC na estação chuvosa por meio da apresentação dos anos de 1983, 1995 a 1998, com exceção de Adrinanópolis e Antonina; 2010 e 2009, exceto em alguns postos localizados no oeste e norte do estado. As estações chuvosas com padrão seco se expressam nos anos de 1978, 1979, 1986 e 2010 - exceto nos postos do Litoral, 1988, 1994 a 1996, 2003, 2006 e 2007.

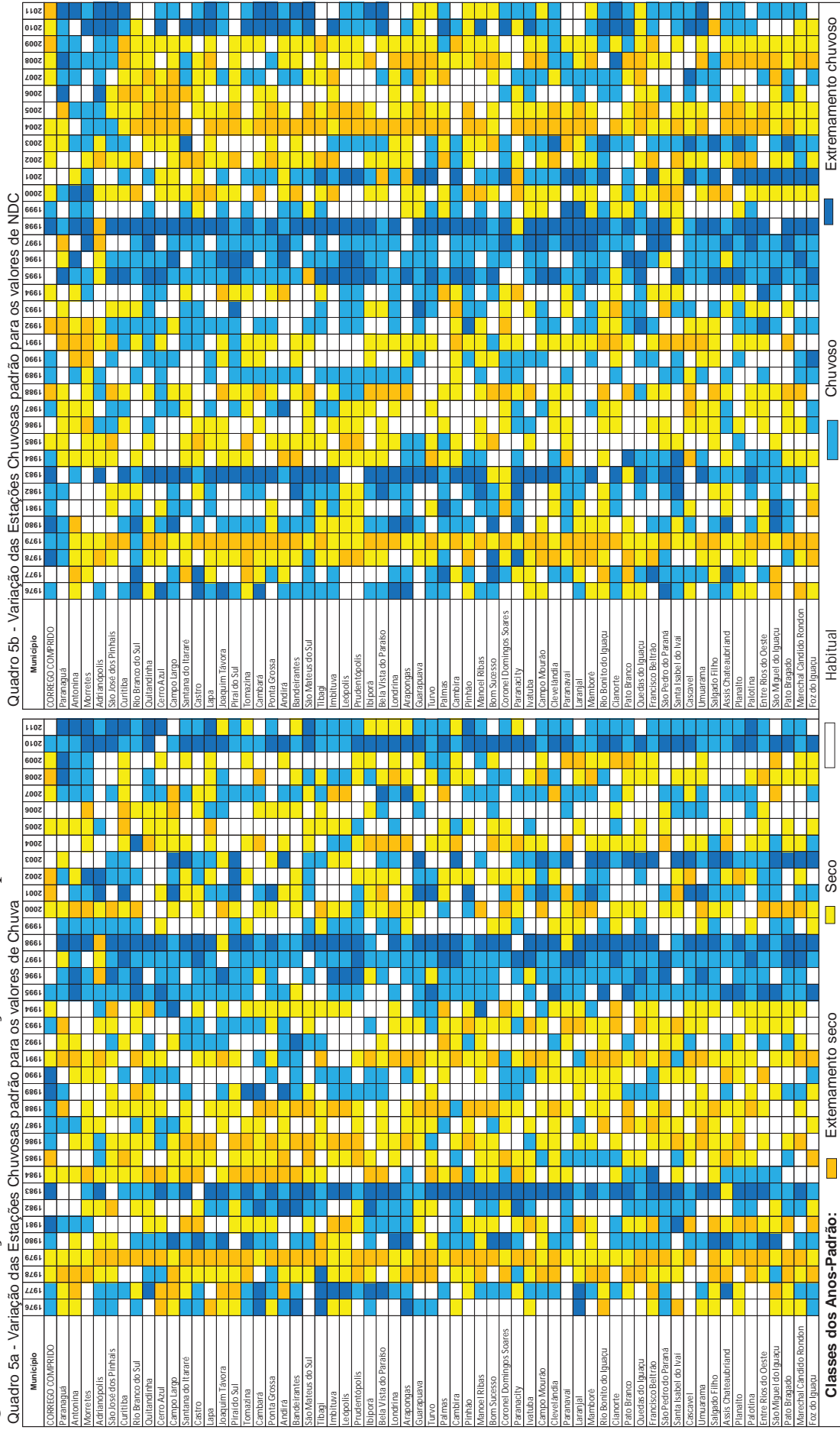
Comparativamente, essa classificação das chuvas e dos NDC sazonais mostra que as estações com padrão seco são mais numerosas e, portanto, mais frequentes e recorrentes do que as estações que apresentam padrões úmidos ou chuvosos. E, ainda, que a variabilidade pluviométrica e de NDC na estação chuvosa se mostra com menor variação espacial e temporal que na estação menos chuvosa.

Essa configuração é bastante expressiva no tempo e espaço e, faz com que a previsibilidade na estação chuvosa seja mais bem modulada do que na menos chuvosa. Por outro lado, a variabilidade da estação menos chuvosa mostra claramente a influência com teleconexões tipo ENOS em períodos extremos.

**Quadro 4 - Variação interanual das Estações Menos Chuvosa para CHA e NDC – 1976 a 2011.**



**Quadro 5 – Variação interanual das Estações Chuvosa para CHA e NDC – 1976 a 2011**



Org.: Nascimento Júnior, L.

Os impactos das estações em 2006 e 2000 com padrão seco e, as de padrão chuvoso em 2009 e 2010, para a ambas as estações (chuvosa e menos chuvosa), podem ser observados separadamente na **Coleção de Mapas 4**. Eles mostram como as chuvas e os dias com chuva são modulados com determinadas características em diferentes casos.

A distribuição tanto da chuva, quanto dos NDC se diferenciam com padrões espaciais nas estações com padrão seco (mapas da segunda coluna), quando são comparados com a situação espacial dos valores médios históricos (mapas da primeira coluna), com destaque para maiores níveis de diferenças espaciais nas chuvas da estação menos chuvosa.

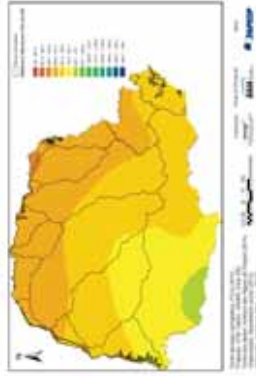
Com relação aos impactos das estações úmidas, a interpolação indica um aumento da proporção e abrangência espacial em todos os valores.

Os NDC apresentam a maior variabilidade espacial e se expressam com bastante amplitude em valores concentrados no litoral, na estação chuvosa e menos chuvosa, respectivamente. Essa distribuição representa parte do modo bimodal da região, como bem destaca em Grimm (2009a).

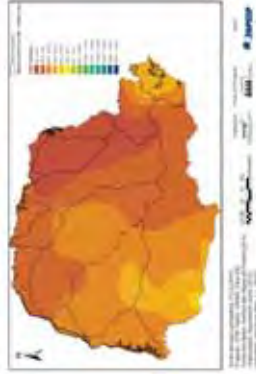
Além dessa variação regional, a partir dos dados de chuva e NDC, os dados de *Normalized Difference Vegetation Index* - NDVI também auxiliam na observação dos impactos dessas quatro estações, como pode ser observado na **Figura 32**.



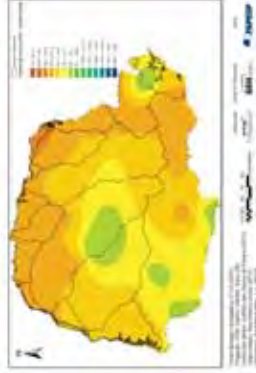
#### Coleção de Mapas 4 - Impactos sazonais das chuvas e dos NDC no Estado do Paraná.



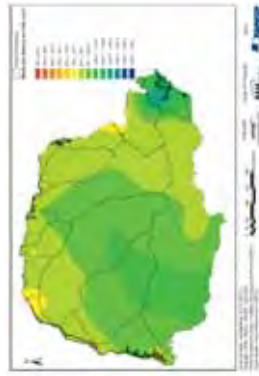
Médias pluviométricas na Estação Menos Chuvosa



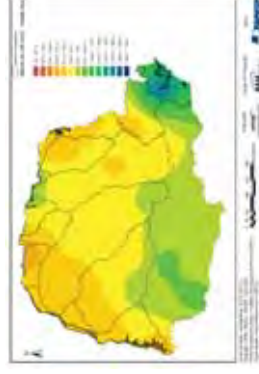
Valores pluviométricos absolutos na Estação Menos Chuvosa – Padrão Seco



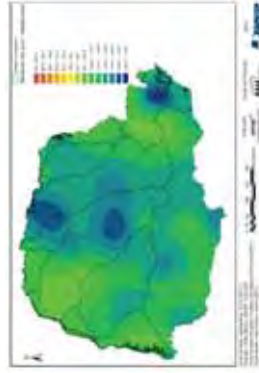
Valores pluviométricos absolutos na Estação Menos Chuvosa – Padrão Úmido



Média pluviométrica na Estação Chuvosa



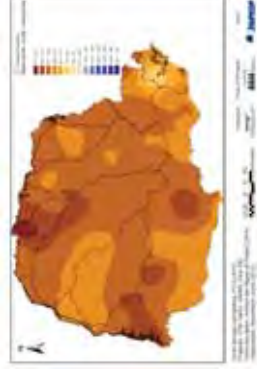
Valores pluviométricos absolutos na Estação Chuvosa – Padrão Seco



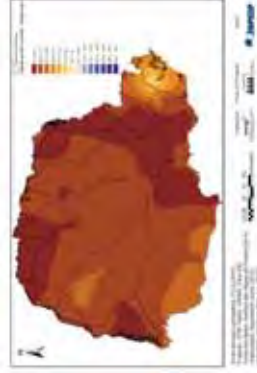
Valores pluviométricos absolutos na Estação Chuvosa – Padrão Úmido



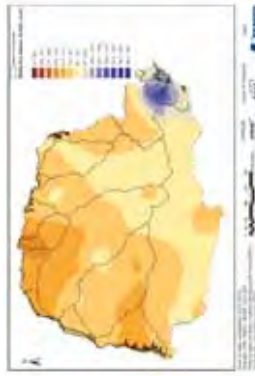
Média dos Valores de CHA na Estação Menos Chuvosa



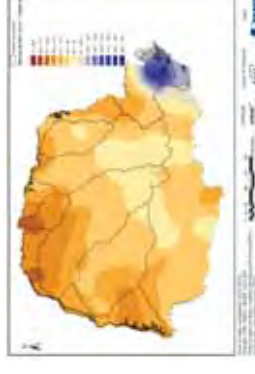
Valores absolutos de CHA na Estação Menos Chuvosa – Padrão Seco



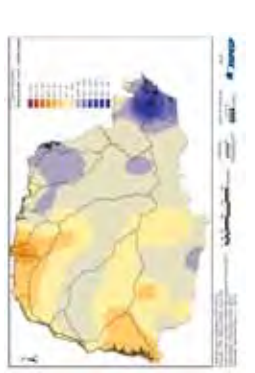
Valores absolutos de CHA na Estação Menos Chuvosa – Padrão Úmido



Média dos valores de CHA na Estação Chuvosa



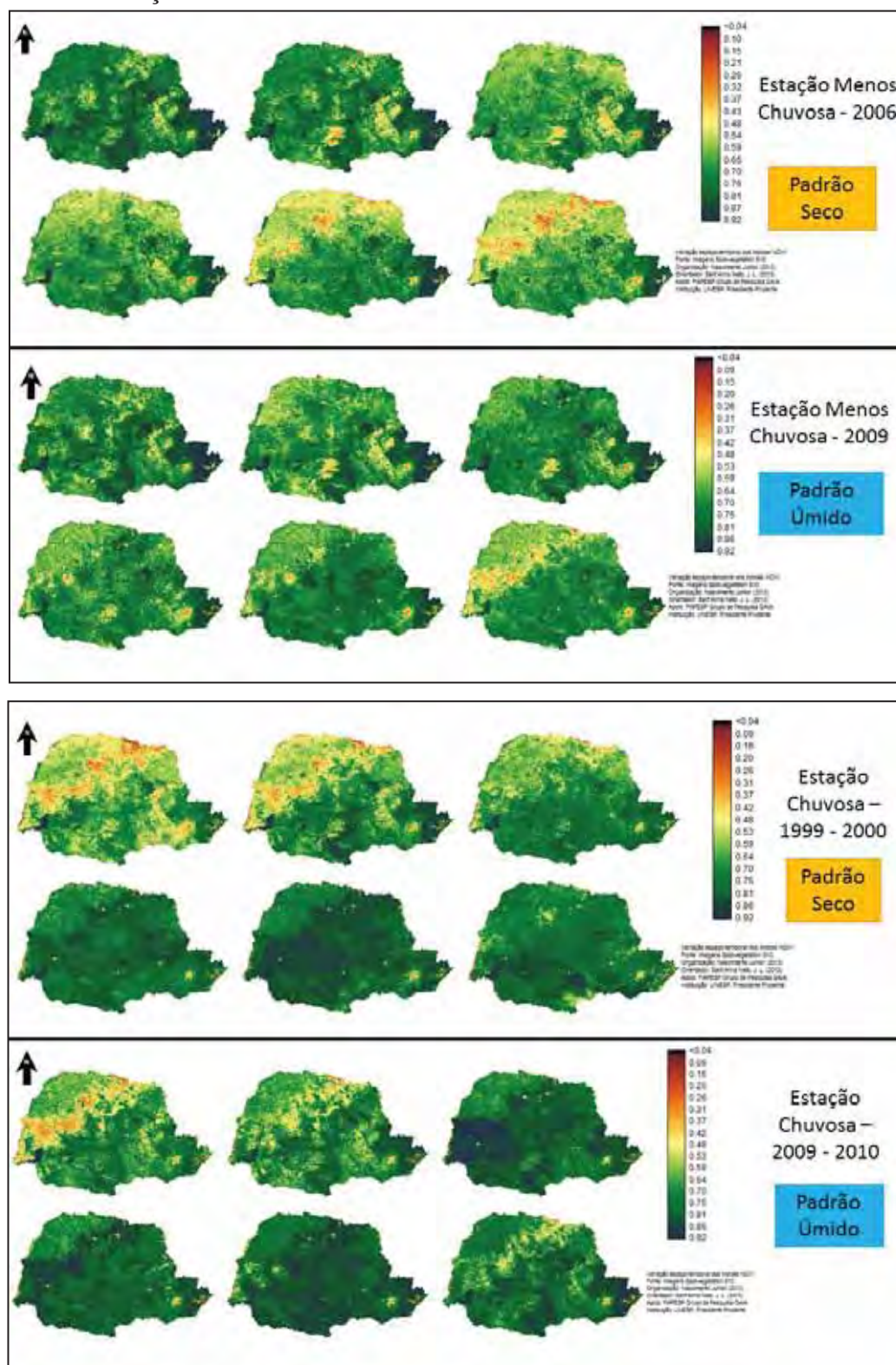
Valores absolutos de CHA na Estação Chuvosa – Padrão Seco



Valores absolutos de CHA na Estação Chuvosa – Padrão Úmido



**Figura 32 -** Variação espaçotemporal dos NDVI na Estação Menos Chuvosa de 2006 e 2009 e na Estação Chuvosa de 1999-00 e 2009-10.

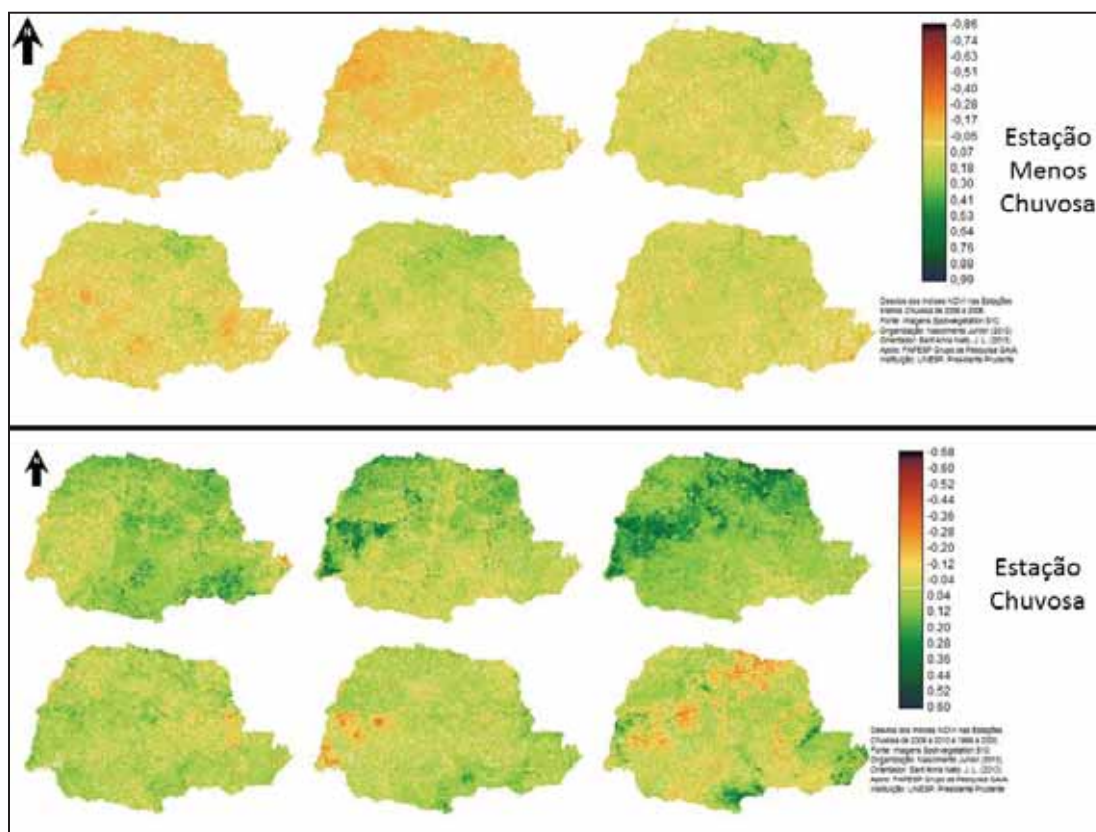


A variação espaçotemporal dos NDVI mostra tanto a variabilidade intersazonal, como também sugere que na estação menos chuvosa a primeira área a mostrar baixos

índices de vegetação é a noroeste, indicando ou ocorrência de déficits hídricos ou a retirada de vegetação na região.

É possível comparar o efeito da pluviosidade nos anos 2006 e 2009anos para estação menos chuvosa, cujo destaque é observado especialmente nos meses de julho e agosto. Essa caracterização pode ajudar a inferir que a qualidade da diferenciação espacial entre a estação chuvosa padrão úmida e seca deu-se 2009/2010 para toda a estação, já que apresentamaiores valores em novembro e dezembro. Diferentemente da estação menos chuvosa, que sugere uma variação expressiva em todos os meses, com leve aumento em agosto (**Figura 33**).

**Figura 33** - Variação espacotemoral da diferença dos NDVI com padrão Úmida - Seca.



Destacado o aspecto quali-quantitativo dos impactos da variabilidade pluviométrica e dos NDC e, em seguida na atividade vegetacional, através dos Índices da Vegetação Diferencial Normalizada - NDVI (sigla em inglês *Normalized Difference Vegetation Index*), é importante considerar as condições sociais, econômicas e hidrológicas que o território paranaense apresenta, bem como seus níveis de vulnerabilidade.

## 6.2 A dimensão social do Território

### 6.2.1 Impactos associados à redução das precipitações

O SISDC (2013, p. 68) define a estiagem como um “[...] período prolongado de baixa pluviosidade ou sua ausência, em que a perda de umidade do solo é superior à sua reposição”.

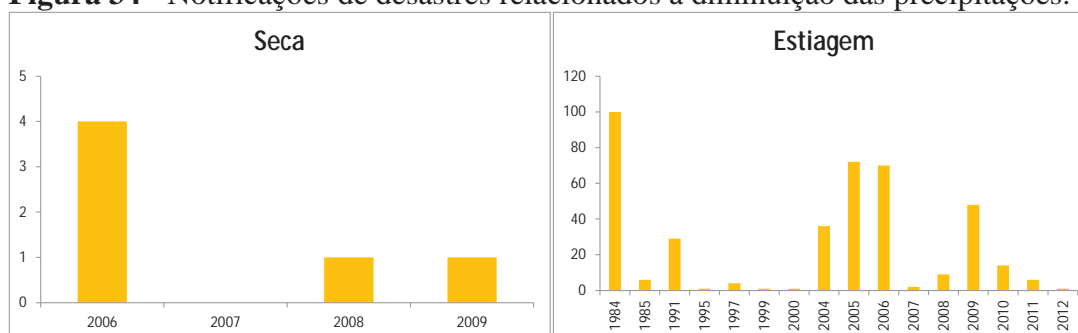
A seca é definida a partir de quatro concepções, segundo o órgão:

“[...] 1. Ausência prolongada, deficiência acentuada ou fraca distribuição de precipitação. 2. Período de tempo seco, suficientemente prolongado, para que a falta de precipitação provoque grave desequilíbrio hidrológico. 3. Do ponto de vista meteorológico, a seca é uma estiagem prolongada, caracterizada por provocar uma redução sustentada das reservas hídricas existentes. 4. Numa visão sócioeconômica, a seca depende muito mais das vulnerabilidades dos grupos sociais afetados que das condições climáticas (SISDC, 2013).

As secas e as estiagens no estado do Paraná podem acontecer em qualquer mês, mas se concentram no período de janeiro a abril, com maior destaque para março (CEPED, 2011).

A série histórica anual de notificações relacionadas à redução das precipitações ressalta o ano 2006 para os eventos de seca. As estiagens são mais frequentes e intensas que as secas e, apresentou o ano de 1984 com quase cem notificações como o mais destacado da série. Depois desse ano, as estiagens se repetiram em menor intensidade e com mais frequência, em que se destacam os anos de 2005, 2006 e 2008 (**Figura 34**).

**Figura 34** - Notificações de desastres relacionados à diminuição das precipitações.

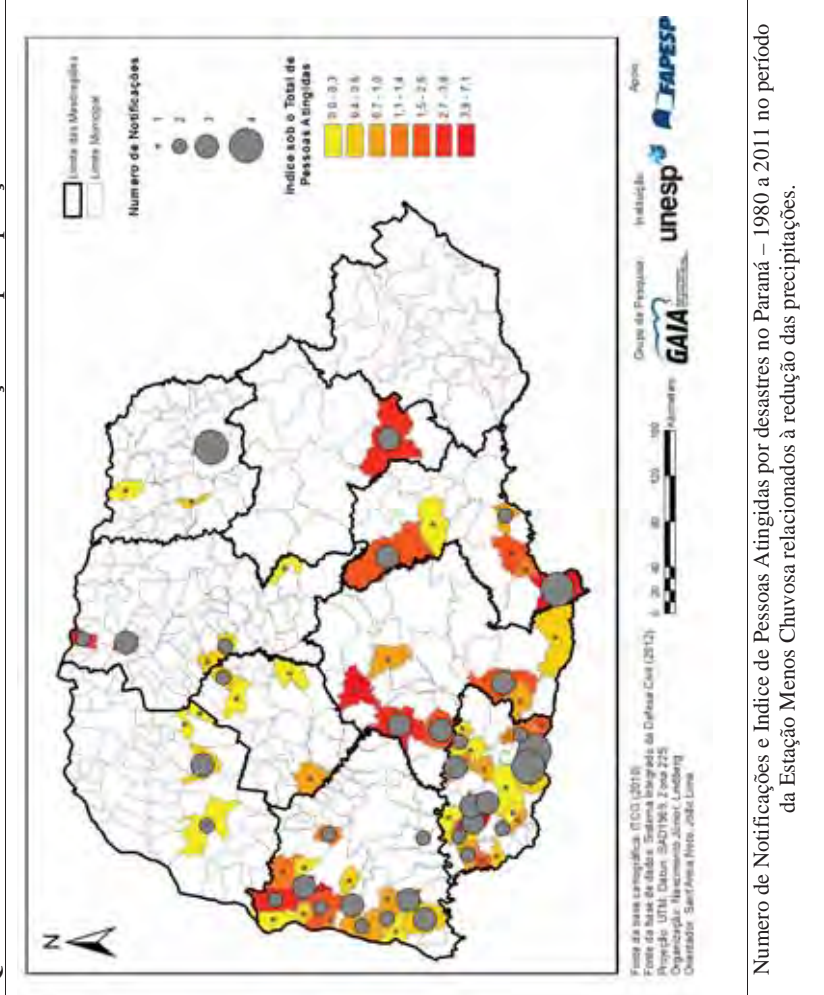


Fonte: SISDC (2012). Org: Nascimento Júnior, L.

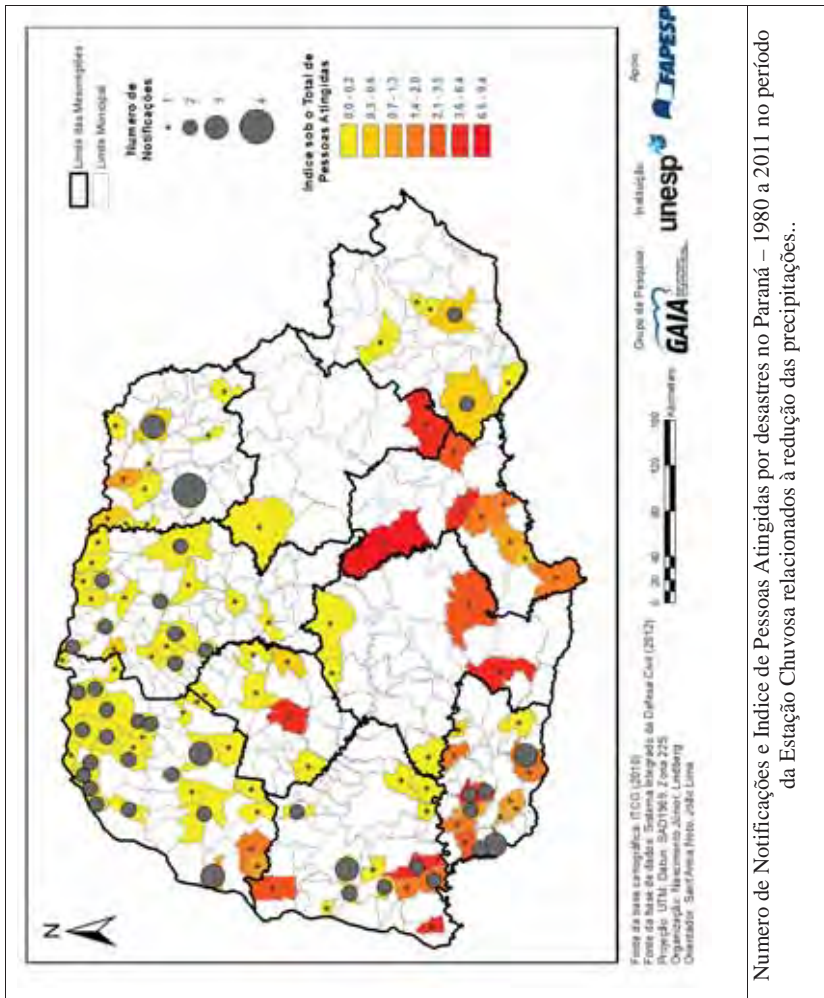
Historicamente, esses tipos de eventos (secas e estiagens) ocorrem de maneira diferenciada, segundo a temporalidade sazonal. Essa afirmação é bem visualizada na distribuição espacial desses eventos pelo estado no período da estação menos chuvosa em que, o número de notificações e as pessoas atingidas foram registrados em todas as mesorregiões, exceto a Mesorregião Metropolitana de Curitiba (**Quadro 6**).



**Quadro 6 -** Desastres sazonais associados à redução das precipitações.



Numero de Notificações e Índice de Pessoas Atingidas por desastres no Paraná – 1980 a 2011 no período da Estação Menos Chuvosa relacionados à redução das precipitações.



Numero de Notificações e Índice de Pessoas Atingidas por desastres no Paraná – 1980 a 2011 no período da Estação Chuvosa relacionados à redução das precipitações.

Os registros de desastres são notificados principalmente no extremo oeste das mesorregiões do Oeste, do Centro-Sul e do Sudeste Paranaense e em toda Mesorregião do Sudoeste Paranaense.

A configuração espacial dos desastres no Paraná na estação chuvosa (**Quadro 7**) mostra que os impactos desses eventos são mais severos na parte sul do estado e, remete ao nível de vulnerabilidade ligado à variabilidade das chuvas e do clima nessas regiões, notadamente subtropicais e transicionais, especialmente as mesorregiões Oeste e Sudoeste.

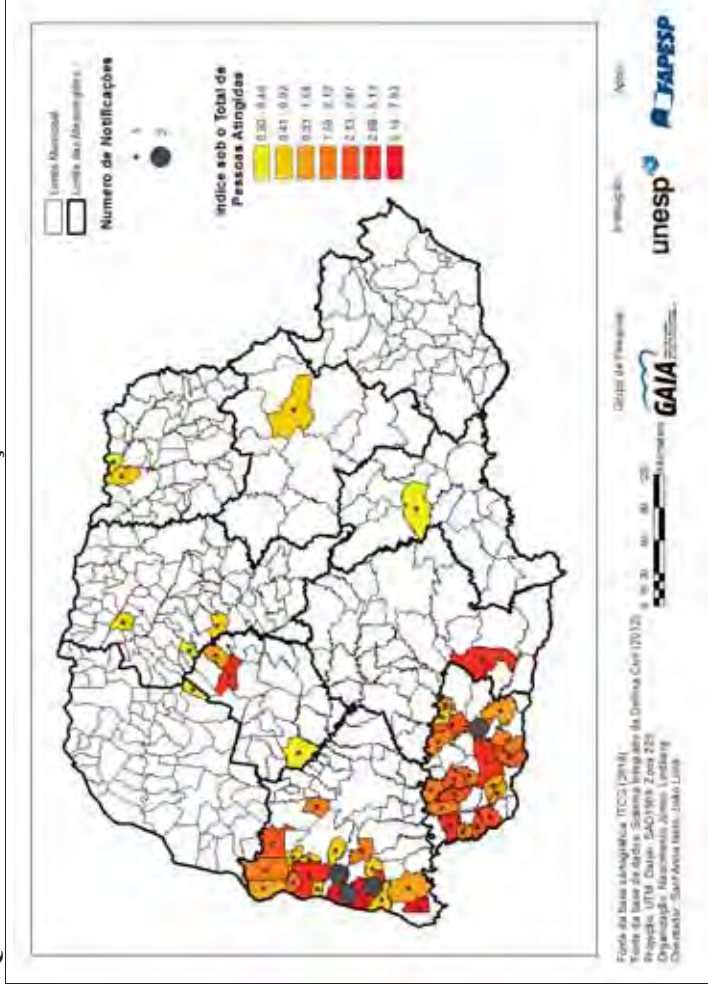
Nesse contexto, essas áreas tendem a apresentar maiores possibilidades de estiagens ou períodos com pouca chuva em qualquer época do ano, devido à descontinuidade de fase nessas regiões, cujas precipitações podem oscilar entre o verão, início da primavera e o final do inverno, conforme explica Grimm (2009a, 273).

Esse caráter dificulta a modelação e a previsibilidade de eventos dessa natureza, mesmo sabendo que geograficamente, os níveis de vulnerabilidade estão relacionados com a presença de determinadas culturas e ao perfil dos agricultores.

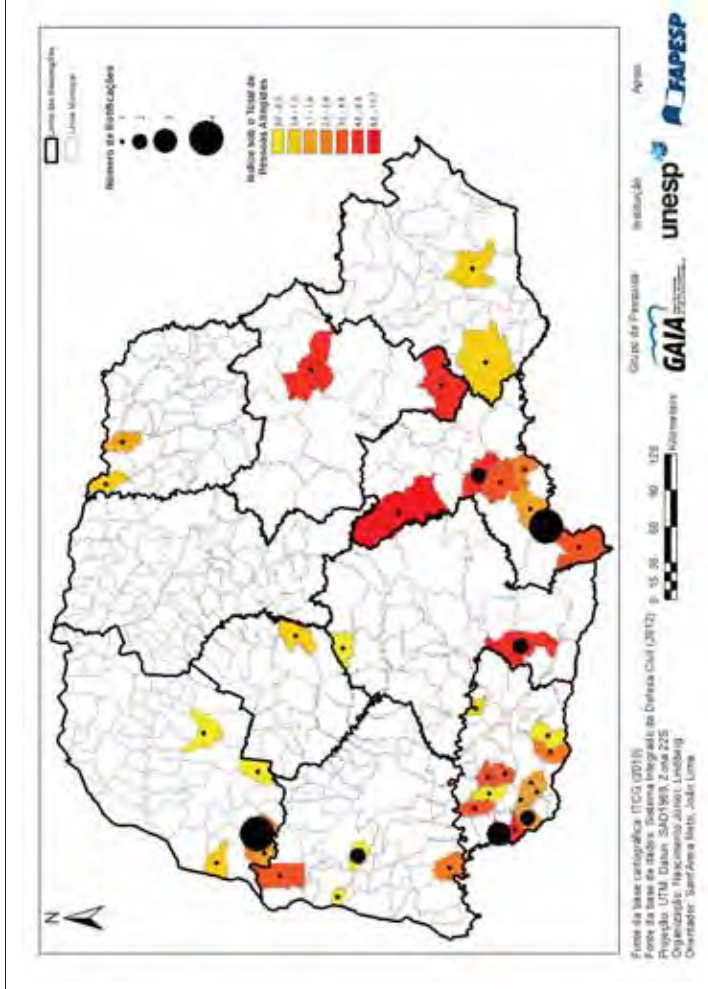
Essa perspectiva auxilia no entendimento desses níveis de vulnerabilidade, uma vez que as regiões Sudoeste e Oeste apresentam basicamente uma estrutura fundiária e agrícola de propriedades com determinado nível de tecnificação e modernização, mas ambas são ligadas a culturas tropicalizadas ou adaptadas.

Como explicam Ely *et al.* (2005), os níveis de vulnerabilidade agrícola no estado, mais especificamente, nessas regiões podem ser apontados pelas irregularidades da precipitação, mas, também, associados aos fatores político–econômicos integram a dinâmica de produção e dos mercados na análise da produtividade agrícola do estado.

**Quadro 7 -** Desastres notificados nas Estações Menos Chuvosa e Chuvosa - Padrão Seco.



Número de Notificações e Índice de Pessoas Atingidas por desastres no Paraná na Estação Menos Chuvosa Seca - 2006.



Número de Notificações e Índice de Pessoas Atingidas por desastres no Paraná na Estação Chuvosa Seca – 1999/2000.



### 6.2.2 *Impactos associados ao aumento das precipitações e de chuvas intensas*

Os desastres relacionados ao aumento das precipitações e das chuvas intensas apontam a ocorrência de enchentes ou inundações graduais, enxurradas ou inundações bruscas e alagamentos (SISDC, 2012). Esses eventos acontecem geralmente no período da estação chuvosa, principalmente no mês de janeiro, seguido pelos meses de fevereiro, outubro e abril.

De forma geral, as inundações em SISDC (2013, p. 92) podem ocorrer quanto há:

[...] transbordamento de água da calha normal de rios, mares, lagos e açudes, ou acumulação de água por drenagem deficiente, em áreas não habitualmente submersas. (...) Na maioria das vezes, o incremento dos caudais de superfície é provocado por precipitações pluviométricas intensas e concentradas, pela intensificação do regime de chuvas sazonais, por saturação do lençol freático ou por degelo. As inundações podem ter outras causas como: assoreamento do leito dos rios; compactação e impermeabilização do solo; erupções vulcânicas em áreas de nevados; invasão de terrenos deprimidos por maremotos, ondas intensificadas e macaréus; precipitações intensas com marés elevadas; rompimento de barragens; drenagem deficiente de áreas a montante de aterros; estrangulamento de rios provocado por desmoronamento.

Segundo o SISDC (2013), as enxurradas ou inundações bruscas acontecem quando o volume de água que escoar na superfície de qualquer terreno adquire grande velocidade. Esse processo é resultante de fortes e intensas chuvas (SISDC, 2013).

Já as enchentes ou inundações graduais ocorrem quando a elevação do nível de água de um rio está acima de sua vazão normal ou habitual (SISDC, 2013, p. 60).

Os alagamentos são eventos cuja ocorrência se relaciona com a água acumulada no leito das ruas e no perímetro urbano. Os alagamentos estão associados às fortes precipitações pluviométricas e em cidades, cujos sistemas de drenagem são deficientes (SISDC, 2013).

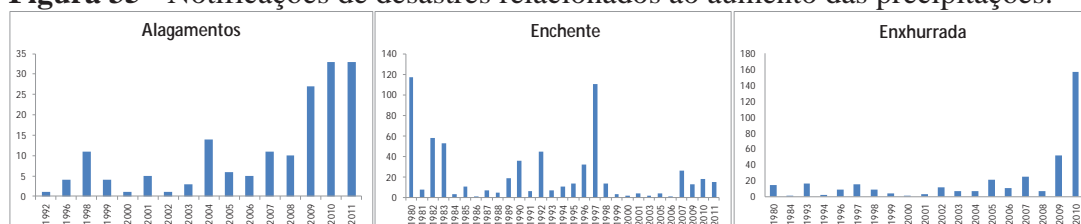
Infere-se que os impactos de chuvas extremas se dão, em sua maioria, nos centros urbanos ou nas áreas urbanizadas. No Paraná, estudos direcionados para o etendimento das ocorrências de inundações em centros urbanos formam um rol de casos de algumas cidades e bairros nas cidades paranaenses, como, por exemplo, as inundações em Francisco Beltrão (SANTIS, 2000) e em Curitiba (ZANELLA, 2006).

Grimm *et al.* (2007) destacam a ocorrência de inundações e chuvas extremas sob atuação dos padrões ENOS em todo estado. Os autores atestam a ocorrência de mais de

doze episódios de El Niño desde 1940, dos quais os de 1983 e 1992 estiveram associados às enchentes ocorridas no Paraná.

A notificação histórica dos desastres associados ao aumento das precipitações (**Figura 35**) confirma que dos três tipos de desastres, o único que não tem apresentado maior número de notificações são as enchentes. Os alagamentos e as enxurradas mostram um crescimento expressivo, principalmente após o ano de 2009.

**Figura 35** - Notificações de desastres relacionados ao aumento das precipitações.



Fonte: SISDC (2012). Org. Nascimento Júnior, L.

Nas escalas sazonais, os impactos desses eventos estão aliados aos sistemas atmosféricos locais e regionais, às chuvas extremamente intensas e à produção do espaço.

Dentre os sistemas atmosféricos que produzem as chuvas, ou estão relacionados aos eventos extremos, os que mais se destacam são os frontais, o escoamento na baixa e média troposfera. Os ENOS, principalmente em valores extremos dos seus índices, também participam desses eventos como salientam CEPED (2011) e Grimm *et al.* (2007).

No que tange a produção espaço, a urbanização em regiões litorâneas, as áreas densamente construídas, com altos índices demográficos e, os municípios que possuem infraestrutura urbana precária ou sistemas pouco adequados para minimização destes impactos dão a qualidade da ocorrência dos eventos na apresentação de vulnerabilidades, conforme o CEPED (2011).

Dos principais impactos que esses eventos provocam podem ser citados os prejuízos e alterações nos ecossistemas locais, nas moradias, no racionamento de água, de energia e de gêneros alimentícios, além de mortandades e enfermidades (CEPED, 2011).

Desta forma, essas repercussões refletem a realidade de um debate promovido no âmbito da produção da cidade e também na produção de um modo de vida urbano. Tais questões perpassam a relação entre a sociedade e a natureza e, une-se através da apropriação, num processo orientado, preferencialmente, pelas ordens de mercado e

consumo e, conseqüentemente, de ocupação de áreas suscetíveis a desastres nas áreas urbanas e nas cidades (CATELAN, 2006).

Considerar esses fatores e dimensionar a perspectiva da abordagem da Geografia do Clima é considerar que os processos da produção das cidades paranaenses estão elecandos numa matriz de fatores e ordens políticas e econômicas, que têm priorizado determinados grupos e agentes, transformando a leitura do fenômeno natural como um problema social.

Nesta perspectiva, os impactos regionais dos eventos dessa natureza na Estação Menos Chuvosa atingem historicamente as regiões ao sul do estado (**Quadro 8**). Infere-se que esses eventos produzem danos mais significativos nas mesorregiões Sudoeste, Centro-sul, Sudeste, área sul da Mesorregião Centro-Oriental e área oeste da Mesorregião Metropolitana de Curitiba.

Os desastres na Estação Chuvosa (**Quadro 9**) estão distribuídos por todo o estado e, concentram-se em número de notificações nas mesorregiões: Metropolitana de Curitiba e Noroeste Paranaense. Esse padrão espacial mostra um aspecto interessante da distribuição, em que o município abrange a apresentação de maiores índices de pessoas atingidas.

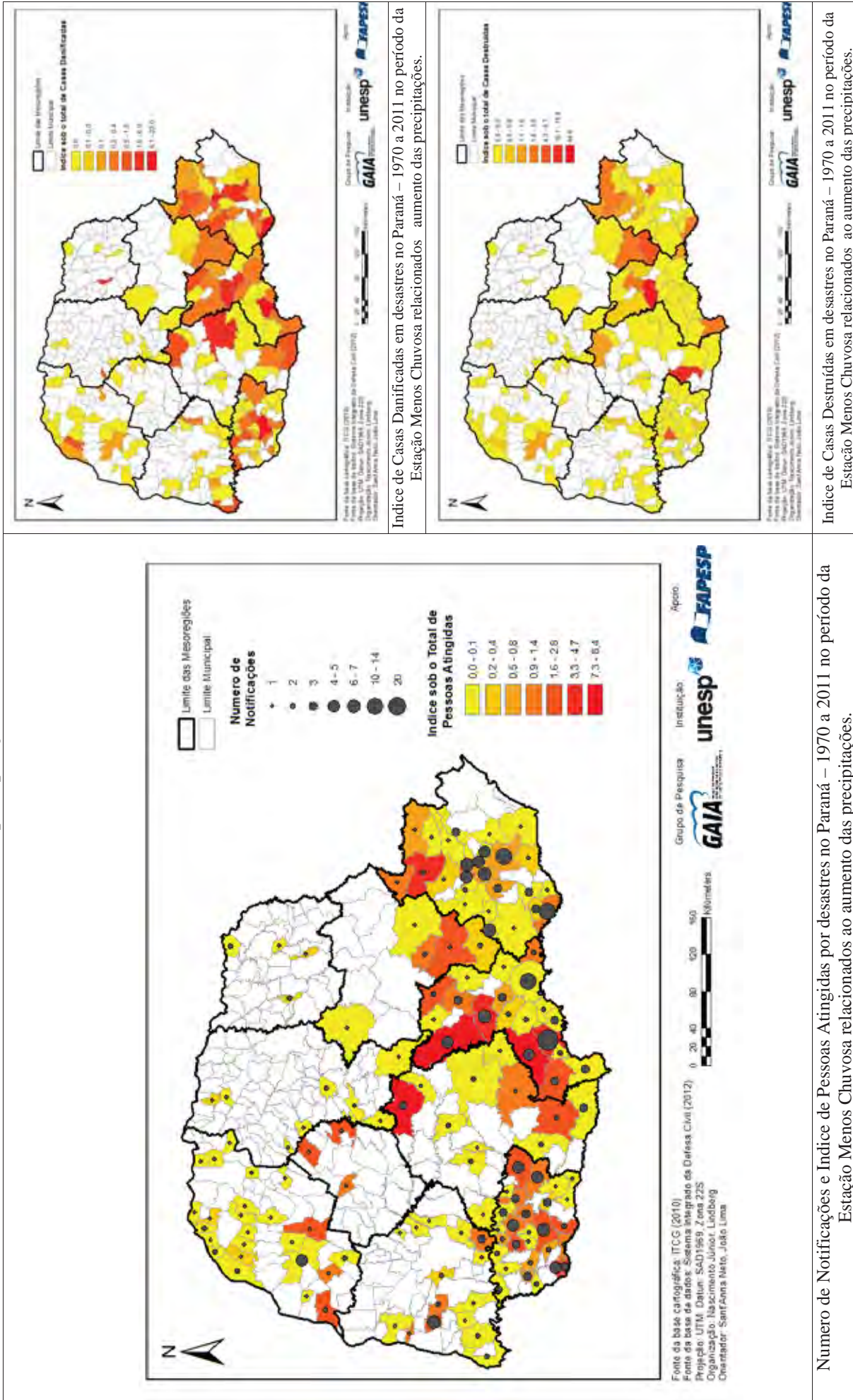
Com relação aos índices de Casas Destruídas e Casas Danificadas na Estação Chuvosa, os maiores valores são observados no litoral e nas áreas leste das mesorregiões Centro-Oriental e Norte Pioneiro, respectivamente.

Nas Estações Extremas (**Quadros 10 e 11**), no caso específico da estação Menos Chuvosa, com padrão úmido, os mapeamentos sugerem mais uma vez a porção sul do estado como aquela mais impactada em 2009.

Na estação chuvosa de 2009/2010 – padrão úmido -, os eventos geraram impactos dispersos em todo o estado, destacando, mais uma vez, o nível municipal bastante notificado. Na análise regional, os impactos estão concentrados na região leste do estado, com ênfase para porção leste da Mesorregião Centro-Oriental paranaense, mais especificamente, no município de Sengés.

Outro fato que chama a atenção, é que todas as ocorrências, exceto no litoral e Região Metropolitana de Curitiba, aconteceram quase sempre seguindo um direcionamento preferencial dos espigões divisores de água das bacias dos grandes rios do estado, ou pelo limite das mesorregiões e, nos municípios do centro que fazem divisa com o Primeiro e o Segundo Planaltos. A vertente sul do rio Iguaçu também apresenta um número significativo de ocorrências.

**Quadro 8 -** Desastres sazonais associados ao aumento das precipitações na EMC.



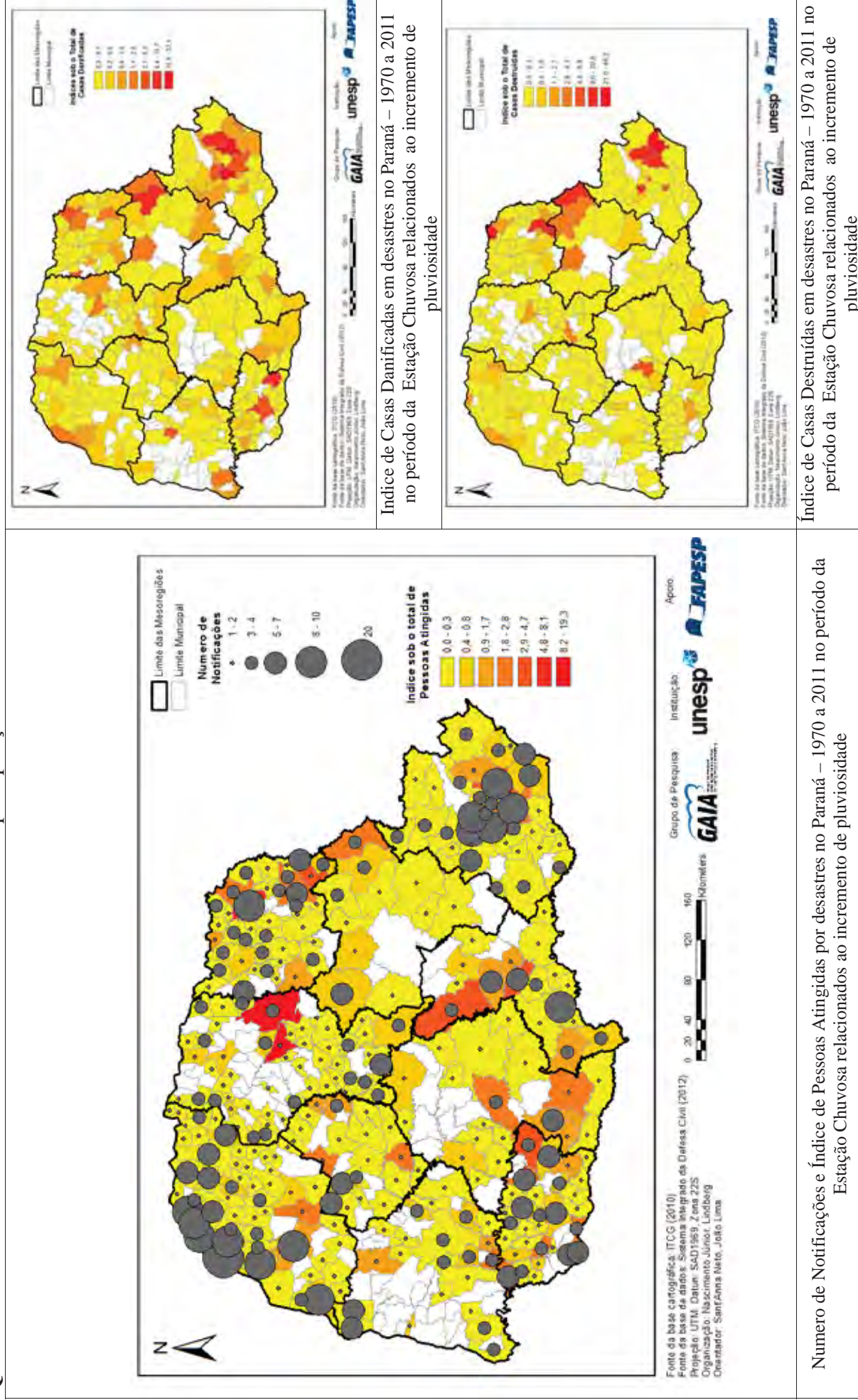
Numero de Notificações e Índice de Pessoas Atingidas por desastres no Paraná – 1970 a 2011 no período da Estação Menos Chuvosa relacionados ao aumento das precipitações.

Índice de Casas Danificadas em desastres no Paraná – 1970 a 2011 no período da Estação Menos Chuvosa relacionados ao aumento das precipitações.

Índice de Casas Destruídas em desastres no Paraná – 1970 a 2011 no período da Estação Menos Chuvosa relacionados ao aumento das precipitações.



**Quadro 9 -** Desastres sazonais associados ao aumento das precipitações na EC.

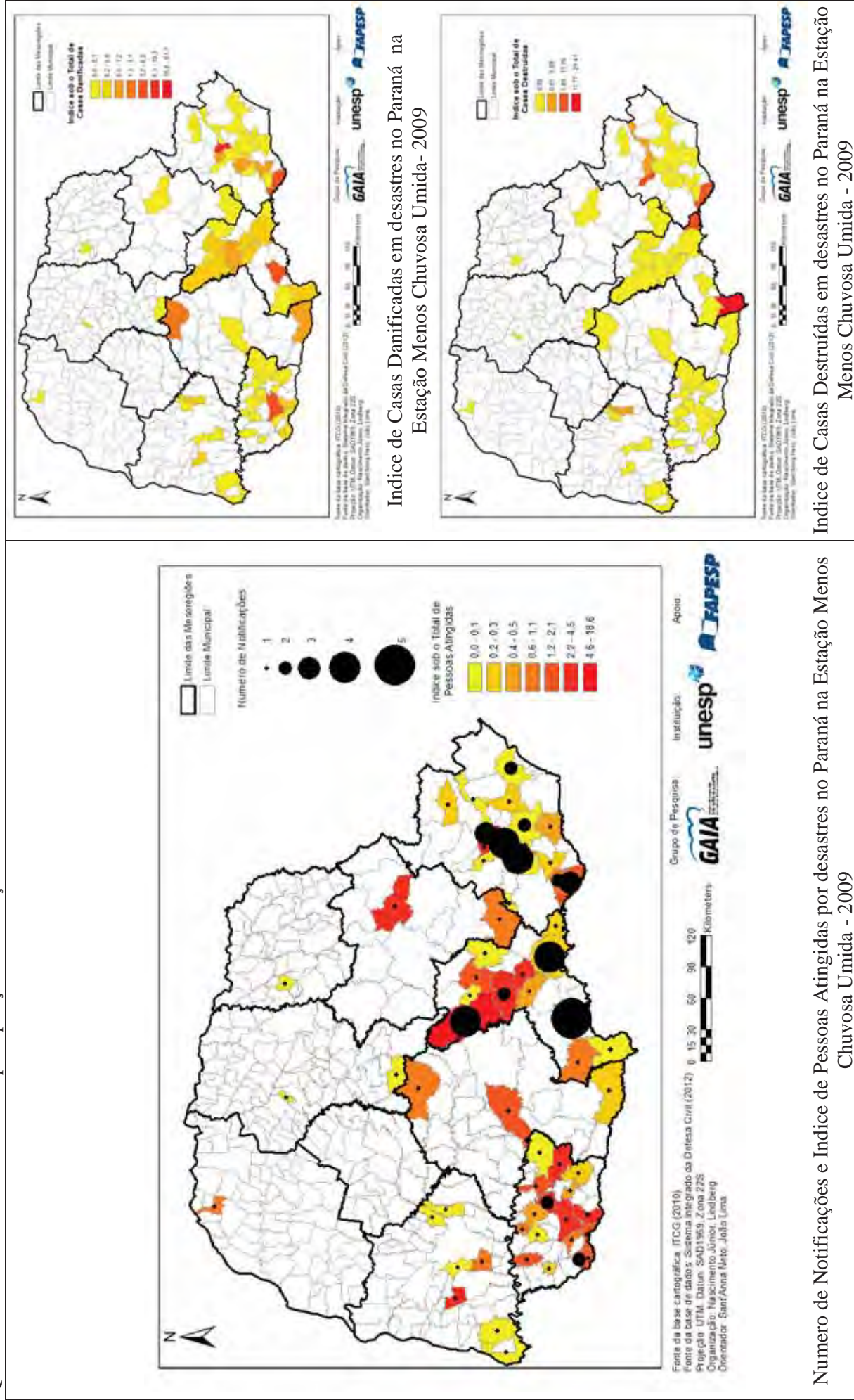


Numero de Notificações e Índice de Pessoas Atingidas por desastres no Paraná – 1970 a 2011 no período da Estação Chuvosa relacionados ao incremento de pluviosidade

Índice de Casas Danificadas em desastres no Paraná – 1970 a 2011 no período da Estação Chuvosa relacionados ao incremento de pluviosidade

Índice de Casas Destruídas em desastres no Paraná – 1970 a 2011 no período da Estação Chuvosa relacionados ao incremento de pluviosidade

**Quadro 10** - Desastres associados às precipitações na Estação Menos Chuvosa - Padrão Úmido.



**Índice de Casas Danificadas em desastres no Paraná na Estação Menos Chuvosa Úmida - 2009**

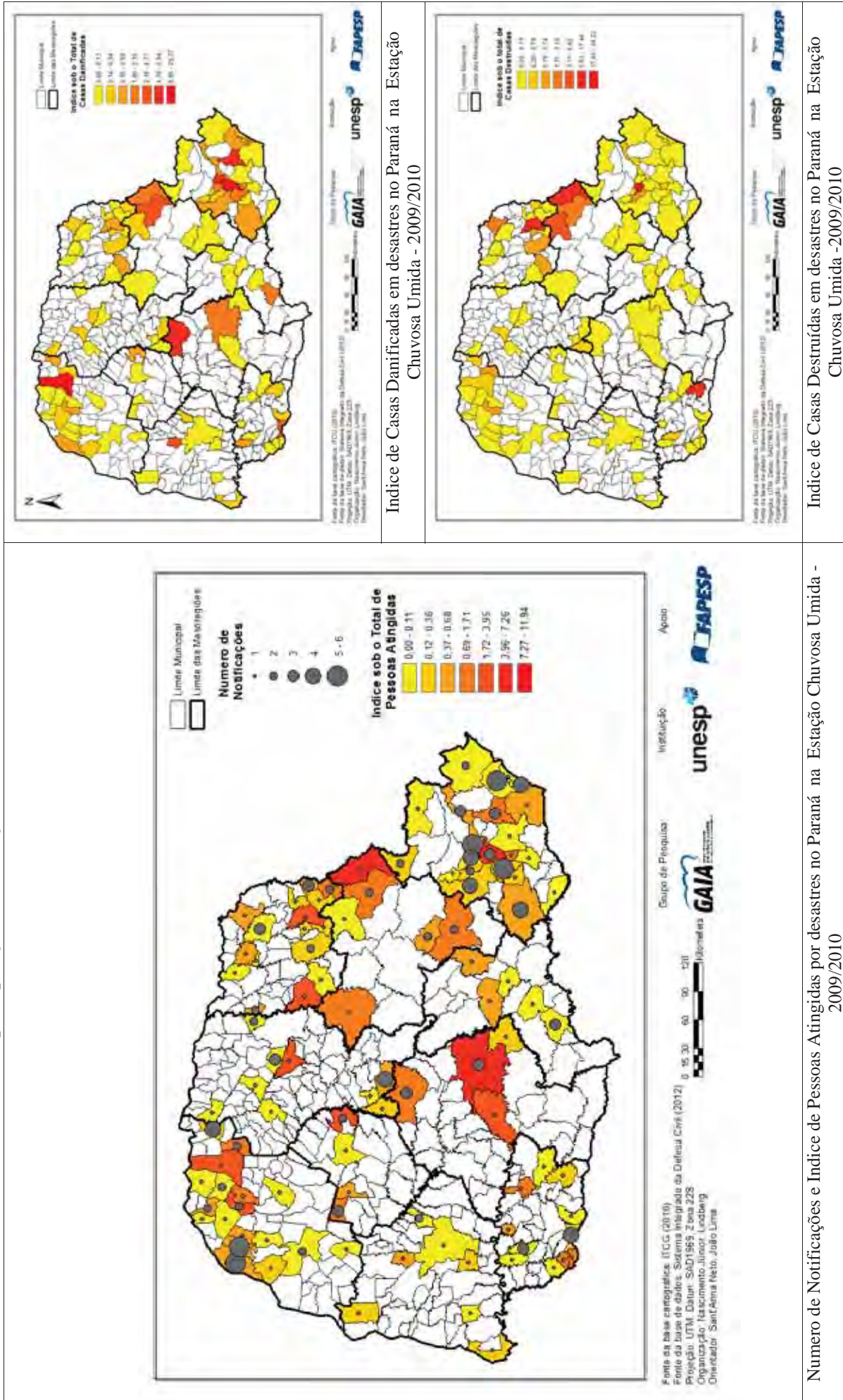
**Índice de Casas Destruídas em desastres no Paraná na Estação Menos Chuvosa Úmida - 2009**

**Índice de Casas Danificadas em desastres no Paraná na Estação Menos Chuvosa Úmida - 2009**

**Índice de Casas Destruídas em desastres no Paraná na Estação Menos Chuvosa Úmida - 2009**



**Quadro 11 - Desastres associados às precipitações na Estação Chuvosa - Padrão Úmido.**



Índice de Casas Destruidas em desastres no Paraná na Estação Chuvosa Úmida - 2009/2010

Índice de Casas Destruidas em desastres no Paraná na Estação Chuvosa Úmida - 2009/2010

Índice de Casas Destruidas em desastres no Paraná na Estação Chuvosa Úmida - 2009/2010

### 6.3 A dimensão natural do Território: Impactos nos ambientes fluviais

No que tange os impactos na dimensão natural do território, as condições hidrológicas ou hidroclimáticas, admitidas pelos dados de vazão fluvial, são uma importante variável de entendimento dos impactos do clima, ou mais precisamente da precipitação nos ambientes e nos ecossistemas fluviais, considerando os seus ciclos naturais (cheia e seca) (XAVIER e SILVA, 2010). Esses dados podem responder de maneira particular o contexto dos cursos d'água da bacia hidrográfica no qual estão inseridos, além de constituir uma integração da precipitação na bacia e os aspectos de grande escala (padrões e variabilidade, teleconexões e etc) (XAVIER e SILVA, 2010).

No caso dos rios do estado do Paraná, França (2002), ponderando as diferenciações climáticas e os compartimentos geomorfológicos que interferem nas médias mensais das séries históricas hidrológicas do rio Tibagi, determinou que eventos atípicos tendem a provocar cheias e estiagens, mas que nem sempre estão correlacionados com os eventos El Niño e La Niña.

Destefani (2005), com base na frequência e no tempo de permanência das vazões no rio Ivaí, verificou que 40% das vazões extraordinárias com magnitude superior às médias máximas anuais das cheias, possuíam forte relação com os eventos de El Niño. O autor atribui ao ENOS e à ocorrência de precipitações extremas de dez das quinze maiores vazões fluviais numa das estações utilizadas (Porto Paraíso do Norte).

Na bacia do rio Iguaçu, Azevedo (2006) demonstrou que os valores de vazão, com defasagem de três meses, apresentaram correlação significativa com anomalias de TSMs do Oceano Pacífico, cujos valores do período de 1982/83 (ocorrência de El Niño) foram os mais significativos.

Nery (2006) corrobora com os resultados de Azevedo (2006) e, discute que em períodos de ocorrência dos fenômenos El Niño e La Niña há uma significativa variabilidade pluviométrica em toda a área da bacia do rio Iguaçu, principalmente no que tange os desvios anuais em máximos e mínimos.

Quando submetidos à correlação linear com os índices da ODP, da OS e das TSMs da Região do Niño 3.4, os valores de vazão dos rios Tibagi, Ivaí, Piquiri e Iguaçu mostram que não houve significância e o valor de  $r^2$  se apresenta muito baixo (**Tabela 12**).

**Tabela 12** - Coeficientes de correlação para as os valores de vazões e os índices utilizados.

Variáveis	Tibagi	Piquiri	Ivaí	Iguaçu	Média
IODP	-0,011	0,143	0,001	0,035	0,029
IOS	-0,202	-0,282	-0,073	-0,152	-0,164
ITSM	0,183	0,228	0,077	0,122	0,136

Os valores não diferem de 0 com um nível de significância  $\alpha=0,05$ . Org. Nascimento Júnior, L.

Os resultados são suficientes ao observar que houve correlação negativa na vazão do rio Tibagi e, positivas para as demais vazões dos rios do estado. Entretanto, eles não são significativos, o que remete para o fato de que os IODP não interferem na dinâmica fluvial dos rios do estado do Paraná. Estes também apresentam tendência positiva significativa em todos os rios, mostrando aumento significativo das vazões no tempo e se associando às tendências pluviométricas para todo o estado nos últimos trinta anos.

Nas alterações obtidas pelas rupturas estatísticas, somente as vazões fluviais do rio Piquiri não apresentam resultados estatisticamente significativos. Para os rios Tibagi, Ivaí e Iguaçu houve períodos de ruptura em 1969, 1970 e 1968, respectivamente.

Segundo Bruijnzeel (2004), mudanças no padrão de uso e ocupação das terras e nas mudanças podem ser correlacionadas às ciclicidades das variáveis hidrológicas.

Nesse sentido, a detecção dessas datas coincide com a instauração de um novo perfil agrícola do estado, marcado pela transição das lavouras de café para a monocultura de exportação, baseada no pacote tecnológico imposto pela Revolução Verde e pela territorialização do capital monopolista e industrial no campo.

Este contexto, somado às intensas e frequentes geadas no estado, foi paulatinamente erradicando as áreas de cafezais desde os anos 1960 e início da sua erradicação com a geada negra de 1975.

Pode-se inferir, então, que geograficamente, ou melhor, numa abordagem da Geografia do Clima, esses processos, além de provocar as mudanças no ordenamento territorial de base agrícola, também proporcionam alterações dos padrões ambientais e hidrológicos dos rios do Paraná, bem como mudanças nas relações sociais no campo. Juntas, essas mudanças contribuem também para o entendimento de parte dos impactos das chuvas na dimensão social do território, como discutido anteriormente.

#### 6.4 A dimensão econômica do Território: impactos na produtividade agrícola

Por se situar numa região de transição climática, o estado do Paraná possui uma diversidade de atuação de sistemas produtivos de chuva ao longo do ano e das estações em todo seu território. Perante a economia nacional, o Paraná é essencialmente um estado agrícola e, suas práticas de produção são historicamente aprimoradas por meio da experiência e do conhecimento que os agricultores possuem quanto à sazonalidade dos elementos climáticos e à adaptabilidade de certas culturas para a produção de alimentos (ELY *et al.*,2005).

Essa postura faz que com a distribuição temporal das chuvas no estado adquira grande importância para os mais diferentes segmentos econômicos, principalmente, para aqueles voltados às atividades agrícolas (BALDO, 2006).

Segundo Roseghini *et al.* (2004), esse é o principal setor que movimenta a economia no Paraná, principalmente pela exportação e pelo beneficiamento dos grãos em cooperativas e agroindústrias. Nessa perspectiva, o autor considera que a variabilidade da precipitação, especialmente no noroeste do Paraná, apresenta diferentes configurações espaciais e temporais, o que, por sua vez, são as principais responsáveis por quebra no setor agrícola,

Souza (2006) correlacionou a produtividade agrícola do Paraná, verificando quais os melhores rendimentos durante eventos fortes de La Niña, principalmente na porção sul do estado. Por outro lado, a ocorrência de El Niño forte provocou queda nos rendimentos devido ao excesso de chuva.

Grimm *et al.* (2007), Grimm (2009a) e Grimm e Sant'Anna (2010) afirmam que a variabilidade ligada ao ENOS também é especialmente danosa para a agricultura no Paraná.

Nesse contexto, os impactos na dimensão econômica do território, obtidos pelos valores da produtividade agrícola regional do estado do Paraná para as seis culturas escolhidas, correlacionados aos índices da ODP e do ENOS, mostram que as associações são mais significativas para a produtividade das culturas de exportação ou de agronegócio (**Tabela 13**).

As correlações positivas sugerem associações proporcionais, ou seja, quando os IODP estão positivos ou negativos há uma tendência de aumento e diminuição da produtividade agrícola nas regiões do estado, respectivamente. O contrário acontece com as correlações negativas, ou seja, associações inversamente proporcionais.



Como observados nos valores de CHA e NDC, a correlação destes com o IODP varia de fraca a moderada. O menor valor de  $r^2$  é calculado em 12,4% para a cultura de soja no Norte Pioneiro e, o maior valor se refere à cultura de cana-de-açúcar, com valor de  $r^2$  a 36,7%, na Região Metropolitana de Curitiba.

**Tabela 13 - Coeficientes de correlação para culturas nas mesorregiões do Paraná.**

Região	ARROZ			CANA-DE-AÇÚCAR			FEIJÃO		
	IODP	IOS	ITSM	IODP	IOS	ITSM	IODP	IOS	ITSM
OESTE PARANAENSE	11,0	4,9	0,0	16,5	8,8	0,0	4,6	3,4	0,4
NORTE CENTRAL PARANAENSE	6,1	4,9	0,1	21,0	27,7	2,3	0,9	0,0	0,0
CENTRO OCIDENTAL PARANAENSE	12,0	4,7	0,2	23,7	16,6	2,3	11,0	2,3	0,0
CENTRO ORIENTAL PARANAENSE	18,6	9,6	0,2	2,7	0,5	2,1	25,8	13,6	0,6
CENTRO-SUL PARANAENSE	15,5	5,7	0,0	3,8	6,3	0,2	3,6	1,7	0,0
SUDOESTE PARANAENSE	11,2	2,1	1,7	5,7	9,7	0,1	1,5	0,1	0,4
NORTE PIONEIRO PARANAENSE	14,2	15,8	3,6	28,3	27,4	2,8	1,5	0,0	0,6
SUDESTE PARANAENSE	10,5	2,5	0,6	11,2	24,6	1,4	15,4	15,4	2,5
NOROESTE PARANAENSE	11,7	18,7	4,7	25,0	29,3	4,0	28,3	11,4	4,7
METROPOLITANA DE CURITIBA	3,1	1,1	0,8	36,7	18,0	3,9	8,0	6,6	0,3

Região	MILHO			SOJA			TRIGO*		
	IODP	IOS	ITSM	IODP	IOS	ITSM	IODP	IOS	ITSM
OESTE PARANAENSE	11,9	3,6	0,0	11,4	24,7	7,3	0,7	13,1	0,8
NORTE CENTRAL PARANAENSE	14,2	11,8	0,3	15,7	18,5	1,7	0,8	9,3	1,0
CENTRO OCIDENTAL PARANAENSE	13,6	7,8	0,0	16,4	17,3	1,4	1,4	21,5	3,7
CENTRO ORIENTAL PARANAENSE	20,9	8,6	0,1	20,2	16,6	1,7	7,1	16,7	1,0
CENTRO-SUL PARANAENSE	12,1	1,7	1,0	17,7	19,7	2,5	8,7	17,2	1,0
SUDOESTE PARANAENSE	4,6	0,1	0,3	16,7	21,6	3,4	8,8	14,3	0,4
NORTE PIONEIRO PARANAENSE	6,2	10,4	0,9	12,4	18,9	2,3	0,0	1,4	0,0
SUDESTE PARANAENSE	15,3	5,6	0,1	22,6	18,0	1,6	11,4	14,3	0,7
NOROESTE PARANAENSE	6,4	13,0	0,5	10,9	9,6	0,2	1,4	14,4	2,4
METROPOLITANA DE CURITIBA	21,6	11,0	0,4	21,4	16,4	1,6	9,6	24,2	4,0

Valores em destaque verde (correlação positiva) e azul (correlação negativa) são diferentes de 0 com um nível de significância  $\alpha=0,05$ . \*Valores medidos em Kg/ha. Org. Nascimento Júnior, L.

É possível verificar, também, que as correlações foram significativamente:

- positivas no Centro-Oriental, Centro-Sul e Norte Pioneiro para Arroz;
- negativas no Oeste, Norte Central, Centro Ocidental, Norte Pioneiro, Noroeste e Metropolitana de Curitiba para cana-de-açúcar;
- negativas no Centro Oriental e Sudeste e Positiva no Noroeste para feijão;
- negativas no Norte Central, Centro Ocidental, Centro Oriental, Sudeste e Metropolitana de Curitiba para milho e;
- negativas no Norte Central, Centro Ocidental, Centro Oriental, Centro Sul, Sudoeste, Norte Pioneiro, Sudeste e Metropolitana de Curitiba para Soja.

A cultura de trigo não apresentou correlação significativa para os IODP. Para essa cultura foi a Oscilação Sul que apresentou correlações bem mais expressivas.

A cultura mais associável aos índices utilizados mostrou relação da Cana-de-açúcar com os IODP em 28,8%, seguido pela Soja e Milho com 16,4% e 15,4% respectivamente (**Tabela 14**), exceto Trigo.

**Tabela 14** - Coeficientes de determinação  $r^2$ (%) para as médias das culturas observadas.

Variáveis	Arroz	Cana de Açúcar	Feijão	Milho	Soja	Trigo*
IODP	8,0	28,8	8,1	15,4	16,4	2,4
IOS	2,2	17,2	7,2	7,2	20,3	16,6
ITSM	0,1	1,5	0,6	0,0	2,8	1,4

Valores em destaque verde (correlação positiva) e azul (correlação negativa) são diferentes de 0, com um nível de significância  $\alpha=0,05$ . \*Valores medidos em Kg/ha. Org. Nascimento Júnior, L.

Cabe ressaltar que essas culturas - cana-de-açúcar, soja e milho -, principalmente a última, são culturas que, ao mesmo tempo, possibilitam o cultivo desde o pequeno produtor até o grande empresário agrícola. Elas representam a aplicação de diferentes níveis de capital e tecnologia (ELY. *et al.*, 2005) e, também, maior relação de associação à ODP.

Esses resultados corroboram com as afirmações de Ely *et al.* (2005), quando concluíram que a agricultura de verão no Paraná, quando praticada sob o efeito do fenômeno La Niña fica mais vulnerável às irregularidades da precipitação, afetando de algum modo todas as lavouras cultivadas nesse período.

Por outro lado, quando em associação ao El Niño, os excedentes de precipitação acima da média também não são garantia de bons resultados agrícolas devido à irregularidade na distribuição temporal das chuvas.



## 7. Considerações finais

Conclui-se que a participação da ODP na variabilidade espaçotemporal das chuvas no Paraná é estatisticamente de fraca a moderada-fraca para os totais de chuva e para os números de dias com chuva (NDC), respectivamente.

Esses resultados sugerem outras abordagens interpretativas e explicativas do estudo da variabilidade trimestral, sazonal e anual das chuvas no estado do Paraná, cuja participação da ODP é de 11% a 20%, sendo esses valores mais significativos para o outono, primavera e para os totais anuais de chuva. Já para os NDC, a participação da oscilação fica entre 17% a 46%, principalmente na primavera.

Na análise espacial, os coeficientes de correlação das chuvas acumuladas apresentaram distribuição regional contínua, diferentemente dos NDC, cujos resultados expressaram aspectos locais correlacionados pela apresentação de fortes efeitos-pepita no processo de interpolação.

Correlações positivas foram detectadas principalmente nas regiões oeste e noroeste e, negativas no leste e litoral do estado, explicando a influência da ODP na distribuição espacial das chuvas, mediante as alterações que provocam no deslocamento espacial e na intensidade do modo dominante do Sistema de Monções da América do Sul e, o favorecimento da entrada de sistemas atmosféricos com gênese no Oceano Atlântico.

Considerando o mecanismo de *background* da ODP e do ENOS, bem como a superposição de ambos, os resultados expressam aspectos significativos para o estudo da variabilidade no estado, com sinal bem mais claro nos NDC.

Os anos-padrão e as estações-padrão habituais e extremas são exemplo desse mecanismo e, suas classificações manifestam a intensidade e frequência da variabilidade interanual e intersazonal.

Por serem mais frequentes, os impactos do ENOS, na forma de alterações das chuvas e dos NDC, são significativamente observados tanto no que se refere à utilização de índices de TSMs, quanto pela similaridade e temporalidade.

Diferentemente do ENOS, a ODP se apresenta como modo de variabilidade de baixa ou baixíssima frequência. Ela foi melhor observada em séries históricas longas, mais precisamente nas variações em ritmo decadal e quinquenal.

No que tange a observação de mudanças, alterações e tendências da pluviosidade e dos NDC, o estado do Paraná vem apresentando recente e significativamente uma

diminuição paulatina dos NDC e aumento expressivo das chuvas tanto no espaço, quanto no tempo.

Essas tendências são verificadas principalmente no período chuvoso – primavera, verão e estação chuvosa -, e indicam possibilidades de maior frequência e intensidade de episódios pluviométricos extremos, como, por exemplo, chuvas concentradas.

Longe de querer naturalizar os impactos relacionados à variabilidade espaçotemporal das chuvas no estado e, analisá-los sob uma perspectiva de causa x efeito, a pesquisa também traçou possibilidades de mapeamento de dados o estudo dos impactos do clima e das mudanças climáticas em escalas regionais e, sua relação com os níveis de vulnerabilidade, segundo a abordagem da Geografia do Clima.

A identificação das áreas, das regiões, dos ambientes e dos sistemas naturais, sociais e produtivos serviu de base para a observação crítica da produção geográfica do espaço paranaense, baseando-se na perspectiva da Geografia do Clima e, interpretada a partir das dimensões do território.

Nesse caso e, a partir da dimensão econômica do território, pode-se afirmar que as culturas de mercado ou do agronegócio são associadas aos índices da ODP. Tal assertiva sugere que mesmo a apresentação de fracas correlações nos padrões pluviométricos, as práticas de produção historicamente aprimoradas por meio da experiência e do conhecimento dos agricultores, a chuva tem sido um elemento importante de gestão agrícola.

Considera-se, ainda, que os níveis de vulnerabilidade agrícola estão representados nas diferenças de aplicação de capital e tecnologias demandadas por essas culturas, bem como a apresentação de adaptabilidade de certas cultivares para a produção de alimentos.

Na dimensão natural, a ODP não mostrou sinal de influência com as vazões dos rios estudados. Contudo, os testes de tendência e rupturas estatísticas mostram alterações na variabilidade fluivial dos rios Tibagi, Ivaí e Iguaçu, que puderam ser relacionados às mudanças e transformações no uso da terra, principalmente, depois dos anos 1960.

As mudanças nos padrões vegetacionais e do uso e ocupação da terra pode ser explicado pelo processo de territorialização do capital monopolista e industrial, baseado na monocultura e no pacote tecnológico da Revolução Verde, que transformou não só

o ambiente, mas também as relações sociais no campo que, por sua vez, auxilia o entendimento dos impactos da dimensão social e econômica do território.

Na dimensão social, os mapeamentos dos desastres nas escalas sazonais e na série histórica evidenciam a relação entre os sistemas atmosféricos locais e regionais, as chuvas extremamente intensas e a produção do espaço.

No que tange aos sistemas atmosféricos, a bibliografia aponta a presença dos sistemas frontais e o escoamento na baixa e média troposfera e, do ENOS como responsáveis pelas chuvas intensas.

Enquanto que na produção do espaço, a pesquisa demonstrou que os impactos dessas chuvas estão aliados aos prejuízos sociais, humanos e ambientais. Eles refletem a realidade da produção da cidade e da produção de um modo de vida urbano, associados aos fatores e à ordem de mercado e consumo, de política e econômica, que transformam um fenômeno natural (e suas repercussões) em problema social.

Nesse contexto, são os municípios da porção sul, principalmente os da Mesorregião Sudoeste e Oeste que apresentam os maiores níveis de vulnerabilidade à diminuição da precipitação. Sugerindo além de baixa previsibilidade da ocorrência de eventos de seca e estiagens, um ordenamento territorial baseado na pequena propriedade e, em função da pequena inserção tecnológica e disponibilidade de capital.

Por outro lado, os desastres associados ao aumento da precipitação e as chuvas intensas atingem o estado como um todo na escala municipal, com destaque regional somente para Mesorregião Metropolitana de Curitiba.

No geral, os resultados corroboram para o melhor entendimento da gênese das chuvas para o mundo tropical e subtropical e, para o Paraná em particular, atestando também para os estudos sobre os impactos regionais e locais das mudanças climáticas, e a influência das teleconexões de baixa frequência em sua variabilidade.

A síntese dos resultados obtidos são apresentados na Matriz de Impactos (**Quadro 12**).

Matriz de Impactos														
Dimensões do Território	Variáveis de Impactos	Aspecto da variabilidade	Tipo de evento	Regiões afetadas	Áreas específicas	Unidades Espaciais atingidas	Sistemas afetados							
							Ambientais	Urbanos						
Natural	Vazão fluviométricas	Aumento nas chuvas	Alagamentos	Bacias Hidrográficas	Todo o Estado	Rios Tibagi, Ivaí, Piçuri, e Iguaçu	Ocorrências de Alagamentos							
								Sem associação com a ODP						
Social	Magnitude dos desastres	Aumento das precipitações e chuvas extremas	Alagamentos, Enxurradas e Enchentes	Municípios e Mesorregiões Geográficas	Todas as mesorregiões	Zona Urbana, Parte da Zona urbana, Parte da Zona urbana e Parte da Zona Rural	Pessoas Atingidas							
								Não se aplica associação com a ODP						
Econômico	Produtividade Agrícola	Correlações com Oscilação Decadal do Pacífico	Positivas	Mesorregiões Geográficas	Centro Oriental, Centro-Sul e Norte Pioneiro	Zona Rural	Arroz							
								Negativas	Centro Oriental, Sudeste e Noroeste	Cana-de-açúcar				
											Centro central, Centro Ocidental, Centro Oriental, Sudeste e Metropolitana de Curitiba	Feijão		
													Todas as mesorregiões, exceto a Oeste e Noroeste	Milho
Diminuição das chuvas	Secas e Estiagens	Municípios, Zona Rural, e parte da Zona Rural	Impactos na biodiversidade e transformos em energia hidrelétrica	Quebras agrícolas	Transformos de com abastecimento hídrico									
						Todas as mesorregiões								

**Quadro 12 - Matriz de impactos relacionados à ODP e aos eventos extremos de chuva no Paraná.**

Org. Nascimento Júnior, L.

## REFERÊNCIAS

ALMEIDA, I. R. **Variabilidade pluviométrica interanual e produção de soja no estado do Paraná**. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Estadual Paulista. 2000.

AZEVEDO, I. C; NERY, J. T; ANDRADE, A. R. Variabilidade da precipitação pluvial na bacia hidrográfica do Rio Iguaçu, Paraná. In: X encontro de geógrafos da América Latina, 2005, São Paulo. USP. **Anais...**: 2003. v. 01. p. 01-15.

ANJOS, I. B; NERY, J. T. Variabilidade da precipitação pluviométrica e balanço hídrico em Maringá. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia. 2000, Rio de Janeiro. **Anais...** Sociedade Brasileira de Meteorologia, v. 01. p. 829-836. Disponível em: <http://www.cbmet.com/cbm-files/12-66390f239d2520ed92d19aa2c63d69c2.pdf>. Acesso: 20 abr. 2011.

ANGELOCCI, L. R; SENTELHAS, P. C. **Variabilidade, anomalia e mudança climática**. Material didático da disciplina LCE306 - Meteorologia Agrícola. Disponível em: <http://www.lce.esalq.usp.br/aulas/lce306/variabilidade.pdf>. 15 maio. 2007.

AYOADE, J. O. **Introdução a Climatologia para os Trópicos**. São Paulo: Ed. Bertrand. Brasil. 1986. p 01-14.

BACK, A. J. Aplicação de análise estatística para identificação de tendências climáticas. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 36, n.5, p.717-726, 2001.

BALDO, M. C. **Variabilidade pluviométrica e a dinâmica atmosférica na bacia hidrográfica do Rio Ivaí – PR**. Tese de Doutorado. Presidente Prudente. 2006.

BERLATO, M; FONTANA, D. C. **El Niño e La Niña: impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul; aplicações de previsões climáticas na agricultura**. Editorial UFRGS. Porto Alegre, RS. 2003.

\_\_\_\_\_; FARENZENA, H; FONTANA, D. C. Associação entre El Niño Oscilação Sul e a produtividade do milho no Estado do Rio Grande do Sul. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 40, n. 5, Maio 2005 . Available from <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-204X2005000500001&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-204X2005000500001&lng=en&nrm=iso)>. access on 23 Apr. 2013.

BEREZUK, A. G. **Análise das adversidades climáticas no Oeste Paulista e Norte do Paraná**. 2007. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente.

BJERKNES, J. A possible response of the atmospheric hadley circulation to equatorial anomalies of ocean temperature. **Tellus**, v. 18, n. 4, 1966, p. 820-829.

\_\_\_\_\_. Atmospheric teleconnections from the equatorial Pacific. **Monthly Weather Review**, v. 97, n. 3, Mar/1969, p. 163-172.

BRUIJNZEEL L.A. **Agriculture, Ecosystems and Environment**. 104 185–228, 2004.

BOIN, M. N. **Chuvvas e erosões no Oeste Paulista**: Uma análise climatológica aplicada. 2000. Tese (doutorado em Geografia). Universidade Estadual Paulista. Rio Claro.

BRYANT, E. A. **Natural hazards**. New York : Cambridge, 1993. 294 p.

CATELAN, M. J. **Expansão territorial urbana e enchentes em Bauru : os limites da “Cidade Sem Limites”**. Presidente Prudente. Trabalho de conclusão de Curso (Geografia). Faculdade de Ciências e Tecnologia. Universidade Estadual Paulista. 2006

CAVALCANTI, I, F, A; AMBRIZZI, T. Teleconexões e suas influencias no Brasil. In: CAVALCANTI, I, F. A; FERREIRA, N. J; SILVA, M, G, A, J; DIAS, M. A. F. S (Orgs). **Tempo e clima no Brasil**. Oficina de Textos. 2009, p. 318-335

\_\_\_\_\_; OLIVEIRA, G. S. de. Teleconexões. **Climanálise**. Centro de Previsão e Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE). Ed. espacial. Comemoração de 10 anos. 1996.

CEPED. **Atlas Brasileiro de Desastres Naturais 1991 a 2010: Volume Paraná**. Centro Universitário de Estudos e Pesquisas sobre Desastres. Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis. 2011.

CERA, J. C; FERAZ, S. E. T; BENDER, F. D. **Influência da Oscilação Decadal do Pacífico e as mudanças no regime de chuva do Rio Grande do Sul**. Disponível em: [http://cascavel.ufsm.br/revista\\_ccne/ojs/index.php/cienciaenatura/article/viewFile/410/321](http://cascavel.ufsm.br/revista_ccne/ojs/index.php/cienciaenatura/article/viewFile/410/321). Acesso: 15 mai. 2009.

CLIMATE CHANGE. Fundação Brasileira para o Desenvolvimento Sustentável. **Climate change and extreme events in Brazil**. 2009. Disponível em: <http://www.lloyds.com/~media/f032df0f232f44be81c5b0827c4d91fd.ashx>. Acesso: 20 abr. 2011.

COELHO, C. A. S. Anomalias de **Precipitação sobre a América do Sul e sua relação com a Temperatura de Superfície do Mar dos Oceanos Pacífico e Atlântico durante períodos de extremos de El Niño-Oscilação Sul**, Dissertação de Mestrado, Instituto de Astronomia Geofísica e Ciências Atmosféricas, USP, São Paulo, 2001.

CONFALONIERI, U. E. C. Variabilidade climática, vulnerabilidade social e saúde no Brasil. **Terra Livre**. São Paulo. Ano 19, v. I, n. 20. Jan/jul. 2003, p. 193-204.

CONTI, J. B. Considerações sobre as mudanças climáticas globais. In: SANT’ ANNA NETO, J. L; ZAVATINI, J. A. (ORGs). **Variabilidade e mudanças climáticas: Implicações ambientais e socioeconômicas**. Maringá, EDUEM, 2000, p 17 – 28.

\_\_\_\_\_. Considerações sobre as mudanças climáticas globais. In: **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, v. 16, 2005, p.70-75.

CPTEC. Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos. **Clima**. INPE. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: <http://clima1.cptec.inpe.br/>. Acesso: 02 ago. 2012.



CHRISTOFOLETTI, A. Implicações geográficas relacionadas com as mudanças climáticas globais. **Boletim de Geografia Teórica**, Rio Claro, v. 23, n. 45-46, 1993, p. 18-31.

DEBORTOLI, N.; DUBREUIL, V.; HENKE, C.; RODRIGUES FILHO, S. Tendances et ruptures des séries pluviométriques dans la région méridionale de l'Amazonie brésilienne. In : **25ème Colloque de l'Association Internationale de Climatologie**, Grenoble 2012, p. 201 – 206.

DOMINGUES, I. A. **Variabilidade climática e sua influencia na produtividade da cultura da cana-de-açúcar (Saccharum spp) na região Norte e Nordeste do Paraná**. Tese (Doutora em Geografia Física). Universidade de São Paulo. 2010.

DUBREUIL, V. Clima e teledeteção: uma abordagem geográfica. In: **Revista Brasileira de Climatologia**, Vol. 1, No 1. Dez/2005, p. 76 - 99.

\_\_\_\_\_. LAMY, C; LECERF, RÉMI; PLANCHON, O. Monitoramento de secas na Bretanha: reconstituição histórica e abordagem por teledeteção. In: **Mercartor**, Vol 9, No especial (1), 2010: dez, p. 107 a 119

\_\_\_\_\_. **La sécheresse dans la France de l'ouest : étude au moyen des bilans hydriques et des données NOAA-AVHRR**. 1987. Tese de Doutorado em Climatologia. Université Rennes II. Ano de obtenção: 1994.

\_\_\_\_\_. **La sécheresse de l'automne 1985 en Bretagne**. Mestrado em Geografia. 1987. Université de Rennes II. Ano de Obtenção: 1987.

ELY, D. F. **Teoria e método da climatologia geográfica brasileira: uma abordagem sobre seus discursos e práticas**. Tese (Doutorado em Geografia). Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente. 2006.

\_\_\_\_\_; ALMEIDA, I. R; SANTANNA NETO, J. L. Variabilidade climática e o rendimento da cultura do milho no estado do Paraná: algumas implicações políticas e econômicas. **Geografia**, Londrina, v. 12, n. 1, p. 495-508, 2003.

FARIAS, J. R. B; NEPOMUCENO, A. L; NEUMAIER, N. Rendimento de genótipos semi-precoces de soja submetidos ou não a irrigação, In: **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, São Carlos, v. 5, n. 1, jan/jun, 1993, p. 57.

FELICIO, R. A. **Os oceanos? Aplicação da teoria dos sistemas no ensino da influência dos fatores oceânicos na variabilidade climática**. Disponível em: <http://www.fakeclimate.com/arquivos/ArtigosFake/EosOceanos.pdf>. Acesso: 20 fev. 2011.

FRANÇA, J. R. DE A. **Climatologia Geográfica**. Disponível em: <http://dc407.4shared.com/doc/ocF36dQ1/preview.html>. Acesso: 20 fev. 2011.

GARCIA, S. R. **Variabilidade do Sistema de Monção da América do Sul: relações com a Oscilação Decadal do Pacífico**. 2006. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). CPTEC/ INPE. São José dos Campos.

GERSHUNOV, A.; BARNETT, T. P. Interdecadal modulation of ENSO teleconnections. **Bulletin of the American Meteorological Society**, v. 79, p. 2715-2725, 1998.

GERSHUNOV, A., BARNETT, T; CAYAN, D. North Pacific interdecadal oscillation seen as factor in ENSO-related north American climate anomalies. **EOS**, 1999. 80, 25-30.

GHILL, M; MO, K. Intraseasonal Oscillations in the global atmosphere: Part II: Southern Hemisphere. **Journal the Atmospheric Sciences**, v. 48, n. 5, 1991, p. 780-790.

GONÇALVES, N. M. S. Impactos Pluviais e Desorganização do Espaço Urbano em Salvador. In: MONTEIRO, C. A de F., MENDONÇA, F. **Clima Urbano**. São Paulo: Contexto, 2003.

GOOSSENS, C; BERGER, A. Annual and seasonal climatic variations over the northern hemisphere and Europe during the last century. **Annales Geophysicae**. 4,B 4. p385 – 400. 1986.

GOUBANOVA, K. **Une étude des événements climatiques extrêmes sur l'Europe et le bassin Méditerranéen et de leur évolution future**. 2007. Tese de Doutorado em Sciences de l'Environnement. L'Université de Paris 6. 2007.

GRIMM, A. M. Clima da região Sul do Brasil. In: CAVALCANTI, I, F. A; FERREIRA, N. J; SILVA, M, G, A, J; DIAS, M. A. F. S (Orgs). **Tempo e clima no Brasil**. Oficina de Textos. 2009a, p. 260 -275.

\_\_\_\_\_. Variabilidade interanual do clima do Brasil. In: CAVALCANTI, I, F. A; FERREIRA, N. J; SILVA, M, G, A, J; DIAS, M. A. F. S (Orgs). **Tempo e clima no Brasil**. Oficina de Textos. 2009b, p. 260 -275.

\_\_\_\_\_. How do La-Niña events disturb the summer monsoon system in Brazil? **Climate Dynamics**, v. 22, n. 2-3, mar/2004, p. 123-138.

\_\_\_\_\_; GUETTER, A. K; CARAMORI, P. H. El Niño no Paraná: o que pode esperar em cada região - uma análise científica. **Informativo**. Curitiba, n.1, 1997.

\_\_\_\_\_; MULLER, I. I. ; KRUGER, C. M. ; KAVISKI, E. Variações pluviométricas nos estados de São Paulo e Paraná entre os períodos pré e pós 1970 e suas possíveis causas. In: X Congresso Brasileiro de Meteorologia/VII Congresso da FLISMET, 1998, Brasília. **Anais...** Sociedade brasileira de meteorologia, em cd.

\_\_\_\_\_; FERRAZ, S. E. T. Variabilidade sazonal e interanual da precipitação no estado do Paraná: efeitos de El Niño e La Niña. In: XII Simpósio Brasileiro de Recurso Hídricos, 1997, Vitória. **Anais...** Associação Brasileira de Recursos Hídricos, v. 3. p. 391-398.

\_\_\_\_\_; FERRAZ, S. E. T; FREITAS, E. D; GOMES, J. Anomalias de precipitação em eventos El Niño - Oscilação Sul no estado do Paraná. In: VII Congresso Argentino de Meteorologia e VII Congresso Latinoamericano e Ibérico de Meteorologia, 1996, Buenos Aires. **Anais...** Centro Argentino de Meteorólogos e Federação Latinoamericana e Ibérica de Sociedades de Meteorologia, p. 341-342.

\_\_\_\_\_; SANT'ANNA, E. L. da S. Influência de fases extremas da oscilação sul sobre a intensidade e frequência das chuvas no sul do Brasil. In: Congresso Brasileiro de Meteorologia. 2010. Sociedade Brasileira de Meteorologia.

\_\_\_\_\_; Vera, C. S.; Mechoso, C, R. The South American Monsoon System. In: **International Workshop on Monsoons** Hangzhou, China. Proceedings. Hangzhou: World Meteorological Organization, 2004, p. 111-129

HAESBAERT, R. Da desterritorialização a mutiterritorialidade. X Encontro de Geógrafos da América Latina. **Anais...** X EGAL / 2005. Disponível em: [http://www.planificacion.geoamerica.org/textos/haesbaert\\_multi.pdf](http://www.planificacion.geoamerica.org/textos/haesbaert_multi.pdf). Acesso: 20 fev. 2007.

HARE, S. R; FRANCIS, R.C. Climate Change and Salmon Production in the Northeast Pacific Ocean. In: **Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences**, 1995, p. 121 - 147.

HARVEY, D. **A produção capitalista do espaço**. São Paulo: Annablume, 2005.

HOHMANN, R; FREI, C. Les bases scientifiques. In : **Evénements extrêmes et changements climatiques**. OcCC, Bärenplatz, set. 2003, p. 17 – 18.

\_\_\_\_\_; PFISTERET, C; FREI, C. Evénements extrêmes, dangers naturels et catastrophes naturelles: clarification des notions. In : **Evénements extrêmes et changements climatique**. OcCC, Bärenplatz, set. 2003, p. 18 – 20.

HOSKINS, B. J. Dynamical processes in the atmosphere and the use of models. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 109. 1983, p. 1-21.

IAP. Instituto Ambiental do Paraná. Avaliação ambiental integrada - Bacia do Rio Piquiri. 2012.

IAPAR. Instituto Agrônômico do Paraná. **Cartas climáticas do Paraná**. CAVIGLIONE, J. H; KIIHL, L. R. B; CARAMORI, P. H; OLIVEIRA, D. Londrina: IAPAR, 2000.

INSTITUTO DAS ÁGUAS DO PARANÁ. Águas Paraná. Disponível em: <http://www.aguasparana.pr.gov.br/>

IPCC, 2007: Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Equipo de redacción principal: Pachauri, R.K. y Reisinger, A. (directores de la publicación)]. IPCC, Ginebra, Suiza, 104 págs.

ITCG. Instituto de Terras, Cartografia e Geociências. Secretaria do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. **Produtos cartográficos.** Disponível em: <http://www.itcg.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=47>.

KAYANO, M. T. ANDREOLI, R. V. Relations of South American summer rainfall interannual variations with the Pacific Decadal Oscillation. In: **Journal of Climate**, v. 27, 4, 2006, p. 531 – 540.

\_\_\_\_\_. Variabilidade decenal e multidecadal. In: CAVALCANTI, I, F. A; FERREIRA, N. J; SILVA, M, G, A, J; DIAS, M. A. F. S (Orgs). **Tempo e clima no Brasil.** Oficina de Textos. 2009, p. 375 – 381.

\_\_\_\_\_. Oscilações de Madden e Julian-Oscilações intrasazonais ou oscilações de 30-60 dias. **Climanálise.** Centro de Previsão e Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC/INPE). Ed. espacial. Comemoração de 10 anos. 1996.

\_\_\_\_\_; KOUSKY, V. E. Sobre o monitoramento das oscilações intrasazonais. **Revista Brasileira de Meteorologia.** v. 7, p. 593-602, 1992. Disponível em : [http://www.rbmet.org.br/port/revista/revista\\_dl.php?id\\_artigo=410&id\\_arquivo=670](http://www.rbmet.org.br/port/revista/revista_dl.php?id_artigo=410&id_arquivo=670). Acesso: 20 jan. 2012.

LEITE, M. L; ADACHESKI, P. A; VIRGENS FILHO, A. S. Estudo da variabilidade da precipitação pluvial em municípios da região sul dos Campos Gerais, Paraná, Brasil **Revista Brasileira de Climatologia**, Vol. 6 (2010)

LIU, Z.; WU, L; GALLIMORE, R; JACOBS, R. Search for the origins of Pacific Decadal Climate Variability. **Geophysical Research Letters** , v. 29, n. 10, art. nº 1404, may. 2002.

MAACK, R. **Geografia física do Estado** do Paraná. José Olympio. Rio de Janeiro, 1981, p. 155-177.

MADDEN, R.A; JULIAN, P. R. Detection of a 40-50 day oscillation in the zonal wind in the tropical Pacific. **Journal of the Atmospheric Sciences**, 28. 1971,702-708.

MADDEN, R.A; JULIAN, P. R. Description of global-scale circulation cells in the tropics with a 40-50 day period. **Journal of the Atmospheric Sciences**, 29, 1972, 1109-1123.

MADOX, R. A. Mesoscale convective complexes. In: **Bulletin of the American Meteorological Society.** New York. American Meteorological Society . 61, 1980, p. 1374-1387.

MANTUA, N. J; HARE, S. R; The Pacific Decadal Oscillation. *Journal of Oceanography.* V. 58, n. 1, feb, 2002. p. 35-44. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/content/5xm9ngv5fn5dc2r7/fulltext.pdf>>. Acesso: 15 mai. 2009.

\_\_\_\_\_; HARE, S. R.; ZHANG, Y.; W, J. M.; FRANCIS, R. C. A Pacific Interdecadal Climate Oscillation with Impacts on Salmon Production, *Bulletin of the American Meteorological Society*, Vol. 78, 1997, p. 1069-1079.

\_\_\_\_\_; **The Pacific Decadal Oscillation and Climate Forecasting for North America**. To appear in premiere issue of "Climate Risk Solutions" newsletter. 1999.

Disponível em:

[http://www.atmos.washington.edu/~mantua/REPORTS/PDO/PDO\\_cs.htm](http://www.atmos.washington.edu/~mantua/REPORTS/PDO/PDO_cs.htm). Acesso: 20 abr. 2011.

MARENGO, J. A. Impactos de extremos relacionados com o tempo e o clima – Impactos sociais e econômicos. **Boletim do Grupo de Pesquisa em Mudanças Climáticas –GPMC**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais –INPE. Centro de Ciências do Sistema Terrestre –CCST Número 8 - Maio de 2009 - Edição Especial.

MARQUES, M. L. ARAÚJO, WIVIANY M; VANHONI, F; MENDONÇA, F. Espacialidades e temporalidades da pluviosidade na Região Sul do Brasil. In: **Anais... 8º Simpósio de Brasileiro de Climatologia Geográfica**. Alto Caparaó. UFU. 2008, p.1-18.

MARQUES, R. Precipitação na bacia hidrográfica na bacia hidrográfica do rio Tubarão - sul de SC e Oscilação Decadal do Pacífico. In: **Anais... 9º Simpósio de Brasileiro de Climatologia Geográfica**. Fortaleza. 2010.

MEGALE, J. F. **Max Sorre**. São Paulo: Ática (Coleção Grandes Cientistas Sociais, n. 46), 1984. 192 p.

MEISNER, B. N. **A study of Hawaiian and Line Island rainfall.**, Honolulu: University of Hawaii, 82 p., 1976. Rep. UHMET 76-4, Dept. Meteor.

MENDONÇA, F.; DANNI-OLIVEIRA, I. M.; **Climatologia: noções básicas e climas do Brasil**. São Paulo. Oficina de texto. 2007.

\_\_\_\_\_; Tipologia climática – Gênese, características e tendência. STIPP, N. A. F. et.al. (Org) **Macrozoneamento da bacia hidrográfica do rio Tibagi/PR**. Londrina: Editora UEL, 2000.

MENDONÇA. M. A vulnerabilidade da urbanização do Centro-Sul do Brasil frente à variabilidade climática. **Mercator**. V. 9, Número especial (1), dez/2010, p.135 a 151.

METEO FRANCE. Pluies extrêmes en France Metropolitaine. **Glossarie**. Disponível em : [http://pluiesextremes.meteo.fr/glossaire\\_r18.html](http://pluiesextremes.meteo.fr/glossaire_r18.html). Acesso: 20 nov. 2012

MINOBE, S. Spatio-temporal structure of the pentadecadal variability over the North Pacific. **Progress in Oceanography**, v. 47, n. 2-4, p. 381-408, oct. 2000.

MIRANDA, J. M. Terra, ambiente e clima: introdução à ciência do sistema terrestre. Universidade de Lisboa, Faculdade de Ciências. Departamento de engenharia

geográfica, geofísica e energia. 2010. Disponível:  
[http://194.117.7.100/tac/TAC\\_2010.pdf](http://194.117.7.100/tac/TAC_2010.pdf). Acesso: 20 abr.2011.

MO, K. C; M, GHIL. Statistics and dynamics of persistent anomalies. **Journal Atmospheric Sci.**, 44, 1987, p. 877-901.

\_\_\_\_\_; G. H. WHITE. Teleconnections in the Southern Hemisphere. **Mon. Weather Review**, 113, 1985, p. 22-37.

MONTEIRO, C. A. F. Clima. In: INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (Ed.). **Geografia do Brasil: Grande Região Sul**. Rio de Janeiro, v.4, n.18, Tomo I, p.114-166, 1968.

\_\_\_\_\_. Teoria e Clima Urbano. In: MONTEIRO, C. A. F. MENDONÇA, F (Orgs). **Clima Urbano**. São Paulo. Contexto. 2003, p. 9 – 68.

\_\_\_\_\_. **Análise rítmica em Climatologia**. São Paulo: USP/IG. Climatologia 1. 1971.

\_\_\_\_\_. **Clima e excepcionalismo**: conjecturas sobre o desempenho da atmosfera como fenômeno geográfico. Florianópolis: Editora da UFSC, 1991.

MOLINA, J. J. C. **El Niño y l sistema climático terrestre**. Ariel S/A. Barcelona. 1 ed. 1999.

MOLION, L C. B. Aquecimento Global, El Niños, Manchas Solares, Vulcões e Oscilação Decadal do Pacífico. São José dos Campos – CPTEC/INPE. In: **Climanálise**, ano 3, n. 1, p 1 - 5. Ago/2005.

\_\_\_\_\_. Aquecimento global: uma visão crítica. In: **Revista brasileira de climatologia**, v.3/4, ago/2008a, p. 7-24.

\_\_\_\_\_. Perspectivas climáticas para os próximos 20 anos. **Revista Brasileira de Climatologia**, Presidente Prudente, v. 3-4, 2008b, p. 117-128

\_\_\_\_\_. **Aquecimento global: Natural ou Antropogênico**. Disponível em:  
<http://www.cfh.ufsc.br/~laam/palestra/08.pdf>. Acesso: 28 jul. 2010.

MORAIS, J. M; PELLEGRINO, G.; BALLESTER, M. V. MARTINELLI, L. A. VICTORIA, R. L. Estudo preliminar da evolução temporal dos componentes do ciclo hidrológico da bacia do Rio Piracicaba. In: Simpósio Brasileiro de recursos hídricos. XISimpósio de hidráulica e recursos hídricos dos países de língua oficial portuguesa, II, ABRH, 1995, Recife, PE. **Anais**. p. 27-32.

MOURA, A.D.; SHUKLA, J. On the dynamics of droughts in northeast Brazil: Observations, theory and numerical experiments with a General Circulation Model in **Journal of Atmospheric Science**, v. 38, dec, 1981, p.2653-2675.

MOREIRA, R. **Pensar e ser em Geografia**. São Paulo: Contexto, 2007. 188 p.



NEELIN, J. D.; BATTISTI, D. S.; HIRST, A. C.; JIN, F. F.; WAKATA, Y.; YAMAGATA, T.; ZEBIAK, S. E. Enso theory. **Journal Geophysical Research**, v. 103, n. c7, jun/1998, p. 14260-14290.

NERY, J. T.; VARGAS, W.M.; MARTINS, M.L.O. Caracterização da precipitação no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 4, n. 2, p. 81-89, 1996.

\_\_\_\_\_. Variabilidade interanual da precipitação do Paraná. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**. Santa Maria, v.5, n.1, 1997, p.115-125.

\_\_\_\_\_. Influência do fenômeno el niño na vazão da bacia do rio iguaçu, pr. in: xiv congresso brasileiro de meteorologia, 2006, florianópolis. previsão e sociedade. florianópolis : edusc, 2006. v. 01. p. 01-12.

NEWMAN, M, COMPO, G.P, ALEXANDER, M.A. ENSO-Forced variability of the Pacific Decadal Oscillation. **Journal of Climate**. Vol. 16, n° 23, December, 2003 (3853-3857).

NIETO, R., M. SPRENGER, H. WERNLI, R. M. TRIGO, L. GIMENO. Identification and Climatology of cut-off lows near the tropopause. In: **Trends and Directions in Climate Research**. New York Academy of Sciences. 2008, p. 1146: 256–290.

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, 1989.

NOAA. National Oceanic Atmospheric Administration. National Weather Service. Climate Prediction Center. **Teleconnections**. Disponível em: [http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/daily\\_ao\\_index/teleconnections.shtml](http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/precip/CWlink/daily_ao_index/teleconnections.shtml). Acesso: 20 jan. 2012

\_\_\_\_\_. National Climatic Data Center. **Pacific Decadal Oscillation (PDO)**. Disponível em: <http://www.nwfsc.noaa.gov/research/divisions/fed/oeip/ca-pdo.cfm>. Acesso: 20 jan. 2012.

\_\_\_\_\_. Physical Sciences Division. **Linear Correlations in Atmospheric Seasonal/Monthly Averages**. Disponível em: <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/correlation/>. Acesso: 20 maio 2012.

NOGAROLLI, M. **Evolução climática do Estado do Paraná: 1970 – 1999**. 2007. Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal do Paraná. Curitiba.

\_\_\_\_\_. O Estado do Paraná – tem um novo clima? **Anais...GeoSimpósio**. Disponível em: [http://www.nilsonfraga.com.br/anais/NOGAROLLI\\_Mozart.pdf](http://www.nilsonfraga.com.br/anais/NOGAROLLI_Mozart.pdf). Acesso: 30 abr. 2010.

NOBRE, P; SHUKLA, J. Variations of sea surface temperature, wind stress, and rainfall over the tropical Atlantic and South America. **Journal of Climate**, v. 9, n. 10. Out/1996, p. 2464-2479.

NÓBREGA, R. S; ARAÚJO, J. A. P. DE; PAIVA NETO, A. C. DE; SOUSA MELO, E. C. DE; SOARES, D. B; SARAIVA, F. A. M; SOUZA, W. M. DE. O fenômeno El niño e a influência conjunta do Dipolo do Atlântico no Estado do Ceará. **Anais: Congresso Brasileiro de Meteorologia**. Disponível em: <http://www.cbmet.com/cbm-files/12-3697e0146880af836b2e7e468e5fcb41.pdf>. Acesso: 15 mai. 2009

NUNES, L. H. A escala nas ciências atmosféricas. **Instituto Geológico**. São Paulo, n.19 (1/2), jan./dez./1998, p. 71-73. Disponível em: [http://www.igeologico.sp.gov.br/downloads/revista\\_ig/19\\_1-2\\_6.pdf](http://www.igeologico.sp.gov.br/downloads/revista_ig/19_1-2_6.pdf). Acesso: 22. set. 2010

\_\_\_\_\_; LOMBARDO, M. A. A questão da variabilidade climática: Uma reflexão crítica. **Instituto Geológico**. São Paulo, n. 16 (1/2) jan/dez, 1995, p. 21 – 31. Disponível em: [http://www.igeologico.sp.gov.br/downloads/revista\\_ig/16\\_1-2\\_2.pdf](http://www.igeologico.sp.gov.br/downloads/revista_ig/16_1-2_2.pdf). Acesso: 20. mai. 2006.

OLIVEIRA, G. S. de. **El niño e você: o fenômeno climático**. São José dos Campos. Transtec. 2001

OLIVEIRA, F. N. M.; ARAUJO, R. L. C.; CARVALHO, J. S; SILVA, C. L. Inferência de mudanças climáticas na região de Manaus (AM) usando dados geotermiais e meteorológicos. **Revista Brasileira de Geofísica**. [online], vol.24, n.2, 2006, p. 169-187.

OLIVEIRA, S. C. de. A economia cafeeira no Paraná até a década de 1970. **Vitrine da Conjuntura**, Curitiba, v.2, n.4, jun. 2009.

PARIZOTTO, T. M. NERY, J. T. Associação da precipitação pluvial e anomalia da superfície do mar no oceano pacífico equatorial, na bacia do Paranapanema. **Anais do 8º Simpósio Brasileiro de Climatologia Geográfica**. Alto Caparaó. 2008, p. 221 -223.

PETTITT A. N. A Non-Parametric Approach To The Change-Point Problem. **Applied Statistics**, 28, 1979, 126-135.

PEREIRA, A. R. ANGELOCCI, L. R. SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. Livraria e editora agropecuária. 2002.

PEREIRA, L. M. P; CARAMORI, P. H; RICCE, W, S; SILVA, D. A. B; CAVIGLIONE, J. H. Determinação do início e término da estação chuvosa no Estado do Paraná. In: **Geografar**. Curitiba; v.3, n.2. Jul/dez. 2008, p. 1-12.

PICCILLI, D. G. A. **Avaliação da previsão hidroclimática no Alto Paraguai**. Tese (Doutorado em Engenharia com ênfase em Recursos Hídricos). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2007.

PINTO, J. E. S. de S; AGUIAR NETO, A. de O. Climatologia aplicada: Escalas do Clima. In: \_\_\_\_\_. **Clima, Geografia e Agrometeorologia: Uma Abordagem Interdisciplinar**. São Cristovão. Ed. UFS, Aracaju. Fundação Quêdo Teixeira. 2008, p 157 – 172.

PICKARD, G. L. **Oceanografia física descritiva**. FEMAR – Fundação de Estudos do Mar, 75p. 1974.

PORTO-GONÇALVES, C. W. **Os (Des)caminhos do meio ambiente**, São Paulo, Editora Contexto, 1989,

RASMUSSEN, E. M.; CARPENTER, T. H. Variations in tropical sea-surface temperature and surface wind fields associated with the Southern Oscillation El Niño. **Monthly Weather Review**, v. 110, n. 5, May. 1982, p. 354-384.

REBELLO, E. R. G. **Oscilação decadal do pacífico e sua possível influência no regime de precipitação do rio grande do sul**. Asociación Meteorológica Española. Disponível em: <[http://www.ame-web.org/JORNADAS/1D\\_Rebello.pdf](http://www.ame-web.org/JORNADAS/1D_Rebello.pdf)>. Acesso 20 jun. 2009.

RIBEIRO, A. G. As Escalas do Clima. In: **Boletim de Geografia Teórica**. Rio Claro: IGCE/UNESP, v 23, n° 45 – 46. 1993, p. 288 – 294.

ROBERTSON, A. W. MECHOSO, C. R. Interannual and decadal cycles in river flows of Southeastern South America. **Journal of Climate**. American Meteorological Society. 1998, p. 2570 – 2581. Disponível em: [http://www.atmos.ucla.edu/~mechoso/Mechoso's%20Papers/1998/Interannual%20and%20Decadal%20Cycles%20\(98-4\).pdf](http://www.atmos.ucla.edu/~mechoso/Mechoso's%20Papers/1998/Interannual%20and%20Decadal%20Cycles%20(98-4).pdf). Acesso: 03 nov. 2009.

ROSEGHINI, W. F. F. **Ocorrência de eventos climáticos extremos e sua repercussão sócio-ambiental no litoral norte paulista**. 2007. Dissertação (mestrado em Geografia). Universidade Estadual Paulista. Presidente Prudente.

\_\_\_\_\_; NERY, J. T; MARTINS, M. de L. O. Variabilidade sazonal da precipitação na região noroeste do Paraná. Anais...Congresso Brasileiro de Meteorologia. Disponível em: <http://www.cbmet.com/cbm-files/12-e0f4287a58776ab08a531225633b9531.pdf>. Acesso: 05 ago. 2010.

SAQUET, M. A. **Abordagens e concepções de território**. São Paulo: Expressão Popular, 2007.

SANTOS, M. **A Natureza do Espaço: Técnica e tempo, razão e emoção**. 3ed. São Paulo: EDUSP, 1998.

SALVADOR, M. de A; LUCIO, P. S; MOLION, L. C. B. Tendência da precipitação anual na costa leste do Nordeste do Brasil durante duas fases da Oscilação Decadal do Pacífico. In: XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2006, Florianópolis. Sociedade brasileira de Meteorologia.

SANT'ANNA NETO, J. L. **Ritmo climático e a gênese das chuvas na zona costeira paulista**. Dissertação de mestrado. USP. São Paulo, 1990.

\_\_\_\_\_. Clima e Organização do Espaço. **Boletim de Geografia**, Maringá, v. 16, 1998, p. 119-131.

\_\_\_\_\_. Avaliação das mudanças no regime das chuvas do Estado de São Paulo durante um século (1888-1993). **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 21 (4), 1999, p. 915-921.

\_\_\_\_\_; ZAVATINI, J. A. (ORGs). **Variabilidade e mudanças climáticas: Implicações ambientais e socioeconômicas**. Maringá, EDUEM, 2000.

\_\_\_\_\_. As chuvas no Estado de São Paulo: a variabilidade pluvial nos últimos 100 anos. In: SANT'ANNA NETO, J. L; ZAVATINI, J. A. (ORGs). **Variabilidade e mudanças climáticas: Implicações ambientais e socioeconômicas**. Maringá, EDUEM, 2000, p 17 – 28.

\_\_\_\_\_. **História da Climatologia no Brasil: Gênese e Paradigmas do Clima como Fenômeno Geográfico**. 2001a. Tese (Livre Docência em Geografia) - Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual Paulista, Presidente Prudente.

\_\_\_\_\_. Por uma geografia do clima: Antecedente históricos; paradigmas contemporâneos e uma nova razão para um novo conhecimento. **Terra Livre**. São Paulo, n. 17, 2º semestre/2001b, p. 49-62

\_\_\_\_\_. Da climatologia geográfica a geografia do Clima: Gênese, paradigmas e aplicação do clima como fenômeno geográfico. In: **Anpege**, v. 4, 2008, p. 61 – 88.

\_\_\_\_\_. **Escalas geográficas do clima**. Texto fornecido nas discussões em sala de aula. 2011, p 1 – 16.

SAREWITZ, D; PIELKE, JR R. Extreme Events: A Research and Policy Framework for Disasters in Context. **International Geology Review**. Disponível em: <http://www.cspo.org/products/articles/xepaperfinal.pdf>. Acesso 20 maio 2012.

SEAB. Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Paraná. **Evolução da área colhida, produção, rendimento, participação e colocação Paraná/Brasil**. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/cprbr.pdf>. Acesso: 10 abr. 2012.

SENTELHAS, P. C., PEREIRA, A R., ANGELOCCI, L. R. **Meteorologia Agrícola**, 3 ed. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2000.

SERAFINI JUNIOR, S; GALVANI, E; LIMA, N. G. B. de; ALVES, R. R. Adequação da escala climatológica para planos de manejos: o parque estadual de intervalos como estudo de caso. In: **Anais: V Simpósio Latinoamericano de Geografia Física**, 2008. V SLAGEF, 2008.

SIQUEIRA, A. H. B; MOLION, L. C. B. Impactos dos ENSO no Norte e Nordeste brasileiro e sua relação com a Oscilação Decadal do Pacífico. In: XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2006, Florianópolis. **Anais...** Sociedade Brasileira de Meteorologia.

SANTIS, D. G. D. **Impactos de inundações em áreas urbanas: o caso de Francisco Beltrão - PR**. 2000. Dissertação (mestrado em geografia). Universidade Federal do Paraná. 2000.

SILVA, D. F; KAYANO, M. T; GALVÍNIO, J. D. Influência da variabilidade decenal sobre a precipitação do alto São Francisco - MG. 2009. **Anais...Congresso Brasileiro de Meteorologia**. Disponível em: [http://mtc-m19.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m19%4080/2009/11.03.18.08/doc/SIC3\\_silva%20et%20a11.pdf](http://mtc-m19.sid.inpe.br/col/sid.inpe.br/mtc-m19%4080/2009/11.03.18.08/doc/SIC3_silva%20et%20a11.pdf). Acesso: 20 nov. 2011.

SILVA, D. F; ARAÚJO, L. E; SOUZA, W. S. SOUZA, F. A. **Relação entre PDO e eventos de ENOS em Maceió (AL)**. Disponível em: <http://www.cbmet.com/cbm-files/14-b5d93ecd7e77dcc24b0d55a0411751c.pdf>. Acesso 30 abr. 2010.

SILVA, L. F. **Precipitação do norte do Nordeste Brasileiro e padrões de temperatura da superfície e pressão ao nível do mar: relações com as fases do El Niño/Oscilação Sul e Oscilação Decadal do Pacífico**. 2006. Dissertação (Mestrado em Meteorologia). CPTEC/INPE. São José dos Campos.

SILVA, T. I; RODRIGUES, S. C. **Tutorial de cartografia geomorfológica**. Instituto de Geografia, UFU. Uberlândia, 2008. Disponível em: <http://www.rga.ggf.br/tutorialgeo.pdf>. Acesso: 20 jun. 2011.

SILVA, M, G, A, J; SILVA DIAS, M. A. F. Para entender tempo e clima. In: CAVALCANTI, I, F. A; FERREIRA, N. J; SILVA, M, G, A, J; DIAS, M. A. F. S (Orgs). **Tempo e clima no Brasil**. Oficina de Textos. 2009.

SILVA, G. A. M. DA ; DRUMOND, A.; AMBRIZZI, T . The impact of El Niño on South American summer climate during different phases of the Pacific Decadal Oscillation. **Theoretical and Applied Climatology**, v. 36, p. 100-120, 2011.

SILVA DIAS, M. A. F. S; Complexos convectivos de mesoescala sobre o sul do Brasil. **Climanálise** (Edição Comemorativa de 10 anos), 1996, p. 173-182.

SISDC. Sistema Integrado da Defesa Civil do Paraná. Coordenadoria estadual da defesa civil. Casa Militar. **Ocorrências de desastres**. Disponível em: [http://www4.pr.gov.br/sdc/publico/lis\\_ocorrenciapublica.jsp](http://www4.pr.gov.br/sdc/publico/lis_ocorrenciapublica.jsp). Acesso: 20 abr. 2012

\_\_\_\_\_. Sistema Integrado da Defesa Civil do Paraná. Coordenadoria estadual da defesa civil. Casa Militar. Ministério do planejamento e orçamento. **Glossário de defesa civil estudos de riscos e medicina de desastres**. Secretaria especial de políticas regionais. Departamento de defesa civil. 2 ed. Disponível em: <http://www.defesacivil.pr.gov.br/arquivos/File/publicacoes/glossario.doc>. Acesso: 22 abr. 2013.

SOUZA, M. J. L. O território: sobre espaço e poder, autonomia e desenvolvimento. In: CASTRO, I. E (Orgs). **Geografia: conceitos e temas**. 3 ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2001, p. 77-116.

SOUZA, P. **Estudo da variabilidade da precipitação no estado do Paraná associado à anomalia da TSM no Oceano Pacífico**. Dissertação de Mestrado. Maringá, 2006.

\_\_\_\_\_; NERY, J. T. Análise da variabilidade anual e interanual da precipitação pluviométrica da região de Manuel Ribas, Estado do Paraná. **Acta Scientiarum**. Maringá, v. 24, n. 6, 2002, p. 1707-1713.

SOUSA, A. J. DA S; FERREIRA, E. A; SOUSA, J. R. A; ROLIM, P. A. M. A Oscilação Decadal do Pacífico e sua influência na precipitação de Goiânia – GO 2010.

SPERLING, V; FERNANDES, V; MARQUES, J. R. **Relação entre a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP) e a precipitação de verão no Rio Grande do Sul**. Disponível em: [http://www.ufpel.edu.br/cic/2009/cd/pdf/CE/CE\\_01193.pdf](http://www.ufpel.edu.br/cic/2009/cd/pdf/CE/CE_01193.pdf). Acesso: 15 mai. 2009

STEINKE, E. T. **Considerações sobre variabilidade e mudança climática no distrito federal, suas repercussões nos recursos hídricos e informação ao grande público**. Tese de Doutorado. Universidade de Brasília. Instituto de Biologia. Departamento de Ecologia. 2004.

SUERTEGARAY, D. M. A. **Geografia e interdisciplinaridade**. Espaço geográfico: interface natureza e sociedade. Disponível em: <http://www.periodicos.ufsc.br/index.php/geosul/article/viewFile/13601/12468>. Acesso: 12 nov. 2010

TANAKA, H. L.; ISHIZAKI, N.; KITO, A. Trend and interannual variability of Walker, monsoon and Hadley circulations defined by velocity potential in the upper troposphere. **Tellus**. v. 56A, n. 3, 2004, p. 250-269.

TRENBERTH, K. E; The Definition of El Niño. **Bulletin American of Meteorology Society**, n. 78, 1997, p. 2771 - 2777.

\_\_\_\_\_; STEPANIAK, D. P. Indices of El Niño evolution. **Journal of climate**, n. 14, 2000, p. 1697-1701.

TROPPEMAYER, H. Perfil fitoecológico do Estado do Paraná. **Boletim de Geografia**. Maringá. UEM, v. 8, n. 1. 1990, p. 67-81.

VANHONI, F; MENDONÇA. F. O clima do litoral do estado do Paraná. *Revista Brasileira de Climatologia*, Vol. 3 (2008)

VEYRET, Y. Os riscos. O homem como agressor e vítima do meio ambiente. São Paulo. Contexto, 2007.

VIANELLO, R. L; ALVES, A. R. **Meteorologia básica e aplicações**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1991.

WALKER, G. T; E. M. BLISS, World Weather V. **Memoires of Royal Meteorological Society**, v. 4, v. 39. 1932, p. 119 - 139.

WANG, C. Atmospheric circulation cells associated with the El Niño - Southern Oscillation. **Journal of Climate**, v. 15, p. 399 – 419, feb. 2002a.



WAINER, I. **O Papel do Oceano Atlântico no Clima.** Disponível em: [http://oc2.io.usp.br/index.php?option=com\\_content;view=article;id=13:o-papel-do-oceano-atlantico-no-clima;catid=42:pesquisa;Itemid=30](http://oc2.io.usp.br/index.php?option=com_content;view=article;id=13:o-papel-do-oceano-atlantico-no-clima;catid=42:pesquisa;Itemid=30). Acesso: 15 mai. 2009.

WU, L; LIU, Z.; GALLIMORE, R.; JACOB, R. LEE, , D; ZHONG, Y., Pacific decadal variability: the Tropical Pacific Mode and the North Pacific Mode. **Journal of Climate**, 2003: 1101-1120.

XAVIER, T. M. B. S.; XAVIER, A. F. S. A ODP “Oscilação Decadal do Pacífico” (PDO- Pacific Decadal Oscillation”) e eventos no Atlântico Intertropical e no Nordeste Setentrional do Brasil. **Anais...** Congresso Brasileiro de Meteorologia. Disponível em: [www.cbmet.com/cbm-files/22-fd48270b9ca0df5c7442c4b5c6074751.doc](http://www.cbmet.com/cbm-files/22-fd48270b9ca0df5c7442c4b5c6074751.doc). Acesso: 20 abr. 2009.

XAVIER, T. de M. B. S. SILVA, M. E. S. **Estatística aplicada à climatologia.** Apostila para mini curso II do IX Simpósio de Brasileiro de Climatologia Geográfica. Fortaleza. 2010.

ZANELLA, M. A. **Inundações Urbanas em Curitiba/PR:** impactos, riscos e vulnerabilidade socioambiental no Bairro Cajuru. Tese de Doutorado. Meio Ambiente e Desenvolvimento - UFPR, 2006.

ZAVATTINI, J. A; BOIN, M. R. O clima na bacia do rio Paranapanema: os reservatórios de Canoas I e II. **Anais...** 8º Simpósio de Brasileiro de Climatologia Geográfica. Alto Caparaó. UFU. 2008, p.1-18.

ZHANG, Y.; WALLACE, J. M.; BATTIST, D. ENSO-like interdecadal variability: 1900-93. **Journal of Climate**, v. 10, n. 5, p. 1004-1020, May. 1997.