



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS**  
**INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS E LETRAS**  
**DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA**  
**CURSO DE MESTRADO EM GEOGRAFIA**

---

# **AS INCURSÕES DE AR FRIO NO ESTADO DO AMAZONAS**

**IVAN LINHARES RIBEIRO**

**MANAUS – AM**

**2012**

# **AS INCURSÕES DE AR FRIO NO ESTADO DO AMAZONAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Amazonas como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Geografia.

Ivan Linhares Ribeiro

Orientadora: Prof. Dra. Jaci Maria Bilhalva Saraiva

**MANAUS-AM**

**2012**

Ficha Catalográfica  
(Catalogação realizada pela Biblioteca Central da UFAM)

	Ribeiro, Ivan Linhares
R484i	As incursões de ar frio no estado do Amazonas / Ivan Linhares Ribeiro. - Manaus: UFAM, 2012. 88 f.; il. color.  Dissertação (Mestrado em Geografia) — Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2012. Orientadora: Prof <sup>ª</sup> . Dra. Jaci Maria Bilhalva Saraiva  1. Incursões de ar frio 2. Clima – Amazonas (Estado) 3. Variações climáticas – Amazonas (Estado) I. Saraiva, Jaci Maria Bilhalva (Orient.) II. Universidade Federal do Amazonas III. Título  CDU (2007): 551.583(811.3)(043.3)

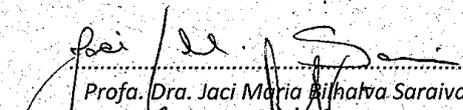
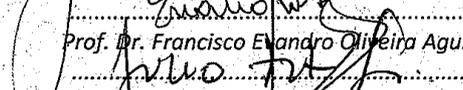
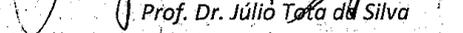
**AS INCURSÕES DE AR FRIO NO ESTADO DO AMAZONAS**

**Ivan Linhares Ribeiro**



DISSERTAÇÃO DE MESTRADO SUBMETIDA À BANCA EXAMINADORA DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM GEOGRAFIA/MESTRADO EM GEOGRAFIA DO INSTITUTO DE CIÊNCIAS HUMANAS E LETRAS DA UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS COMO PARTE DOS REQUISITOS NECESSÁRIOS PARA OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM GEOGRAFIA.

Assinada por:

  
Prof. Dra. Jaci Maria Bilhalva Saraiva  
  
Prof. Dr. Francisco Evandro Oliveira Aguiar  
  
Prof. Dr. Júlio Tota da Silva

A  
A  
A

**MANAUS, AM – BRASIL**

**ABRIL DE 2012**

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus que me deu a oportunidade de viver e trilhar o caminho da pesquisa.

Aos meus pais José Milton Ribeiro e Ivete Helena Linhares Ribeiro, que sempre estavam presentes em minha vida, apesar da distância física.

À minha irmã Lívia Linhares Ribeiro, pelo carinho e apoio emocional.

Ao meu amigo-irmão Ian Marins Seixas, pela amizade e apoio diário.

À Universidade Federal do Amazonas, que me possibilitou estudar a Geografia fascinante do estado do Amazonas.

A minha orientadora e amiga Professora Doutora Jaci Maria Bilhalva Saraiva, pela grande contribuição intelectual e emocional durante o desenvolvimento da dissertação.

Ao Professor Doutor Francisco Evandro Aguiar, pela base intelectual e grandes contribuições sugeridas no desenvolvimento do trabalho.

Ao Professor Doutor Eduardo da Silva Pinheiro, pelas contribuições fundamentais no desenvolvimento do trabalho.

Ao Professor Doutor David Adams, pela disponibilidade de tempo e apoio intelectual.

Ao Professor Doutor Julio Tota da Silva, por compor a banca pelas contribuições no trabalho.

A agência financiadora Coordenação de Aperfeiçoamento de Nível Superior - CAPES pela bolsa que me disponibilizou durante o período de 2009 à 2011.

Ao Instituto Nacional de Meteorologia(INMET), por ter disponibilizado dados indispensáveis à essa pesquisa.

Ao SIPAM – Belém e aos colegas meteorologistas, pelo apoio intelectual e pela amizade durante a minha estadia em Belém no ano de 2010.

Aos amazonenses, que me acolheram tão bem nesse período.

A todos os professores, funcionários e amigos do Departamento de Geografia, pela amizade e apoio intelectual.

Meus sinceros agradecimentos.

## RESUMO

O estado do Amazonas é atingido anualmente pelas incursões de ar frio durante inverno austral. Essas massas de ar frio de origem polar, localmente conhecidas por friagens, ocasionam quedas bruscas de temperatura do ar. No presente trabalho foram analisados os 14 casos de friagem ocorridos no estado do Amazonas durante o período de 2000 a 2010 com dados de temperatura mínima do Instituto Nacional de Meteorologia. Dados do modelo numérico (NCEP/NCAR) foram utilizados para fazer a simulação das condições sinóticas e dinâmicas que antecederam evento de Julho de 2010, o mais intenso do período estudado, que apresentou temperaturas de 11.8°C no sudoeste do estado e 16°C em Iauaretê, já no hemisfério norte. A população dos estudantes das cidades do sudoeste do Amazonas, em sua maioria, não sofre impactos negativos com as incursões de ar frio. Porém, a partir da análise de dados da Secretaria Estadual de Produção Rural (SEPROR), verifica-se que a produção de peixes pode ser seriamente afetada com eventos intensos de friagem, caindo a produção, gerando prejuízos para piscicultores e conseqüentemente para a economia do Amazonas.

**Palavras-Chaves:** Amazônia, Amazonas, friagens e impactos sociais.

## **ABSTRACT**

The state of Amazonas is reached annually by the incursions of cold air during austral winter. These cold air masses of polar origin, locally known as friagens, cause sudden drops in air temperature. In this study we analyzed 14 cases of chills occurred in the state of Amazonas during the period 2000 to 2010 with minimum temperature, the National Institute of Meteorology. Data from the numerical model (NCEP / NCAR) were used to simulate the dynamic and synoptic conditions leading event in July 2010, the most intense period of study, which showed temperatures of 11.8 °C in the southwest of the state and 16 °C in Iauaretê, as in the northern hemisphere. The population of students from the cities of southwestern Amazon, mostly suffers no adverse impacts to the incursions of cold air. However, from analysis of data from the state Department of Rural Production (Sepror), it appears that fish production can be seriously affected events with intense cold, falling production, causing losses to fish farmers and thus for the Amazonas economy .

**Key-words:** Amazon, Amazonas, friagens, social impacts.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1 JUSTIFICATIVA.....	14
1.2 OBJETIVO.....	14
1.2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	14
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	15
2.1 OS SISTEMAS FRONTAIS.....	15
2.2 AS INCURSÕES DE AR FRIO NA AMÉRICA DO SUL.....	15
2.3 OS FENÔMENOS EL NIÑO E LA NIÑA.....	25
3.MATERIAL E MÉTODOS.....	28
3.1 ÁREA DE ESTUDO.....	28
3.1.1 O ESTADO DO AMAZONAS.....	28
3.1.2 A BACIA DO RIO AMAZONAS.....	28
3.1.3 A BACIA DO RIO NEGRO.....	30
3.1.4 A BACIA DO RIO MADEIRA.....	32
3.1.5 A BACIA DO RIO JURUÁ.....	33
3.1.6 A BACIA DO RIO PURUS.....	34

3.1.7 AS CIDADES DO AMAZONAS AFETADAS PELOS EVENTOS DE FRIAGEM .....	34
3.2 DADOS.....	39
3.2.1 DADOS OBSERVADOS.....	39
3.2.2 DADOS DE MODELO NUMÉRICO.....	40
3.2.3 DADOS DE PRODUÇÃO RURAL.....	41
3.2.4 DADOS DE MÍDIA.....	41
3.3 QUESTIONÁRIOS.....	41
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
4.1 IDENTIFICAÇÃO DA OCORRÊNCIA DE FRIAGENS NO ESTADO DO AMAZONAS ENTRE OS ANOS 2000 E 2010.....	43
4.2 ESTUDO DE CASO: O GRANDE EVENTO DE FRIAGEM DE JULHO DE 2010 .....	52
4.2.1 ANÁLISE DAS TEMPERATURAS DURANTE O EVENTO DE FRIAGEM.....	53
4.2.2 ANÁLISE DA ALTURA GEOPOTENCIAL EM 1000 HPA E 500 HPA.....	56
5. OS IMPACTOS DAS FRIAGENS NAS CIDADES DO SUDOESTE DO AMAZONAS.....	61
5.1 ANÁLISE DOS IMPACTOS UTILIZANDO DADOS DE PRODUÇÃO RURAL – SEPROR.....	63

5.2 ANÁLISE DOS IMPACTOS DA FRIAGEM ATRAVÉS DA PERCEPÇÃO DA POPULAÇÃO NAS CIDADES DO SUDOESTE DO AMAZONAS: OS CASOS DE EIRUNEPÉ E ENVIRA.....	66
5.2.1 O IMPACTO DOS EVENTOS DE FRIAGEM NA CIDADE DE EIRUNEPÉ-AM .....	66
5.2.2 O IMPACTO DOS EVENTOS DE FRIAGEM NA CIDADE DE ENVIRA-AM .....	73
5.3 A REPERCURSÃO DOS EVENTOS DE FRIAGEM NA MÍDIA AMAZONENSE .....	79
5.3.1 JORNAL A CRITICA.....	79
5.3.2 INTERNET .....	79
6. CONCLUSÕES.....	82
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	84

## LISTA DE FIGURAS E TABELAS

<b>FIGURA 1</b> Posição da Frente Fria entre os dias 17 e 22 de Julho de 1957.....	16
<b>FIGURA 2</b> Modelo conceitual para invasões de ar frio sobre a América do Sul .....	20
<b>FIGURA 3</b> Gráfico mostrando os números de internações por Pneumonia na cidade de Puerto Maldonado – Peru, no ano de 2010.....	24
<b>FIGURA 4</b> Mapa do estado do Amazonas.....	28
<b>FIGURA 5</b> Gráfico mostrando as temperaturas mínimas nos municípios de Eirunepé, Benjamin Constant e Iauaretê (São Gabriela da Cachoeira) durante o mês de Julho de 2010.....	53
<b>FIGURA 6</b> Temperatura (°C) em Superfície e escoamento do vento (m/s) entre os dias 15 e 18 de Julho de 2010 às 12UTC .....	54
<b>FIGURA 7:</b> Imagem do Satélite Goes-12 (visível) no dia 20 de Julho de 2010 para as 16UTC (12h local). Fica claramente visível a diminuição da atividade convectiva para o estado do Amazonas devido à incursão do ar frio.....	55
<b>FIGURA 8</b> Altura geopotencial em 1000 hPa entre os dia 15 e 18 de Julho de 2010 às 12UTC.....	56
<b>FIGURA 9</b> Pressão atmosférica em 1000 hPa durante o eventos de friagem de Julho de 2010.....	57
<b>FIGURA 10</b> Altura geopotencial em 500 hPa durante o evento de friagem de Julho de 2010.....	58
<b>FIGURA 11</b> Comparação da espessura geopotencial em 1000 hPa entre os eventos de friagem de Maio de 1979 (Fourtune & Kousky, 1983) e o de Julho de 2010.....	59
<b>FIGURA 12</b> Comparação da espessura geopotencial em 500 hPa entre os eventos de friagem de Maio de 1979 (Fourtune & Kousky, 1983) e o de Julho de 2010.....	60
<b>FIGURA 13:</b> Mapas das temperaturas mínimas e de intensidades dos eventos de friagem de 2000 e 2010. Dados: INMET.....	62

<b>TABELA 1</b> Estações meteorológicas do INMET 1º Distrito Meteorológico,- estado do Amazonas utilizadas neste estudo.....	40
<b>TABELA 2</b> Cidades atingidas pelo evento de friagem no ano 2000. Dados.....	44
<b>TABELA 3</b> Cidades atingidas pelo evento de friagem no ano 2001. ....	45
<b>TABELA 4</b> Cidade atingida pelo evento de friagem no ano 2002.....	46
<b>TABELA 5</b> Cidades atingidas pelo evento de friagem em Agosto de 2003.....	46
<b>TABELA 6</b> Cidades atingidas pelo evento de friagem em Setembro de 2003.....	47
<b>TABELA 7</b> Cidades atingidas pelo evento de friagem no ano 2004.....	47
<b>TABELA 8</b> Cidades atingidas pelo evento de friagem em Julho de 2005.....	48
<b>TABELA 9</b> Cidades atingidas pelo evento de friagem em setembro 2005.....	49
<b>TABELA 10</b> Cidades atingidas pelo evento de friagem em setembro 2005.....	49
<b>TABELA 11</b> Cidades atingidas pelo evento de friagem no ano 2006.....	50
<b>TABELA 12</b> Cidades atingidas pelo evento de friagem no ano 2007.....	50
<b>TABELA 13</b> Cidades atingidas pelo evento de friagem no ano 2008.....	51
<b>TABELA 14</b> Cidades atingidas pelo evento de friagem no ano 2009.....	51
<b>TABELA 15</b> Cidades atingidas pelo evento de friagem no ano 2010.....	52
<b>TABELA 16</b> Dados de produção de peixes durante os anos de 2000 a 2009 no Município de Lábrea-AM.....	65

## CAPÍTULO 1

### 1. INTRODUÇÃO

A Amazônia é uma das maiores unidades morfoclimática da Terra, ocupando quase 2/5 da América do sul com os seus quase 7 milhões de quilômetros quadrados.

Por estar localizada numa região equatorial, as taxas de radiação solar e a umidade do ar são elevadas, proporcionando uma vegetação exuberante (Floresta Amazônica) e uma espetacular rede hidrográfica denominada Bacia Amazônica.

O clima da Amazônia, por muitas vezes é classificado e homogeneizado como quente e úmido, porém é necessário fazer uma análise mais complexa do clima da região, levando em consideração as especificidades de cada lugar dessa vasta planície equatorial.

Amazônia Legal ocupa 60% do território brasileiro distribuída em 9 estados brasileiros (Acre, Amazonas, Amapá, Maranhão, Mato Grosso, Pará, Rondônia, Roraima e Tocantins).

O estado do Amazonas é o maior estado brasileiro com mais de 1,5 milhões de quilômetros quadrados e uma população estimada em 3,4 milhões de habitantes distribuída em 62 municípios.

A população amazonense acostumada com as altas temperaturas e a baixa amplitude térmica anual é, por vezes, surpreendida por um fenômeno interessante de abaixamento das temperaturas denominado localmente como friagem. A friagem é a incursão de ar frio, de origem polar, até as áreas de baixas latitudes.

A entrada de ar frio na região amazônica é um fenômeno que ocorre todos os anos na parte sudoeste da região, porém algumas vezes esse ar frio pode ser tão intenso que ultrapassa a linha do equador e chega ao hemisfério norte. Em Julho de 1975 ocorreu uma friagem muito intensa onde foram registradas temperaturas de até 3°C (Instituto Nacional de Meteorologia) em plena Amazônia, causando inclusive geada na parte sudoeste da região (Rondônia).

Esses eventos são comuns entre os meses de maio a setembro, mas ainda não existem estudos sobre os possíveis impactos dessas ondas de frio nas populações das cidades amazônicas brasileiras.

### **1.1 JUSTIFICATIVA**

O estado do Amazonas é atingido anualmente pelos eventos de friagem, porém os impactos que esses eventos trazem para a população foram pouco estudados.

### **1.2 OBJETIVO**

Dessa forma, o objetivo geral do trabalho proposto foi analisar os eventos de friagem que atingiram a região amazônica no período de 2000-2010 e avaliar os possíveis impactos dos mesmos sobre a população Amazônica.

#### **1.2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Identificar os eventos de friagem que atingiram a área de estudo (estado do Amazonas) no período de 2000 a 2010;
- Estabelecer as condições sinóticas e dinâmicas que antecedem tais eventos;
- Avaliar os impactos que os eventos de friagem trazem para as populações das cidades do sudoeste do estado do Amazonas.

## **CAPÍTULO 2**

### **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

#### **2.1 OS SISTEMAS FRONTAIS**

Um sistema frontal clássico é composto por uma frente fria, uma frente quente e um centro de baixa pressão em superfície, denominado ciclone. Classificados na escala meso (200 - 2000 km) de extensão e duração de dias a semanas (ORLANSKI,1975), são os responsáveis por grande parte dos totais pluviométricos registrados na Região Sul do Brasil e mesmo na bacia do Prata (OLIVEIRA, 1986).

Oliveira et al. (2001) definiu a frente como sendo a intersecção da superfície frontal com o nível da superfície, sendo esta intersecção representada nas cartas sinóticas.

Sistemas frontais afetam o Brasil durante todo o ano, atuando principalmente sobre as Regiões Sul e Sudeste e algumas vezes atingindo as latitudes mais baixas nas Regiões Centro-Oeste, Norte e Nordeste. As Regiões Sul e Sudeste do Brasil são consideradas regiões frontogenéticas, onde os sistemas frontais se formam ou intensificam (Satyamurty e Mattos, 1989). Estes sistemas frontais são fenômenos de escala sinótica, sendo que na maioria das vezes estão associados à ocorrência de precipitações.

#### **2.2 AS INCURSÕES DE AR FRIO NA AMÉRICA DO SUL**

A invasão de ar com características polares (frias e secas) é um fenômeno relativamente comum na América do Sul tropical ao longo do ano inteiro. Na Amazônia, a entrada deste ar é conhecida como friagem.

Normalmente, as friagens estão relacionadas ao desenvolvimento de um anticiclone atrás de um sistema frontal que se move para o norte, atingindo a região da Amazônia (Hamilton e Tarifa, 1978). Garreaud (2000) detectou, a partir



a América do Sul, substituindo, por alguns dias, a cobertura típica de nuvens cumuliformes por uma extensa região de cobertura estratiforme no norte da Amazônia. Tal sistema frontal atingiu todo o Norte do Brasil e praticamente toda a região Nordeste, e inibiu a convecção por quase uma semana em todo o Brasil central.

Fisch (1996) delineou as principais alterações na camada limite planetária, decorrentes da incursão de ar frio na região de Ji-Paraná, RO, ocorrida em julho de 1993. Embora de intensidade moderada e provocando pouca precipitação, este evento modificou significativamente a estrutura da camada limite atmosférica, tornando-a menos espessa e mais estável, haja vista que a passagem do sistema acentuou a descontinuidade de temperatura potencial virtual no topo da camada limite, de um valor praticamente nulo para 9K. A direção do vento variou do quadrante norte para sul, como se observa normalmente nestes eventos, e os primeiros dias após a quebra da cobertura de nuvens estratiforme caracterizam-se pelo aumento do fluxo de calor sensível, provavelmente induzido pelo retorno da intensidade de radiação líquida aos valores típicos associados à magnitude ainda baixa de condutância estomática e evapotranspiração.

Marengo et al. (1997) discutiram os impactos provocados pelo evento de 26 de junho de 1994 em diferentes ambientes amazônicos e concluíram que este evento promoveu alterações mais evidentes, tanto em superfície quanto em altitude, em estações mais a sudoeste, mais próximas da cordilheira dos Andes: enquanto que em Ji-Paraná (RO) as mudanças de temperatura, umidade específica e vento foram profundas, em Manaus (AM) e Marabá (PA), no centro e leste da Amazônia, respectivamente, observou-se apenas uma redução do ciclo diurno das variáveis e uma tendência do vento para sul. Além disto, os eventos de friagem afetaram tanto regiões de floresta quanto de pastagem. Normalmente as regiões de floresta são ligeiramente mais frias; contudo, quando há advecção de ar frio e mais seco para a região amazônica, a perda radiativa na região de pastagem supera a da região de floresta, acarretando queda mais significativa de temperatura — entre 0,5 e 2,0°C.

Os trabalhos de Hamilton e Tarifa (1978) e Marengo et al. (1997b) analisam eventos de penetração de ar em baixas latitudes do ponto de vista sinótico e dinâmico. Em ambos os trabalhos, ressalta-se que é necessário haver a

amplificação do conjunto de crista e cavado em altos níveis, que promova advecção de vorticidade anticiclônica a sotavento da cordilheira dos Andes. Tal advecção promove a intensificação do anticiclone em superfície. Também é preciso advecção fria e convergência abaixo do cavado, para que este fortaleça e acarrete uma região favorável ao escoamento de ar de altas latitudes para norte em todo o centro da América do Sul. Este escoamento é canalizado pela cordilheira dos Andes, que tem, portanto, papel fundamental na geração de friagens (GARREAUD, 2000).

Também agem de maneira decisiva as grandes cadeias montanhosas em outras regiões do planeta, como as Montanhas Rochosas, a Serra Madre e o Platô do Tibet, que favorecem o avanço de ar polar para baixas latitudes nas Américas do Norte e Central e na Ásia, respectivamente (VERA e VIGLIAROLO, 2000).

Recentemente, Garreaud (2000) desenvolveu, a partir da re-análise do NCEP-NCAR, uma série de mapas compostos caracterizando, do ponto de vista médio, as condições sinóticas e dinâmicas, tanto em baixos como em altos níveis da troposfera, as situações médias observadas nos dias próximos à ocorrência de friagens tanto na estação mais fria (maio-setembro) quanto na estação mais quente (outubro-abril). Verificou, assim, que as características médias observadas em ambos os períodos são semelhantes, a menos do fato de que no verão as estruturas atmosféricas predominantes em grande escala são menos bem definidas. Ademais, há diferenças nas características do estado básico da atmosfera, como a presença de um cavado térmico no centro do continente e que pode mascarar o avanço do anticiclone para os trópicos, e os máximos gradientes de temperatura associados às ondas baroclínicas, que estão normalmente mais ao sul. Além disso, o fluxo de umidade nos dias precedentes à friagem é mais intenso nos eventos de verão, o que pode explicar a precipitação mais frequente nestes casos.

Estudos de Mattos (2003) revelaram as seguintes características gerais: (1) As frentes frias provenientes do sul ocasionalmente penetram profundamente no continente, ao norte de 10S. (2) As passagens frontais sobre a América do Sul estão associadas com o desenvolvimento de distúrbios baroclínicos na circulação geral do Hemisfério Sul e são influenciadas pela topografia dos Andes. (3) Um centro de alta pressão sobre a Argentina, juntamente com o desenvolvimento

de uma calha ou de um ciclone no Atlântico ao largo da costa da Argentina canalizam forte ventos frios de sul ao longo da costa da Argentina e do Brasil, causando friagem na Amazônia.

Pezza e Ambrizzi (2005) calcularam as trajetórias de ciclone e anticiclone em superfície, a partir do dia -10 ao dia 0, com relação ao dia mais frio em São Paulo, classificaram as ondas de frio em extrema, forte, moderada e fraca, e descobriram que a maioria dos eventos de frio em São Paulo pode ser rastreada até nove dias antes da ocorrência.

O entendimento sobre os processos vinculados a entrada de massas de ar frio sobre a AS são de extrema importância, pois podem gerar fortes crises no tocante da saúde pública e significativas perdas econômicas, principalmente do ponto de vista agrícola (GARREAUD, 2000; LUPO et al., 2001 e BEU E AMBRIZZI, 2004). Geadas, associada a essas penetrações, provocam perdas irreversíveis nas lavouras (MARENGO et al., 1997, citado por VERA et al. , 2002). Os danos à lavoura de café, causados pela friagem intensa de julho de 1975 (GIRARDI, 1983), foram tão grandes que o Brasil perdeu a liderança de exportação desse produto naquela época.

Durante o inverno, o sul da Amazônia sofre forte influência de frentes frias que ocasionam bruscas alterações nas condições meteorológicas, causando uma diminuição da temperatura e umidade do ar e modificando as características ambientais. Esse fenômeno é conhecido localmente como “friagem” (FISCH, 1995). Trabalhos anteriores descreveram friagem como sendo uma forte entrada de ar frio vindo do sul, o qual penetra dentro dos trópicos e afeta a Amazônia (SERRA e RASTIBONA, 1941).

Garreaud (2000) fez uma climatologia, utilizando uma série contendo 17 anos de dados, onde descreveu a estrutura média e dinâmica das ondas de frio, para o inverno e verão. Poucas flutuações na temperatura e pressão foram encontradas nos episódios de verão. Contudo, a entrada de ondas de frio, nessa estação, tem sido relacionada com bandas de aumento da convecção e precipitação. Quedas de temperatura são comumente observadas durante os eventos de inverno, podendo ocorrer geadas.

O modelo conceitual proposto por Garreaud (2000) explica como ocorre a incursão de ar frio na AS (Figura 2). Ela mostra um vento geostrófico de sul, entre a alta e a baixa célula de pressão, produzindo resfriamento em baixos níveis ao longo da costa leste da AS e mais para norte do continente, abaixo de 25°S. Estudos de surgimento de frio têm um maior impacto sobre o lado leste do continente, sendo enfatizado o rápido desenvolvimento de um ciclone à superfície sobre o Atlântico sudoeste. Nesses casos, o fluxo de sul, ao longo do flanco oeste da baixa, produz forte advecção fria sobre o centro da

Argentina e o sul do Brasil. Contudo, o fluxo de baixos níveis é totalmente bloqueado pelos Andes subtropicais, principalmente para ageostrófico, fluxo paralelo ao terreno e represando o ar frio. O ar frio move-se, então, até baixas latitudes

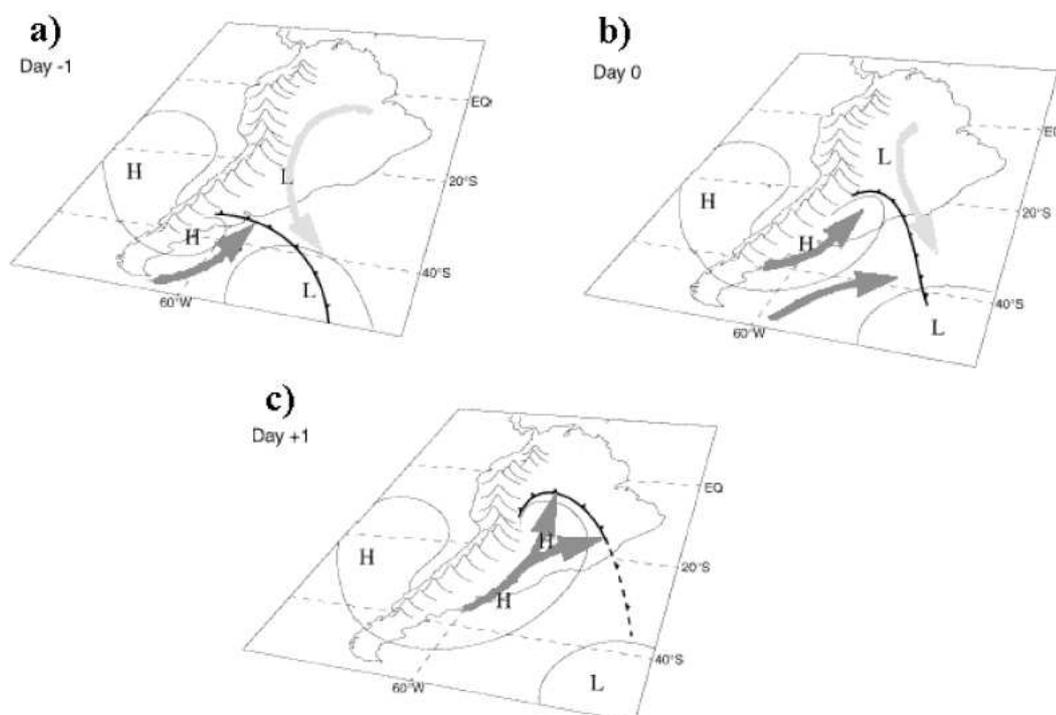


Figura 2: Modelo conceitual para invasões de ar frio sobre a América do Sul.  
Fonte: Adaptada de Garreaud (2000).

Fortes ocorrências de ondas de frio resultam da interação entre uma perturbação ciclônica que se propaga meridionalmente para o equador e uma perturbação ciclônica em altos níveis em direção leste, localizada em latitudes subtropicais. Atrás das frentes frias, o ar frio é forçado a fluir em direção ao equador pelo leste dos Andes (VERA E VIGLIAROLO, 2000).

Uma climatologia das ondas de frio, de 1992 a 1996, foi elaborada por Lupo *et al.* (2001), concluindo que as ondas de frio são mais comuns durante o inverno e a primavera (74% dos casos). Estão associadas com a ocorrência de fortes anticiclones e a passagem de ciclones em superfície, podendo penetrar profundamente no continente sul-americano, as ondas de frio atingem latitudes subtropicais e, eventualmente, até tropicais. Dinamicamente, esses eventos estão associados à advecção da temperatura e vorticidade.

Beu e Ambrizzi (2004) estudaram dois casos para a primavera de 2002, concluindo que a presença e posicionamento de ondas de escala sinótica foram determinantes para as alterações do ambiente em latitudes subtropicais e tropicais, decorrentes da atuação do par ciclone/anticiclone na AS. Além disso, a intensidade do ciclone não é fundamental para a ocorrência de friagens. Todos os estudos, apresentados nesses trabalhos, dão como resultado, para uma onda de frio, a atuação de um par ciclone frontal e anticiclone pós-frontal.

Baseando-se em vários estudos, foi apresentada uma síntese sobre a atuação de frentes e incursões de ar frio na região tropical da AS:

- Parmenter (1976) observou um vórtice frontal bem definido localizado na costa do Chile. Dois dias após, surge à intensificação de um máximo secundário de vorticidade ao longo da costa sul do Atlântico;
- Virji e Kousky (1983) mostraram uma situação de bloqueio ocorrendo em médias e altas latitudes na faixa latitudinal do Brasil. O campo de linha de corrente apresentou um fluxo dividido sobre o leste do Pacífico, com a parte norte do fluxo passando sobre o norte do Chile e centro do Brasil e a parte sul passando sobre o sul da AS, verificando-se velocidades acima de 40 m/s. O fluxo do tipo onda parece ter sido fundamental para penetração do ar frio para região tropical;
- Oliveira (1986) identificou a presença de um cavado em 200 e 850 hPa com inclinação horizontal para noroeste;
- Vera e Vigliarolo (2000) observaram uma fraca perturbação ciclônica em baixos níveis (850 hPa) se propagando para norte-nordeste a sotavento dos

Andes e uma perturbação ciclônica em altos níveis (300 hPa) se movendo para leste sobre os Andes. Foi identificada a interação entre uma perturbação ciclônica na parte central do continente e um ciclone extratropical localizado no Atlântico sul;

– Para Garreaud (2000), a circulação de grande escala em médios níveis é caracterizada por uma onda longa em latitudes médias, com um cume imediatamente para oeste dos Andes. Corrente abaixo, passa sobre o leste da AS e o sudeste do Atlântico, exibindo uma amplificação antes e durante o estágio maduro da incursão de ar frio;

– Lupo *et al.* (2001) determinaram que a advecção de ar frio em 850 hPa e advecção de vorticidade potencial positiva no noroeste da Argentina são fatores importantíssimos;

– Para Beu e Ambrizzi (2004), a presença e o posicionamento de ondas de escala sinótica foi um dos fatores determinantes para as alterações do ambiente em latitudes subtropicais e tropicais decorrente da atuação do par ciclone-anticiclone na AS. Observaram um amplo cavado e um extenso núcleo de vorticidade ciclônica sobre o Oceano Pacífico, em 500 hPa. Com o deslocamento desse cavado para leste, a América do Sul fica sobre a influência de uma componente de ventos de sul.

– Mattos (2010) analisou as características da pressão ao nível médio do mar (ps) e da espessura de altura geopotencial entre 1000 e 500 hPa (esp) associadas aos dezoito casos mais intensos de friagem na Amazônia no período 1979-2005 para até nove dias antes dos eventos. O estudo revelou interessantes características comuns, permitindo assim a construção de campos compostos representativos dos eventos. O desenvolvimento e a progressão para leste-nordeste (~ 6,5 ° longitude por dia) das perturbações baroclínicas de latitudes médias responsáveis pela friagem à superfície, associadas às características de fluxo de troposfera média, durante o período de 9 dias foram descritas. O centro de alta pressão, ao lado da Cordilheira dos Andes no sul da Argentina, avança rapidamente para a região em torno do Paraguai, nos dias -2 e -1. Um centro de baixa pressão no Atlântico ao largo da Argentina se move lentamente para sudeste. No dia -1, intenso

gradiente de ps, advecta ar frio pela América do Sul, fazendo com que a friagem chegue a Amazônia. A intensificação e propagação de ondas de sudoeste para nordeste na região em torno do sul da América do Sul são claramente visto no campo de esp do dia -4 ao dia -1. A anomalia de ps indica a evolução da friagem, por prazos mais longos do que o de ps. Um bom monitoramento desses diagnósticos pode sinalizar a ocorrência de uma forte friagem na Amazônia com os prazos da ordem de 72 horas.

Quispe (2005) realizou um trabalho a partir da análise de informações históricas das temperaturas mínimas do ar da estação meteorológica da cidade de Puerto Maldonado (selva sul peruana), a análise comparou os eventos de friagem ocorridas entre 1966 e 2000, foi observado um tipo de variabilidade interdecadal, ele encontrou uma maior frequência de ocorrência de grandes ondas de frio em períodos de 20 anos, enquanto a ocorrência de eventos intensos ocorreram numa frequência entre 4 e 6 anos. Durante o período analisado o autor encontrou uma porcentagem de 5% para temperaturas abaixo de  $7.1^{\circ}\text{C}$ , considerado um evento de intensidade muito forte.

Sancho (2001) descreveu a evolução dos eventos de friagem que ocorreram no ano de 2000, na Amazônia peruana. Foram registrados 10 casos nesse ano, dos quais quatro ocorreram no mês de julho. A intensidade da friagem esteve entre as mais severas, segundo uma escala proposta por Marengo (1984), para a estação meteorológica de Puerto Maldonado se registrou uma temperatura mínima de  $8.3^{\circ}\text{C}$  no dia 12 de julho de 2000, onde normalmente a temperatura oscila entre 19 e  $21^{\circ}\text{C}$ . Valores similares se observaram nas localidades próximas à cidade na região da selva. Segundo o autor, é importante realiza um estudo sobre os impactos que esses eventos causas na agricultura e a partir daí tomar medidas de prevenção.

Roldán (2005) realizou uma análise física da estrutura vertical da troposfera, antes, durante e depois do evento de Friagem, ocorrida entre 8 e 13 de julho do ano de 2000, utilizando as saídas do Modelo Global do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC). O evento se inicia com uma intensa perturbação meridional na alta atmosfera como consequência da intensificação da corrente de jato, configurando-se uma profunda vanguarda que advectou vorticidade negativa

para a superfície dois dias antes do dia mais frio, gerando ciclogênese. A configuração e intensidade da APS, favoreceu advecção fria, canalizando o ar de origem polar para o flanco sul-oriental dos Andes. O autor mostrou que um impacto importante de caráter social da friagem ocorre na saúde da população amazônica, especialmente nas crianças e nos idosos. A queda brusca das temperaturas é um dos fatores determinantes para o desenvolvimento de infecções respiratórias agudas, provocando em alguns casos a morte. No mês de julho, o número de casos de pneumonia, foi ao redor de 200 (Figura 3). De acordo um relatório escrito Segundo o reporte anual do Hospital Central de Madre de Dios, em Puerto Maldonado – Peru, sobre o comportamento de casos de pneumonia durante o ano de 2000.

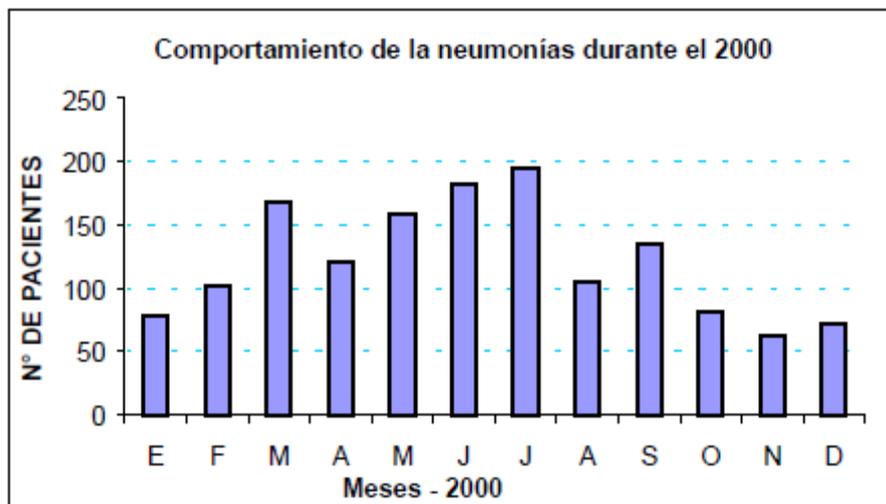


Figura 3: Gráfico mostrando os números de internações por Pneumonia na cidade de Puerto Maldonado – Peru, no ano de 2010. Fonte: Roldán 2005

Em nível sazonal, no inverno, os eventos que produzem geadas no Sul e Sudeste do Brasil podem esfriar a Amazônia, com quedas significativas na temperatura do ar. Em junho de 1997, uma geada levou a perda de 70% da produção de café no Paraná e a brusca queda de temperatura na Amazônia do oeste, chegando a 11°C em Rio Branco. Tais eventos são mais comuns de maio a

setembro, mais ainda não foram estimados os possíveis impactos dessas ondas de frio na população ou nos ecossistemas amazônicos (MARENGO e NOBRE, 2009).

### **2.3 OS FENÔMENOS EL NIÑO E LA NIÑA**

*El Niño e La Niña* são oscilações normais, previsíveis das temperaturas da superfície do mar, nas quais o homem não pode interferir. São fenômenos naturais, variações normais do sistema climático da Terra, que existem há milhares de anos e continuarão existindo (Oliveira *et al*, 1998).

O fenômeno El Niño é caracterizado pelo aquecimento anômalo das águas superficiais do Pacífico Equatorial Oriental e Central. As anomalias de temperatura são de 3° a 5° C, próximo à costa da América do Sul (Oliveira e Satyamurty, 1998).

A região em que ocorrem estas anomalias é estreita e comprida, com largura de cerca de 10° de latitude ao longo do Equador, desde a costa do Peru, até 180° de longitude no Pacífico Central é denominada Niño 3. As variações da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) nesta região têm alta correlação com os parâmetros atmosféricos sobre o Brasil (Oliveira e Satyamurty, 1998).

O fenômeno *La Niña*, ou episódio frio do Oceano Pacífico, é o resfriamento anômalo das águas superficiais no Oceano Pacífico Equatorial Central e Oriental. De modo geral, pode-se dizer que La Niña é o oposto do El Niño, pois as temperaturas habituais da água do mar à superfície nesta região situam-se em torno de 25° C, ao passo que, durante o episódio La Niña, tais temperaturas diminuem para cerca de 22° a 23° C. As águas mais frias estendem-se por uma estreita faixa, com largura de cerca de 10 graus de latitude ao longo do equador, desde a costa Peruana, até aproximadamente 180 graus de longitude no Pacífico Central. Assim como o El Niño, La Niña também pode variar em intensidade. Um exemplo dessa variação é o intenso episódio La Niña ocorrido em 1988/89, comparado ao episódio mais fraco de 1995/96. Outros nomes como “El Viejo” ou “anti-El Niño” também foram usados para se referir a este resfriamento, mas o termo La Niña ganhou mais popularidade (MARENGO e OLIVEIRA, 1998).

Os principais efeitos de episódios do La Niña observados sobre o Brasil são (CPTEC 1998):

- passagens rápidas de frentes frias sobre a Região Sul, com tendência de diminuição da precipitação nos meses de setembro a fevereiro, principalmente no Rio Grande do Sul, além do centro-nordeste da Argentina e Uruguai;
- temperaturas próximas da média climatológica ou ligeiramente abaixo da média sobre a Região Sudeste, durante o inverno;
- chegada das frentes frias até a Região Nordeste, principalmente no litoral da Bahia, Sergipe e Alagoas;
- tendência de chuvas abundantes no norte e leste da Amazônia;
- possibilidade de chuvas acima da média sobre a região semi-árida do Nordeste do Brasil. Essas chuvas só ocorrem, se simultaneamente ao La Niña, as condições atmosféricas e oceânicas sobre o Oceano Atlântico mostrarem-se favoráveis, isto é, com TSM acima da média no Atlântico Tropical Sul e abaixo da média no Atlântico Tropical Norte.

Pedrotti (2002) realizou um trabalho com base nos resultados obtidos durante o estudo climatológico das ocorrências de geadas em associação aos eventos El Niño (EN) e La Niña (LN) ocorridos em um período de 36 anos (1963-1998) na região de Pelotas/RS, concluindo que:

- Nos meses de junho o valor médio do número de dias com geada apresentou valor *abaixo* da normal climatológica e o valor médio da temperatura média das mínimas foi *acima* da normal climatológica, isto evidencia uma associação de EN com menor número de geadas. Entretanto, para os meses de julho, esta associação não se torna evidente, pois o valor médio do número de dias com geada foi *acima* da normal climatológica e o valor médio da temperatura média das mínimas foi aproximadamente *igual* a normal climatológica;
- Nos meses de junho e julho os valores médios dos números de dias com geada apresentaram valores *acima* da normal climatológica e os valores médios das temperaturas médias das mínimas foram *abaixo* da normal climatológica. Este resultado mostra indícios de que existem possibilidades de uma associação de LN com um maior número de geadas;
- Ambos os episódios, durante período de 36 anos (período: 1963-1998), apresentaram no mês de julho número de ocorrências de geada *acima* da normal climatológica, por este motivo não foram constatadas diferenças significativas entre

a análise do número de casos de geadas e temperatura média das mínimas associados a episódios de EN e L N, no mês de julho. Este resultado difere do encontrado por Muller e Berri (1998) que concluíram que anomalias positivas (negativas) das TSM está associado com menor (maior) número de geadas;

- Na análise dos fenômenos EN foi observado que em dois eventos (1972/73 e 1997/98) houve, em determinado período de tempo da intensificação do fenômeno, um aumento da anomalia de TSM de 1,3°C (para ambos os casos) associado a um maior número de casos de geada, com valores *acima* da normal climatológica;

- Na análise dos fenômenos LN não foi observada nenhuma relação entre a intensificação do fenômeno e o aumento de casos de geada;

- Em anos de EN de *fraca intensidade* (anomalias de TSM inferior a 2,5°C) os períodos de geadas foram *mais longos* (06-07 meses/ano) e o número de caso da primeira e última geada ocorrida a cada ano, dentro de um mesmo evento de EN, foi *acima* da normal climatológica;

- Em anos de EN de *forte intensidade* (anomalias de TSM de aproximadamente 4°C), o período de ocorrências de geadas foram *mais curtos* (04 meses/ano) e o número de caso da primeira e última geada, ocorrida a cada ano, dentro de um mesmo evento de EN, apresentou valores *acima* (referente à primeira geada) e *abaixo* (referente à última geada) da normal climatológica.

- Nos eventos de LN de *forte intensidade* foi observado um período *mais longo* com ocorrências de geadas (05-06 meses/ano). Também se observou que o número de caso da primeira e última geada, ocorrida a cada ano, dentro de um mesmo evento de LN, foi *acima* da normal climatológica, exceto para o início do episódio de 1970/72 em que os valores foram *iguais* a normal climatológica.

- Nos anos de EN de *fraca intensidade* analisados foram freqüentes as ocorrências de geadas precoces (no mês de abril) e de geadas tardias (nos meses de setembro e outubro).

- Em todos os anos de LN de *forte intensidade* analisados foram observadas geadas tardias (nos meses de setembro, outubro e novembro).

## CAPÍTULO 3

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDO

##### 3.1.1 O ESTADO DO AMAZONAS

O estado do Amazonas (Figura 4) é o maior estado brasileiro com uma área de 1.570.745 km<sup>2</sup> dividido em 62 municípios e possui uma população estimada em 3.483.895 habitantes, a capital Manaus concentra 1.802.525 habitantes (IBGE, 2010).

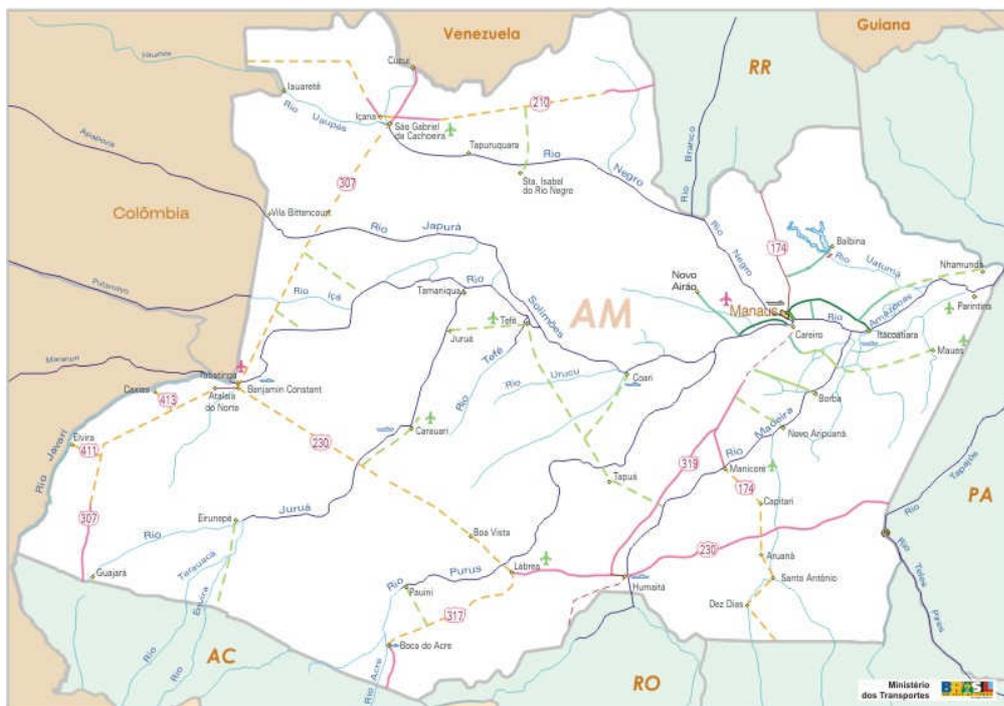


Figura 4: Mapa do estado do Amazonas. Fonte: Ministério dos Transportes.

##### 3.1.2 A BACIA DO RIO AMAZONAS

Segundo a Agência Nacional de Águas (2011) A Amazônia é conhecida mundialmente por sua disponibilidade hídrica e pela quantidade de ecossistemas,

como matas de terra firme, florestas inundadas, várzeas, igapós, campos abertos e cerrados. Abriga, ainda, uma infinidade de espécies vegetais e animais: 1,5 milhão de espécies vegetais catalogadas; três mil espécies de peixes; 950 tipos de pássaros; e ainda insetos, répteis, anfíbios e mamíferos.

A Região Hidrográfica Amazônica é constituída pela bacia hidrográfica do rio Amazonas situada no território nacional, pelas bacias hidrográficas dos rios existentes na Ilha de Marajó, além das bacias hidrográficas dos rios situados no Estado do Amapá que deságuam no Atlântico Norte (Resolução CNRH n° 32, de 15 de outubro de 2003), perfazendo um total de 3.870.000 km<sup>2</sup>.

A população na Região Hidrográfica Amazônica, em 2000, era de 7.609.424 habitantes (4,5% da população do País) e a densidade demográfica de apenas 2,01 hab/km<sup>2</sup>. As capitais Manaus, Rio Branco, Porto Velho, Boa Vista, Macapá, bem como os municípios de Santarém (PA) e Sinop (MT) são os centros urbanos que mais se destacam dentre os 304 municípios da Região Hidrográfica Amazônica.

A bacia hidrográfica do rio Amazonas é constituída pela mais extensa rede hidrográfica do globo terrestre, ocupando uma área total da ordem de 6.110.000 km<sup>2</sup>, desde suas nascentes nos Andes Peruanos até sua foz no oceano Atlântico (na região norte do Brasil). Esta bacia continental se estende sobre vários países da América do Sul: Brasil (63%), Peru (17%), Bolívia (11%), Colômbia (5,8%), Equador (2,2%), Venezuela (0,7%) e Guiana (0,2%).

Em termos de recursos hídricos, a contribuição média da bacia hidrográfica do rio Amazonas, em território brasileiro, é da ordem de 133.000 m<sup>3</sup>/s (73% do total do País). Adicionalmente, a contribuição de territórios estrangeiros para as vazões da região hidrográfica é da ordem de 76.000 m<sup>3</sup>/s. As maiores demandas pelo uso da água na região ocorrem nas sub-bacias dos rios Madeira, Tapajós e Negro, e correspondem ao uso para irrigação (39% da demanda total). A demanda urbana representa 17% da demanda da região (11 m<sup>3</sup>/s). De um modo geral, os consumos estimados são pouco significativos quando comparados com a disponibilidade hídrica por sub-bacia.

### 3.1.3 A BACIA DO RIO NEGRO

Segundo o Instituto Socioambiental (2011) a diversidade socioambiental da região do Rio Negro – a maior bacia de águas pretas do mundo - é uma das mais importantes da Amazônia. No Brasil, são 23 povos indígenas e um mosaico de formações florestais únicas, parcialmente protegido por terras indígenas e unidades de conservação ambiental.

A médio prazo, o Programa Rio Negro se propôs a formular e criar condições para a implantação do programa regional de desenvolvimento indígena sustentável do Médio e Alto Rio Negro, no noroeste da Amazônia brasileira, em parceria com as organizações indígenas locais, outras ONGs e instituições governamentais.

A população total deste segmento da Bacia do Rio Negro é de cerca de 40 mil pessoas e está distribuída por 750 comunidades e sítios distribuídos ao longo dos principais rios e nos dois centros urbanos existentes na região, São Gabriel da Cachoeira e Santa Isabel do Rio Negro, com onze mil e quatro mil habitantes respectivamente. Aproximadamente 90% desta população é indígena. A população não-indígena concentra-se nos centros urbanos e mesmo aí a maioria é indígena.

No desenvolvimento e na implementação de seus objetivos, o Programa Rio Negro do ISA toma em consideração algumas características sócio-históricas e ecológicas específicas da região do Alto e Médio Rio Negro:

- Trata-se de uma região da Amazônia brasileira em que a população indígena é maioria e onde há mais de dez anos os povos indígenas vêm se organizado em associações de base articuladas por uma federação (Foirn – Federação das Organizações Indígenas do Rio Negro). A população indígena é também majoritária na cidade de São Gabriel da Cachoeira, centro administrativo e econômico da região. A participação indígena nas instituições públicas e comerciais locais é significativa, o que reflete uma longa experiência histórica com diferentes agências de contato; desde os patrões da época da borracha que recrutavam mão-de-obra indígena para os seringais do Médio e Baixo Rio

Negro aos missionários salesianos, que desde o início do século promoveram a catequese e introduziram a educação escolar na região e, mais recentemente, com o Exército. A demarcação das Terras Indígenas na região antecedeu a chegada da fronteira econômica predatória, cuja expectativa de dinamização está depositada na exploração de recursos minerais por parte de interesses privados.

- A região do Alto e Médio Rio Negro caracteriza-se por uma enorme variedade de microecossistemas bem como por uma pobreza generalizada de nutrientes (oligotrofia), característica de bacias de rios de águas pretas. Possui formações florestais de terra firme, igapós (florestas inundadas) e campinarana, esta última também conhecida como caatinga do Rio Negro, um tipo de vegetação peculiar à região. A caatinga do Rio Negro cobre a maior parte das Terras Indígenas demarcadas na região e seus solos são extremamente ácidos, arenosos e lixiviados (spodosolos). Apesar de uma diversidade de espécies relativamente baixa, a caatinga do Rio Negro apresenta, no entanto, altíssimo grau de endemismo. Suas espécies são consideradas um recurso genético de alto valor por constituírem exemplos de adaptação biológica em condições extremas. Os índios do Alto Rio Negro utilizam várias espécies da caatinga, mas em geral suas comunidades estão localizadas nas regiões de ocorrências de matas de terra firme, cujos solos permitem o aproveitamento agrícola. Por este motivo, há grandes extensões de terras no interior das áreas indígenas que não são habitadas, constituindo reservas de recursos vegetais e aquáticos. Por outro lado, a tendência à concentração da população e áreas de terra firme vem sendo reforçada há décadas pela intervenção de missionários e comerciantes, criando situações críticas do ponto de vista da sustentabilidade socioambiental. Há forte demanda nas comunidades por serviços básicos e apropriados de atendimento à saúde, educação, segurança alimentar e geração de renda.

### 3.1.4 A BACIA DO RIO MADEIRA

Segundo o Projeto Madeira (2011), a bacia do rio Madeira é a única que ocupa uma área duas vezes superior a qualquer outra bacia, cobrindo 1.380.000km<sup>2</sup> em territórios do Brasil, Bolívia e Peru. O principal afluente do curso do rio Madeira em território brasileiro, na divisa Brasil-Bolívia, são os rios do sistema Guaporé-Mamoré. O rio Guaporé nasce na chapada dos Parecis, no estado do Mato Grosso, a cerca de 700 m de altitude.

Suas águas límpidas de cor escura, do tipo clara, tem curso com cerca de 1300km dos quais 850km constitui um limite natural entre os territórios Brasil e Bolívia, no estado de Rondônia.

A planície de inundação da bacia do rio Guaporé possui declividade quase nula, ao redor de 0,06%, fato que justifica ser denominada de “chacos do Guaporé” ou “pantanal do Guaporé”. O pantanal está limitado ao sul da bacia, com extensos campos inundáveis e formações aluviais, entremeados por grandes lagos. Ao norte, ocorrem extensas áreas de floresta ombrófila amazônica de terra firme e, a leste, a paisagem é caracterizada por uma zona de transição entre os biomas da Amazônia e do Cerrado. A alta produção biológica daquela área pode ser atribuída ao material extraído de rochas vulcânicas e sedimentos mesozóicos em suspensão proveniente de seus afluentes na enchente-cheia do rio. O encontro das águas claras do rio Guaporé com as águas barrentas do rio Branco, um afluente na margem esquerda em território Boliviano a jusante do município de Costa Marques-RO, origina o rio Mamoré. O rio Mamoré é um rio boliviano de águas brancas com cerca de 260 km de curso em território brasileiro onde inicia seu curso recebendo águas claras de afluentes da Serra dos Pacaás Novos. A maior velocidade das águas do rio Mamoré, quando comparadas às do rio Guaporé se intensificam próximo ao município de Guajará-Mirim-RO, onde o rio Beni deságua no rio Mamoré na área onde estão localizadas as cachoeiras Laje e Ribeirão. A partir desse ponto, o curso do rio passa a ser denominado de rio Madeira.

O rio Madeira é o tributário mais complexo da bacia e sua drenagem reúne as águas dos rios Mamoré e Beni que drenam os Andes bolivianos, e o rio Madre de Dios, que drena os Andes peruanos e deságua no rio Beni, ambos com cursos exclusivamente inseridos em território Boliviano. O encontro das águas do rio Beni com o rio Mamoré ocorre em território brasileiro, a partir do qual recebe o nome de rio Madeira. As primeiras corredeiras do rio Madeira, um importante componente da bacia, começam próximas a Cochabamba, na Bolívia, a 3.300 km da sua confluência com o rio Amazonas, concentrando-se em um trecho de 293km entre as coordenadas S10o00'/W65o19' e S08o38'/W63o50' (Figura). O trecho abriga cerca de 19 corredeiras das quais três possuem queda mais acentuada e altos valores de velocidade da água: Jirau, Teotônio e Santo Antonio (Figura 1). Dentre essas três cachoeiras apenas duas são intransponíveis à navegação: Jirau e Teotônio, o que justifica o fato de terem sido denominadas de cachoeiras. A cachoeira do Teotônio é, fisicamente, a cachoeira mais importante do trecho de 293 km de corredeiras.

### **3.1.5 A BACIA DO RIO JURUÁ**

O Rio Juruá é um rio que banha os estados brasileiros do Acre e Amazonas. Nasce no Peru, atravessando o Acre até desaguar no rio Solimões. É de grande importância para a região, servindo como hidrovias para diversas comunidades, já que rodovias são inexistentes na maior parte de seu curso. Em suas margens ficam municípios importantes como Eirunepé no Amazonas e Cruzeiro do Sul (Acre). Ao cruzar a fronteira com o Brasil, a primeira comunidade é Foz do Breu. Ainda no Acre, ficam às suas margens as cidades: Cruzeiro do Sul, Marechal Thaumaturgo, Porto Walter e Rodrigues Alves. No estado do Amazonas margeiam o Juruá as cidades de Eirunepé, Itamarati, Carauari, Envira, Juruá, Ipixuna e Guajará. Nos últimos anos o governo federal criou, na calha do rio Juruá duas Unidades de Conservação de uso direto, nomeadamente a Reserva Extrativista do Médio Juruá e a Reserva Extrativista do Baixo Juruá.

### **3.1.6 A BACIA DO RIO PURUS**

Segundo Souza Júnior (2005), a bacia do rio Purus representa uma importante região na Amazônia Sul-Occidental, com extensas áreas florestadas e um nível de antropização relativamente baixo, concentrando em sua porção mais à montante, em território brasileiro. Trata-se de uma região sobre a qual não há muitas referências bibliográficas. A maior parte destas está associada às expedições exploratórias e de demarcação/reconhecimento fronteiriços, embora alguns fatos indiquem que a bacia apresenta características típicas de área de transição entre a parte leste e oeste dos estados do Acre e do Amazonas, uma espécie de divisor geográfico e ecológico da porção sul da Amazônia brasileira, tornando-a de grande importância para a conservação.

### **3.1.7 AS CIDADES DO AMAZONAS AFETADAS PELOS EVENTOS DE FRIAGEM:**

#### **Lábrea**

É um município brasileiro do Estado do Amazonas, considerado um dos principais centros agropecuários do estado, além de ser um importante pólo do sul do estado. O município de Lábrea está inserido no bioma amazônico. Nele há algumas unidades de conservação, a exemplo exemplo RESEX Médio Purus e Reserva Extrativista (Resex) Rio Ituxi mantido com parceria com o Instituto Chico Mendes e o seringal Novo Encanto.

População: 37 574 IBGE (2010).

#### **Envira**

É um município brasileiro no interior do estado do Amazonas. Pertencente à Microrregião de Juruá e Mesorregião do Sudoeste Amazonense, localiza-se a sudoeste da capital do estado, distando desta cerca de 1 216 km. Ocupa uma área

de 13 369 km<sup>2</sup>, sendo que 2,3172 km<sup>2</sup> estão em perímetro urbano, pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, sendo então o 44<sup>o</sup> mais populoso do estado e o quarto de sua microrregião.

População: 16 328 IBGE (2010).

### **Eirunepé**

Pertencente à Microrregião de Juruá e Mesorregião do Sudoeste Amazonense, localiza-se a sudoeste da capital do estado, distando desta cerca de 1 160 km.<sup>[2]</sup> Ocupa uma área de 15 832 km<sup>2</sup>, sendo que 4,3172 km<sup>2</sup> estão em perímetro urbano, e sua população foi contada no ano de 2010 em 30 666 habitantes, pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, sendo então o 20<sup>o</sup> mais populoso do estado e o primeiro de sua microrregião. Eirunepé é também um centro sub-regional do Amazonas.

População: 30 666 IBGE (2010).

### **Manicoré**

Localizado nas margens do rio Madeira, a cidade possui uma posição estratégica entre Manaus e Porto Velho. O município sofre com os problemas de desmatamento nos seus cerrados naturais. Localiza-se a 333 km da capital do estado à margem direita do rio Madeira, sua população está dividida entre a zona rural e cidade.

A principal fonte de renda da população provém em parte da produção agrícola, principalmente do cultivo da banana, melancia e da produção de farinha, outras fontes são provenientes do comércio e dos empregos gerados pela prefeitura e estado. O município possui um grande potencial extrativista baseado na borracha e na castanha.

População: 47 011 IBGE (2010).

### **Benjamin Constant**

É um município brasileiro do estado do Amazonas. Localiza-se na microrregião do Alto Solimões, mesorregião do Sudoeste Amazonense.

A sua produção agropecuária é caracterizada pelas culturas de ciclo temporário, onde se destacam a mandioca, o abacaxi, arroz, cana-de-açúcar, feijão, milho, banana, cacau e coco. Além da extração de madeira e borracha. A criação de bovinos, bufalinos, suínos e ovinos representa uma pequena parcela na economia local. Destaca-se como um dos principais entrepostos pesqueiros do estado. Benjamin Constant é o centro sub-regional do Alto Solimões. (Prefeitura Municipal de Benjamin Constant, 2011)

População: 33 391 habitantes IBGE (2010).

### **Coari**

Coari é um município brasileiro do estado do Amazonas de grande importância para a economia do Estado e da União, sendo uma das cidades mais ricas da Região norte. Na área territorial do município, localiza-se a plataforma da Petrobrás de Urucu, onde se extrai petróleo e gás. No local foram construídos gasodutos que levam gás até Manaus e Porto Velho.

O município está localizado no rio Solimões entre o Lago de Mamiá e o Lago de Coari, traz em sua herança e memória a força dos índios Catuxy, Jurimauas, Passés, Irijus, Jumas, Purus, Solimões, Uaiupis, Uamanis e Uaupés.

População: 75 909 habitantes IBGE (2010).

### **Codajás**

É uma cidade localizada bem no centro da Amazônia norte do Brasil, à margem esquerda do rio Solimões. O Município tem uma área territorial de 20.010 km<sup>2</sup>, a aproximadamente 31m acima do nível do mar. A sede municipal situa-se a 240 km em linha reta da capital do estado (Manaus). Em fins do século passado, havia uma grande exploração: da borracha, castanha, gomas, peles e demais produtos extrativos no Amazonas. Depois a preservação da flora advém das necessidades e dificuldades dos exploradores da natureza. Apesar das décadas da exploração madeireira, atualmente ainda podemos afirmar ser uma

região muito rica em madeira de lei, pescado e açaizal nativo. São grandes também as reservas naturais de castanheiras e seringueiras, com seus produtos atualmente explorados que geram recursos para muitas famílias (Prefeitura Municipal de Codajás, 2011)

População: 23 119 habitantes IBGE (2010).

### **Tefé**

Faz parte da mesorregião do Centro Amazonense e localiza-se a 672 quilômetros, por via fluvial, a oeste da cidade de Manaus. Tefé limita-se com os municípios de Coari, Tapauá, Alvarães, Carauari e Maraã. Sua população é de 64.457 habitantes, dos quais 47.698 vivem na área urbana e 16.759 na área rural (IBGE, 2000).

Segundo Silva (2010) a agricultura em Tefé é baseada principalmente no cultivo de mandioca (para o fabrico de farinha), o abacaxi, arroz, cana-de-açúcar, feijão, juta, malva, melancia e milho. Entre culturas permanentes: abacate, cacau, coco, laranja, limão e manga. A atividade criatória é predominantemente caracterizada pela criação de gado, suíno e abelhas. O município de Tefé é o principal pólo pesqueiro do Médio Solimões, inclusive, vale ressaltar que a pesca, ao lado do setor de comércio e serviços, representa uma das principais atividades geradoras de ocupação e renda neste município. A avicultura é representativa, pois há na localidade empreendimentos de cunho empresarial, destacando-se a criação de galinhas, vindo a seguir patos. A produção extrativista florestal se destaca na constituição econômica local. Esta atividade está centrada na coleta de madeira, borracha, goma não elástica, castanha-da-amazônia óleo de copaíba e açaí.

População: 61 399 habitantes IBGE (2010).

### **Itacoatiara**

Pertencente à Mesorregião do Centro Amazonense e microrregião de mesmo nome, localiza-se a leste de Manaus, distando desta cerca de 176 quilômetros. É considerado o terceiro maior município do estado em população, e o maior de sua microrregião.

População: 86 840 habitantes IBGE (2010).

### **Fonte Boa**

Localiza-se no Sudoeste Amazonense a uma latitude 02°30'50" sul e a uma longitude 66°05'30" oeste, estando a uma altitude de 62 metros. Possui uma área de 12.165,19 km². Limita-se com os municípios de: Uarini ao leste; Juruá e Jutaí ao sul; Tonantins e Japurá ao oeste; Marañ ao norte.

População: 22 659 habitantes IBGE (2010).

### **Barcelos**

Barcelos se localiza na microrregião de Rio Negro, mesorregião do Norte Amazonense. Situado na margem direita do rio Negro, é o maior município do estado, e o segundo maior do Brasil.

Está localizado a 405 km de Manaus e 656 km por via fluvial. Devido à sua dimensão territorial, caso Barcelos fosse um estado do Brasil seria maior que vários estados, como Pernambuco, Santa Catarina, Paraíba, Rio Grande do Norte, Espírito Santo e Rio de Janeiro, entre outros.

Seus limites são a Venezuela a noroeste e norte; os municípios roraimenses de Iracema a nordeste e Caracará a leste; Novo Airão a sudeste e sul; Codajás e Marañ a sudoeste; e Santa Isabel do Rio Negro a oeste.

População: 25 715 habitantes IBGE (2010).

### **São Gabriel da Cachoeira**

é um município situado no extremo noroeste do estado brasileiro do Amazonas. Dista 852 quilômetros da capital do estado, Manaus. Situa-se na Bacia do Alto Rio Negro. Limita-se ao norte com a Colômbia e a Venezuela, ao sul e ao leste com o município de Santa Isabel do Rio Negro, ao sul com o Japurá e com a Colômbia. Boa parte do seu território é abrangido pelo Parque Nacional do Pico da Neblina, além das terras indígenas: Alto Rio Negro; Médio Rio Negro I, II e III e Rio Tea.

População: 37 300 habitantes IBGE (2010).

### **Iauaretê**

É um povoado do município brasileiro de São Gabriel da Cachoeira, está localizado dentro da Terra Indígena Alto Rio Negro, no extremo noroeste da Amazônia brasileira.

A localidade é o ponto onde o rio Uaupés adentra o território brasileiro, após percorrer uma extensa zona desde suas nascentes na Colômbia e delimitar por largo trecho a fronteira entre os dois países.

## **3.2 DADOS**

### **3.2.1 DADOS OBSERVADOS**

Nesta etapa procurou-se realizar um estudo observacional, no período de 2000 a 2010, para identificar eventos de friagem no estado do Amazonas. Foram utilizados dados de temperatura mínima diária na rede estações meteorológicas (INMET) do estado do Amazonas e Acre. Foram analisadas as temperaturas mínimas em 12 estações meteorológicas convencionais do Instituto Nacional de Meteorologia disponíveis nas Mesorregiões da área de estudo: Sudoeste, Centro e Norte, no período dos últimos 11 anos (2000-2010) e a partir daí identificar os principais eventos de friagem que atingiram a região. Um valor limite para definição de friagem adequada para o estado Amazonas foi escolhido, temperatura mínima diária igual ou inferior a 19°C, por este ser um valor considerado abaixo da média para a região estudada.

Tabela 1: Estações meteorológicas do INMET 1° Distrito Meteorológico,- estado do Amazonas utilizadas neste estudo.

<b>Estações Meteorológicas do INMET 1° DISME - Estado do Amazonas</b>			
<b>Nome da Estação</b>	<b>Latitude(°)</b>	<b>Longitude(°)</b>	<b>Altitude(m)</b>
Lábrea	-7,25	-64.83	61
Eirunepé	-6.67	-69.87	104
Manicoré	-5.82	-61.3	50
Benjamin Constant	-4.38	-70.03	65
Coari	-4.08	-63.13	46
Codajás	-3.83	-62.08	48
Tefé	-3.83	-64.7	47
Itacoatiara	-3.13	-58.43	40
Fonte Boa	-2.53	-66.17	55.57
Barcelos	-0.97	-62.92	40
São Gabriel da Cachoeira	-0.12	-67	90
Iauaretê	0.61	-69.18	120

### **3.2.2 DADOS DE MODELO NUMÉRICO**

Para elaboração dos campos meteorológicos utilizados neste estudo, foram utilizados dados do arquivo de Reanálises do *National Centers for Environmental Prediction* (NCEP) / *National Center for Atmospheric Research* (NCAR), disponíveis site <http://www.cdc.noaa.gov>. Trata-se de um modelo *estado da arte*, com dados gerados em uma resolução T062L28. Operacionalmente, o modelo espectral global faz truncamento triangular de 42 ondas na coordenada horizontal, representando uma grade regular de 1,875° x 1,875° (~210 x 210km), e utiliza 28 camadas na coordenada vertical. Os dados de saída são interpolados para uma grade com espaçamento de 2,5° x 2,5° latitude / longitude (~280km, somando um total de 144 x 37 pontos de grade na horizontal). Contem 17 níveis de pressão na vertical (entre 1000hPa e 10hPa).

Foram utilizados conjuntos de dados, contendo informações em dois horários sinóticos (00 e 12 UTC), para os dias 15, 16, 17, 18, 19, 20 de Julho do ano de 2010. As variáveis utilizadas são:

- pressão ao nível médio do mar em superfície;
- altura geopotencial para 1000 hPa e 500hPa;
- temperatura (em °C) para superfície;
- advecção de temperatura em 925 hPa;
- advecção de vorticidade relativa em 500 hPa;
- vento zonal (u, em ms<sup>-1</sup>) para superfície, 500 hPa;
- vento meridional (v, em ms<sup>-1</sup>) para superfície, 500 hPa;

### **3.2.3 DADOS DE PRODUÇÃO RURAL**

Foram analisados dados de piscicultura da Secretaria de Produção Rural do Estado do Amazonas (SEPROR) durante o período de 2000 a 2009 no município de Lábrea, sul do estado, tendo em vista que os eventos de friagem podem levar a diminuição da produção de pescados na região Amazônica.

### **3.2.4 DADOS DE MÍDIA**

Foi realizada uma pesquisa no Jornal a Crítica de Manaus para o período de 2000 a 2010 com o intuito de avaliar que impactos os eventos de friagem levam à população da cidade de Manaus e as demais cidades atingidas no estado. Para complementar esses dados foram verificados sites de internet.

### **3.3 QUESTIONÁRIOS**

Nesta etapa do trabalho foram analisados os impactos que os eventos de friagem trazem para as cidades do sudoeste do estado do Amazonas, a pesquisa foi realizada baseada em questionários distribuídos para alunos do curso do Plano Nacional de Formação de Professores da Educação Básica (PARFOR) da Universidade Federal do Amazonas, na cidade de Envira e na cidade de Eirunepé. Essas cidades foram escolhidas pelo fato de estarem localizadas na região onde os eventos de friagem são mais sentidos no Amazonas. Os questionários foram

entregues durante o mês de Julho de 2011, época mais propícia às incursões de ar frio de origem polar nessas regiões. Dessa forma a pesquisa pôde avaliar que tipo de impactos essas friagens podem levar a essa população.

Os questionários levantaram as seguintes perguntas:

- 1) Na sua opinião, as friagens trazem temperaturas agradáveis para a sua região?
- 2) Você se lembra de alguma friagem muito forte que ficou marcada na sua memória? Quando foi? Como foi esse evento?
- 3) As friagens trazem algum tipo de incômodo para a sua rotina?
- 4) Você acha que as residências da sua cidade estão preparadas para esses eventos de friagem?
- 5) As suas vestimentas estão adequadas para as friagens?
- 6) Você já adoeceu por conta de uma queda brusca de temperatura?
- 7) Você já teve algum tipo de prejuízo financeiro por conta da friagem?
- 8) Conhece alguém que tenha tido algum prejuízo por conta desses eventos?
- 9) Na sua opinião a friagem é um fenômeno agradável ou desagradável?

## **CAPÍTULO 4**

### **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **4.1 IDENTIFICAÇÃO DA OCORRÊNCIA DE FRIAGENS NO ESTADO DO AMAZONAS ENTRE OS ANOS 2000 E 2010.**

Foram analisadas as temperaturas mínimas em 12 estações meteorológicas convencionais do Instituto Nacional de Meteorologia disponíveis nas Mesorregiões da área de estudo: Sudoeste, Centro e Norte Amazonense no período dos últimos 11 anos (2000-2010) e a partir daí idetifiou-se os principais eventos de friagem que atingiram a região. Um valor limite para definição de friagem adequada para o estado Amazonas foi escolhido, temperatura mínima diária igual ou inferior a 19°C, por este ser um valor considerado abaixo da média para a região estudada.

#### **O ANO DE 2000**

O inverno de 2000 foi caracterizado pela entrada de uma grande massa de ar polar (Tabela 2) que derrubou as temperaturas em todo o sudoeste, centro-oeste e noroeste do estado do Amazonas, essa massa de ar frio foi tão intensa que chegou a ultrapassar a linha do equador e atingiu o município de São Gabriel da Cachoeira e o Povoado de Iauaretê, localizado no hemisfério norte. A temperatura mínima no sudoeste do estado chegou a 11.8°C em Lábrea, 13°C em Benjamin Constant e 13.2°C em Eirunepé.

Tabela 2: Cidades atingidas pelo evento de friagem no ano 2000. Dados: INMET.

<b>Localidade</b>	<b>Temperatura mínima</b>	<b>Dia D</b>
Lábrea	<u>11.8°C</u>	13 de Julho
Eirunepé	13.2°C	13 de Julho
Tefé	16.6°C	13 de Julho
Itacoatiara	17.4°C	13 de Julho
Benjamin Constant	13.0°C	13 de Julho
São Gabriel da Cachoeira	18.7°C	15 de Julho
Iauaretê	17.8°C	15 de Julho
Codajás	19.0°C	17 de Julho
Manicoré	18.9°C	17 de Julho

### **O ANO DE 2001**

O inverno de 2001 foi caracterizado pela entrada de uma intensa massa de ar polar que derrubou as temperaturas em todo o sudoeste, oeste e noroeste do estado do Amazonas (Tabela 3), essa massa de ar frio chegou a ultrapassar a linha do equador e atingiu o município de São Gabriel da Cachoeira e o Povoado de Iauaretê, localizado no hemisfério norte (0.6N). A temperatura mínima no sudoeste do estado chegou a 11.8°C em Lábrea, 13°C em Benjamin Constant e 13.2°C em Eirunepé.

Tabela 3: Cidades atingidas pelo evento de friagem no ano 2001. Dados: INMET

<b>Localidade</b>	<b>Temperatura mínima</b>	<b>Dia D</b>
Codajás	19.0°C	17 de Julho
Eirunepé	<u>13.0°C</u>	20 de Junho
Lábrea	13.2°C	20 de Junho
Benjamin Constant	15.0°C	20 de Junho
Tefé	15.2°C	21 de Junho
Fonte Boa	16.2°C	21 de Junho
Barcelos	18.6°C	22 de Junho
Manicoré	16.7°C	22 de Junho
Iauaretê	18.8°C	25 de Junho
São Gabriel da Cachoeira	19.0°C	25 de Junho

### **O ANO DE 2002**

O inverno de 2002 foi caracterizado por ter sido um ano em que só ocorreu uma incursão de ar frio, essa massa de ar polar de fraca intensidade atingiu apenas o município de Eirunepé (Tabela 4), onde a estação meteorológica registrou uma temperatura de 17.4°C.

Tabela 4: Cidade atingida pelo evento de friagem no ano 2002. Dados: INMET

<b>Localidade</b>	<b>Temperatura mínima</b>	<b>Dia D</b>
Eirunepé	<u>17.4°C</u>	16 de Junho

### O ANO DE 2003

O inverno de 2003 foi caracterizado pela entrada de duas massas de ar polar que derrubaram as temperaturas no sudoeste do estado do Amazonas. No primeiro evento a temperatura mínima no sudoeste do estado chegou a 19°C em Lábrea, 18.6°C em Benjamin Constant e 15.8°C em Eirunepé (Tabela 5). No segundo evento, a incursão de ar frio atingiu a cidade de Fonte Boa (17.3°C), no centro do estado do Amazonas (Tabela 6). No sudoeste do estado a temperatura 17.4°C em Lábrea, 16.9°C em Benjamin Constant e 14.4°C em Eirunepé.

Tabela 5: Cidades atingidas pelo evento de friagem em Agosto de 2003. Dados: INMET

<b>Localidade</b>	<b>Temperatura mínima</b>	<b>Dia D</b>
Eirunepé	<u>15.8°C</u>	31 de Agosto
Benjamin Constant	18.6°C	31 de Agosto
Lábrea	19.0°C	1 de Setembro

Tabela 6: Cidades atingidas pelo evento de friagem em Setembro de 2003.

Dados: INMET

<b>Localidade</b>	<b>Temperatura mínima</b>	<b>Dia D</b>
Eirunepé	<u>14.4°C</u>	11 de Setembro
Benjamin Constant	16.9°C	12 de Setembro
Lábrea	17.4°C	12 de Setembro
Fonte Boa	17.3°C	12 de Setembro

#### **O ANO DE 2004**

O inverno de 2004 foi caracterizado por ter sido um ano em que só ocorreu uma incursão de ar frio, essa massa de ar polar atingiu apenas os municípios de Lábrea e Eirunepé no sudoeste do estado (Tabela 7), onde as estações meteorológicas registraram temperaturas de 15.2°C e 15.9°C respectivamente.

Tabela 7: Cidades atingidas pelo evento de friagem no ano 2004. Dados:

INMET

<b>Localidade</b>	<b>Temperatura mínima</b>	<b>Dia D</b>
Lábrea	<u>15.2°C</u>	9 de Agosto
Eirunepé	15.9°C	9 de Agosto

## O ANO DE 2005

O inverno de 2005 foi caracterizado pela entrada de três massas de ar polar que derrubaram as temperaturas no sudoeste e noroeste do estado do Amazonas. No primeiro evento (Tabela 8) a temperatura mínima chegou a 14.5°C em Eirunepé (sudoeste) e 18.5°C em São Gabriel da Cachoeira (noroeste). A segunda massa de ar frio foi de intensidade moderada e trouxe uma temperatura mínima de 13.9°C em Eirunepé, 17.5° C em Lábrea, 17.9°C em Benjamin Constant e 18.8°C em Manicoré (Tabela 9). O terceiro evento de 2003, foi de intensidade moderada e trouxe uma temperatura mínima de 14.5°C para Eirunepé, 17.6°C para Benjamin Constant e 18.6°C para Manicoré (tabela 10).

Tabela 8: Cidades atingidas pelo evento de friagem em Julho de 2005.

Dados: INMET

<b>Localidade</b>	<b>Temperatura mínima</b>	<b>Dia D</b>
Eirunepé	14.5°C	21 de Julho
São Gabriel da Cachoeira	18.5°C	22 de Julho

Tabela 9: Cidades atingidas pelo evento de friagem em setembro 2005.

Dados: INMET

<b>Localidade</b>	<b>Temperatura mínima</b>	<b>Dia D</b>
Lábrea	18.0°C	11 de Agosto
Eirunepé	<u>14.5°C</u>	11 de Agosto
Benjamin Constant	17.6°C	11 de Agosto
Manicoré	18.6°C	11 de Agosto

Tabela 10: Cidades atingidas pelo evento de friagem em setembro 2005.

Dados: INMET

<b>Localidade</b>	<b>Temperatura mínima</b>	<b>Dia D</b>
Lábrea	17.5°C	14 de Setembro
Eirunepé	<u>13.9°C</u>	14 de Setembro
Benjamin Constant	17.9°C	14 de Setembro
Manicoré	18.8°C	14 de Setembro

### **O ANO DE 2006**

O inverno de 2006 se caracterizou por ocorrer somente um evento de friagem, de fraca intensidade que atingiu as cidades de Lábrea e Eirunepé (Tabela 11). As temperaturas mínimas ficaram entre 16 e 17°C no sudoeste do estado.

Tabela 11: Cidades atingidas pelo evento de friagem no ano 2006. Dados: INMET

<b>Localidade</b>	<b>Temperatura mínima</b>	<b>Dia D</b>
Lábrea	17.6°C	15 de Maio
Eirunepé	<u>16.3°C</u>	15 de Maio

### **O ANO DE 2007**

O inverno de 2007 se caracterizou por ocorrer somente um evento de friagem, de intensidade moderada, que atingiu as cidades de Lábrea, Eirunepé e Benjamin Constant. As temperaturas mínimas chegaram a 14.9°C em Eirunepé, 16.5°C em Lábrea e 18°C na cidade de Benjamin Constant.

Tabela 12: Cidades atingidas pelo evento de friagem no ano 2007. Dados: INMET

<b>Localidade</b>	<b>Temperatura mínima</b>	<b>Dia D</b>
Lábrea	16.5°C	10 de Maio
Eirunepé	<u>14.9°C</u>	10 de Maio
Benjamin Constant	18.0°C	10 de Maio

### **O ANO DE 2008**

O inverno de 2008 foi caracterizado por ter sido um ano em que só ocorreu uma incursão de ar frio no estado do Amazonas, essa massa de ar polar de

intensidade moderada atingiu apenas o município de Eirunepé, onde a estação meteorológica registrou uma temperatura de 13.9°C.

Tabela 13: Cidades atingidas pelo evento de friagem no ano 2008. Dados: INMET

<b>Localidade</b>	<b>Temperatura mínima</b>	<b>Dia D</b>
Eirunepé	<u>13.9°C</u>	10 de Maio

### **O ANO DE 2009**

O inverno de 2009 foi caracterizado por ter sido um ano em que só ocorreu uma incursão de ar frio no estado do Amazonas, essa massa de ar polar de de fraca intensidade atingiu apenas os município de Lábrea e Eirunepé, onde a estações meteorológicas registraram uma temperatura de 18.1°C e 16.1°C respectivamente.

Tabela 14: Cidades atingidas pelo evento de friagem no ano 2009. Dados: INMET

<b>Localidade</b>	<b>Temperatura mínima</b>	<b>Dia D</b>
Eirunepé	<u>16.1°C</u>	26 de Julho
Lábrea	18.1°C	27 de Julho

### **O ANO DE 2010**

O inverno de 2010 foi caracterizado pela entrada da mais forte massa de ar polar do período estudado, derrubando as temperaturas em todo o sudoeste,

oeste e noroeste do estado do Amazonas, essa massa de ar frio foi tão intensa que chegou a ultrapassar a linha do equador e atingiu o município de São Gabriel da Cachoeira e o Povoado de Iauaretê, localizado no hemisfério norte (0.6N). A temperatura mínima no sudoeste do estado chegou a 11.8°C em Eirunepé 13.5°C em Benjamin Constant e 13.1°C em Lábrea.

Tabela 15: Cidades atingidas pelo evento de friagem no ano 2010. Dados: INMET

<b>Localidade</b>	<b>Temperatura mínima</b>	<b>Dia D</b>
Lábrea	13.1°C	17 de Julho
Eirunepé	<u>11.8°C</u>	17 de Julho
Manicoré	16.3°C	18 de Julho
Benjamin Constant	13.5°C	18 de Julho
Coari	17.0°C	18 de Julho
Codajás	17.0°C	18 de Julho
Tefé	16.0°C	18 de Julho
Fonte Boa	16.4°C	18 de Julho
São Gabriel da Cachoeira	16.4°C	19 de Julho
Iauaretê	16.0°C	19 de Julho

#### **4.2 ESTUDO DE CASO: O GRANDE EVENTO DE FRIAGEM DE JULHO DE 2010.**

Foi realizado um estudo mais específico do evento ocorrido entre os dias 15 e 20 de Julho de 2010 no estado do Amazonas, pois esse evento foi

considerado o maior da década e o mais forte dos últimos 16 anos, segundo os dados do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).

#### 4.2.1 Análise das temperaturas durante o evento de friagem.

Durante a segunda quinzena do mês de Julho de 2010, parte da região Amazônica experimentou uma friagem intensa que atingiu os estados de Rondônia, Acre e Amazonas. Eventualmente as incursões de ar frio ultrapassam a linha do equador afetando grande parte do estado do Amazonas (Figura 5), no caso estudado, esse fato ocorreu e derrubou as temperaturas a 16°C (INMET) no município de São Gabriel da Cachoeira (Iauaretê), estado do Amazonas no dia 19 de Julho.

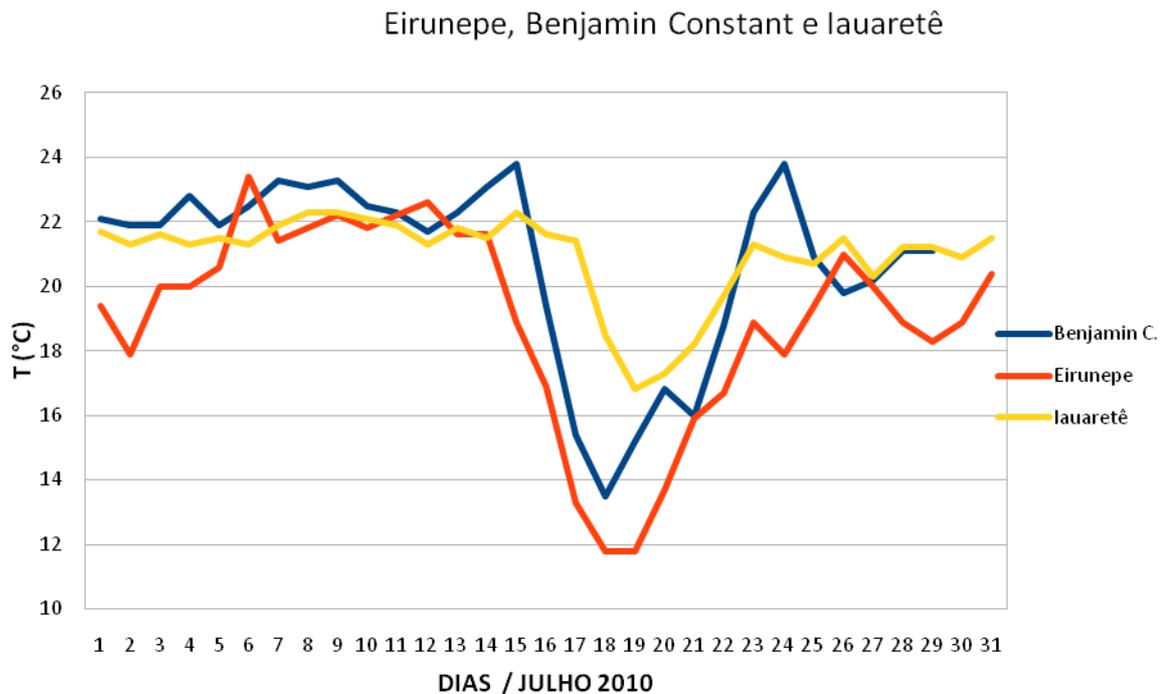


Figura 5: Gráfico mostrando as temperaturas mínimas nos municípios de Eirunepé, Benjamin Constant e Iauaretê (São Gabriela da Cachoeira) durante o mês de Julho de 2010. Dados: INMET.

Entre os dias 17 e 19 de Julho de 2010 as temperaturas mínimas no estado do Amazonas foram fortemente influenciadas pela massa de ar polar que penetrou na região Amazônica, como podemos observar a seguir:

Lábrea: 13°C, Eirunepe: 11°C, Benjamin Constant: 13 °C, Manicoré: 16°C, Tefé:16°C, Fonte Boa: 16°C, Coari: 17°C, Codajás: 17°C, São Gabriel da Cachoeira: 16°C e lauretê: 16°C.

Podemos observa nas figuras geradas pelo Grads (Figura 6) que a entrada do vento do quadrante sul e o ar frio são bem canalizados entre o Planalto Central brasileiro e a Cordilheira dos Andes, chegando até as latitudes equatoriais no estado do Amazonas.

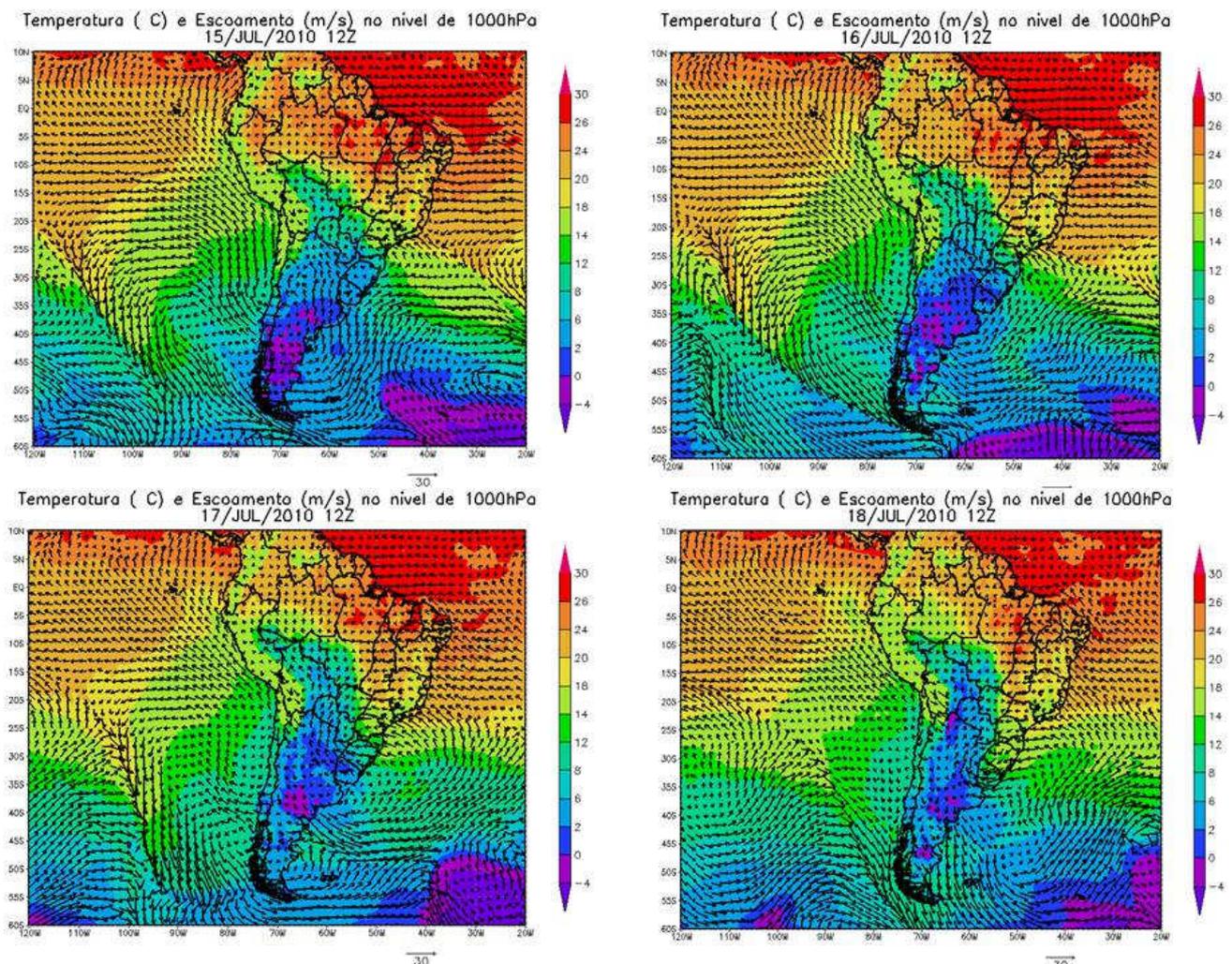


Figura 6: Temperatura (°C) em Superfície e escoamento do vento (m/s) entre os dias 15 e 18 de Julho de 2010 às 12UTC.

O leste do Estado do Amazonas (incluindo a cidade de Manaus) foi pouco influenciado pelo evento, devido à sua posição geográfica. Porém, como já observado em estudos anteriores (PARMENTER, 1976), a atividade convectiva diminuiu (Figura 7) e o vento mudou para o quadrante sul.

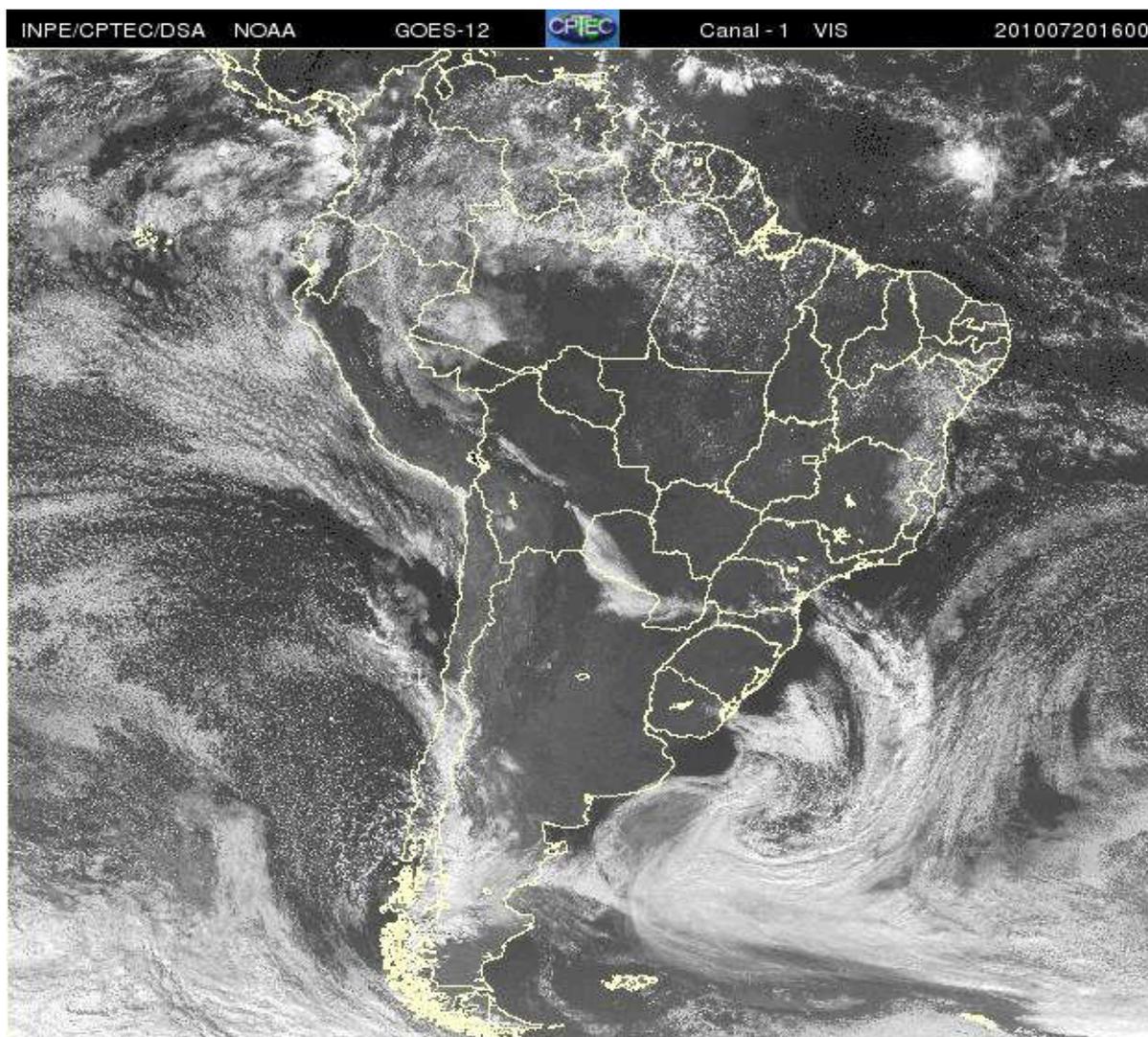


Figura 7: Imagem do Satélite Goes-12 (visível) no dia 20 de Julho de 2010 para as 16UTC (12h local). Fica claramente visível a diminuição da atividade convectiva para o estado do Amazonas devido à incursão do ar frio. Fonte: CPTEC

Ao compararmos os dados de temperatura mínima do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) percebemos que os dados de reanálise cobrem bem a realidade ocorrida durante a incursão da massa de ar frio no estado do Amazonas.

#### 4.2.2 Análise da altura geopotencial em 1000 hPa e 500 hPa.

Serão analisadas aqui as trajetórias dos centros de alta e baixa pressão atmosférica do evento de friagem que atingiu o estado do Amazonas entre os dias 15 e 20 de Julho de 2010.

Os centros de alta pressão têm origem no Oceano Pacífico Sul, próximo a costa do Chile (Figura 8).

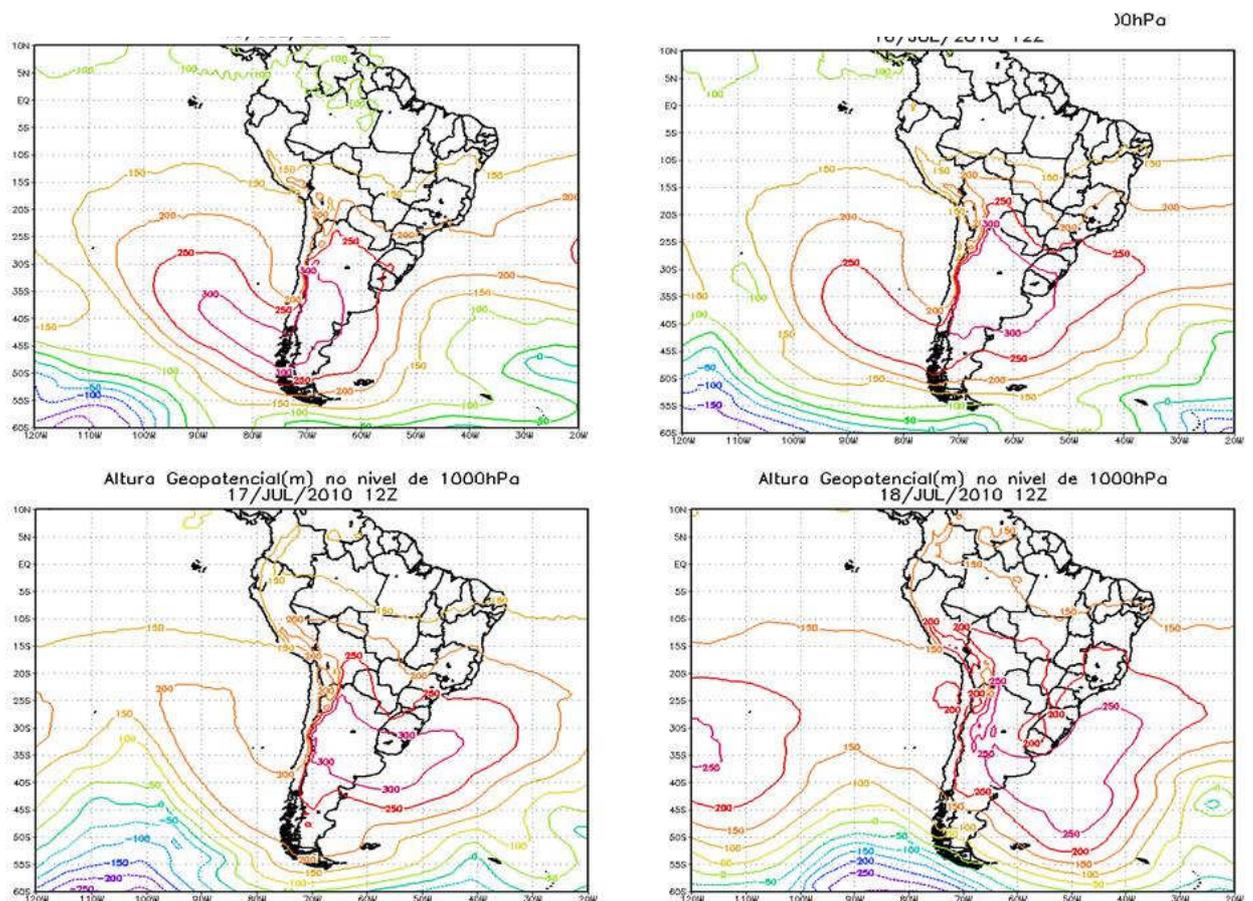


Figura 8: Altura geopotencial em 1000 hPa entre os dia 15 e 18 de Julho de 2010 às 12UTC

Esse centro de alta pressão se move em direção ao litoral sul do Chile, numa região onde as altitudes da cordilheira dos Andes não são tão elevadas, promovendo anticiclogênese a leste da cordilheira, surgem novas altas que altas se movem em direção ao norte da argentina.

Os centros de baixa ou cavados originários destas regiões deslocam-se para o Atlântico Sul, ao sul de 40S. Esse centro avança para sudeste no Atlântico, entre 40S e 45S. O centro de alta se move rapidamente para nordeste e o centro de baixa move-se mais lentamente.

Observa-se que o sistema frontal encontra-se estacionário sobre o sul da Região Norte, Centro-Oeste e Sudeste do Brasil. Este sistema já está estacionário também sobre o oceano Atlântico. O anticiclone migratório pós-frontal recebeu reforço de um novo centro de alta pressão bastante intenso que atua sobre o centro da Argentina onde a pressão chega a um valor máximo de 1040 hPa (Figura 9).

Como resultado, com a distância entre os centros de alta e baixa se reduzindo, temos um gradiente de pressão necessário para o fortalecimento de ventos do sul na baixa troposfera. Esses ventos frios com uma pista extensa são os responsáveis pelos eventos de friagem nas regiões central e norte do Brasil.

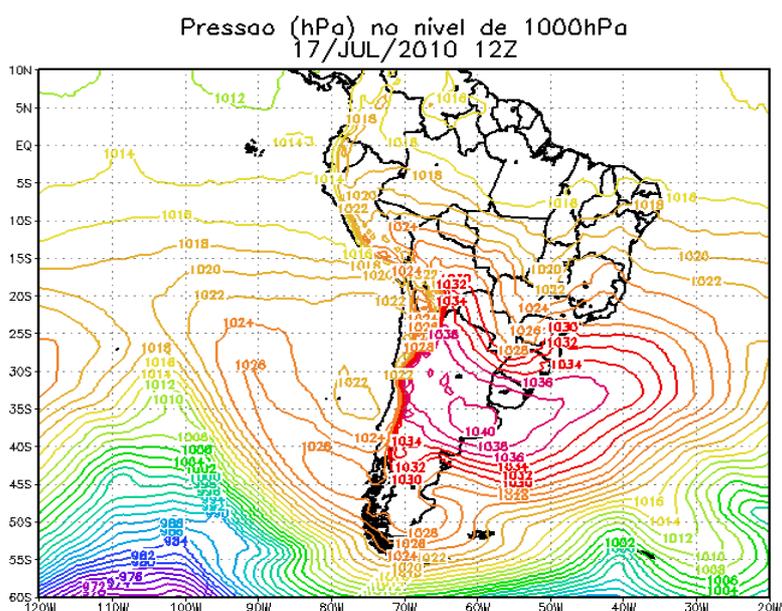


Figura 9: Pressão atmosférica em 1000 hPa durante o eventos de friagem de Julho de 2010.

A ocorrência de ciclogênese sobre o atlântico é um fator recorrente nesses casos, relacionado à ampliação baroclínica da onda, que atua autoalimentando o sistema: o ciclone é favorecido pela amplificação da onda nos altos níveis, e seu desenvolvimento causa o aumento do vento sul sobre o continente, o que por sua vez, provoca o aumento da advecção fria e, conseqüentemente, a intensificação do cavado. Devido ao incremento do escoamento de sul sobre o sul do continente, o que por sua vez, provoca o aumento da advecção fria e, conseqüentemente, a amplificação da onda em 500 hPa (Figura 10), a frente fria continua seu rápido deslocamento para o norte, atingindo latitudes tropicais, especialmente a leste da cordilheira dos Andes. É muito interessante notar que, contrariamente ao que acontece a leste dos Andes, não é possível identificar o sistema frontal sobre o oceano Pacífico. Simultaneamente ao desenvolvimento do anticiclone migratório a sotavento (leste) das montanhas, ocorre um abaixamento da pressão atmosférica na costa central do Chile

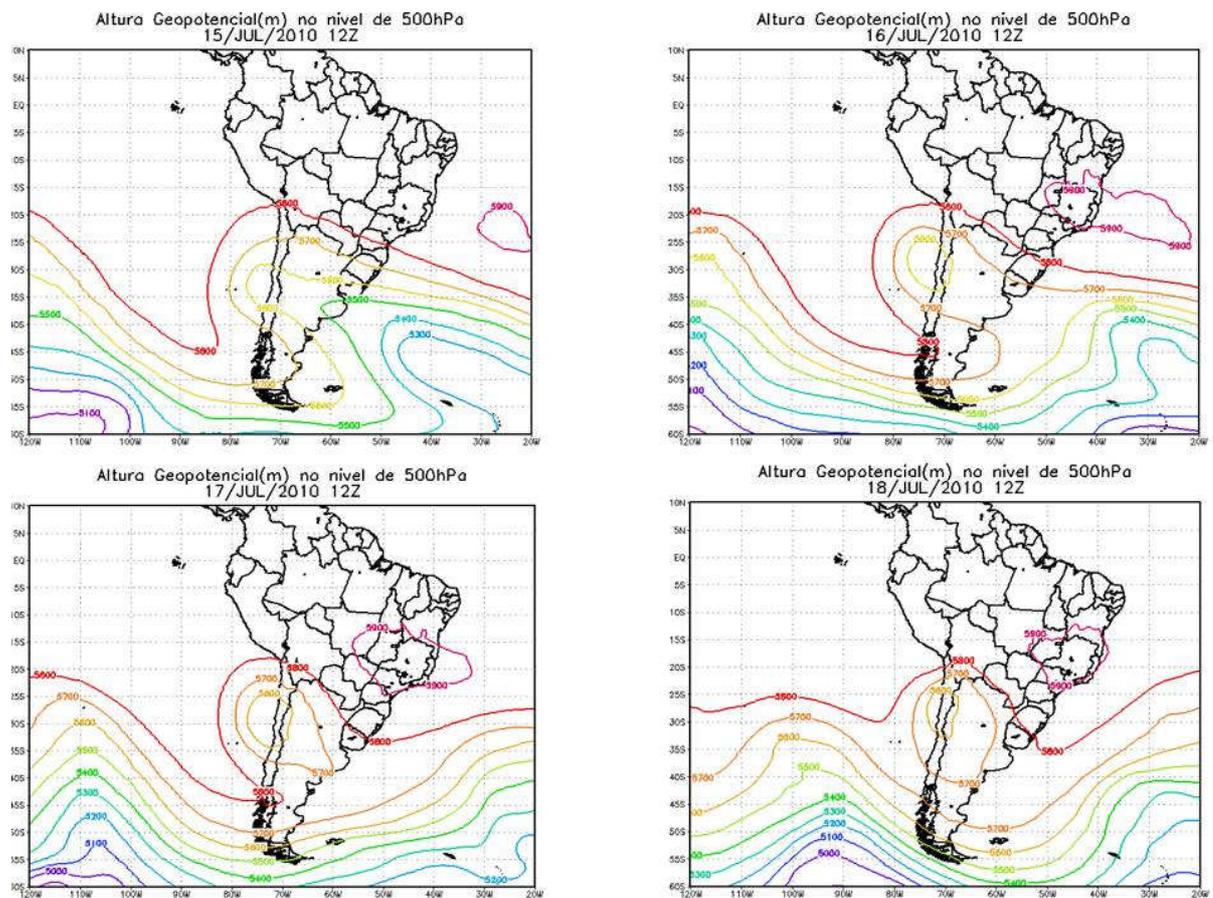


Figura 10: Altura geopotencial em 500 hPa durante o evento de friagem de Julho de 2010.

Os resultados preliminares obtidos nesse estudo mostraram uma coerência com estudos anteriores (Figuras 11 e 12) como os de FORTUN & KOUSKY (1983).

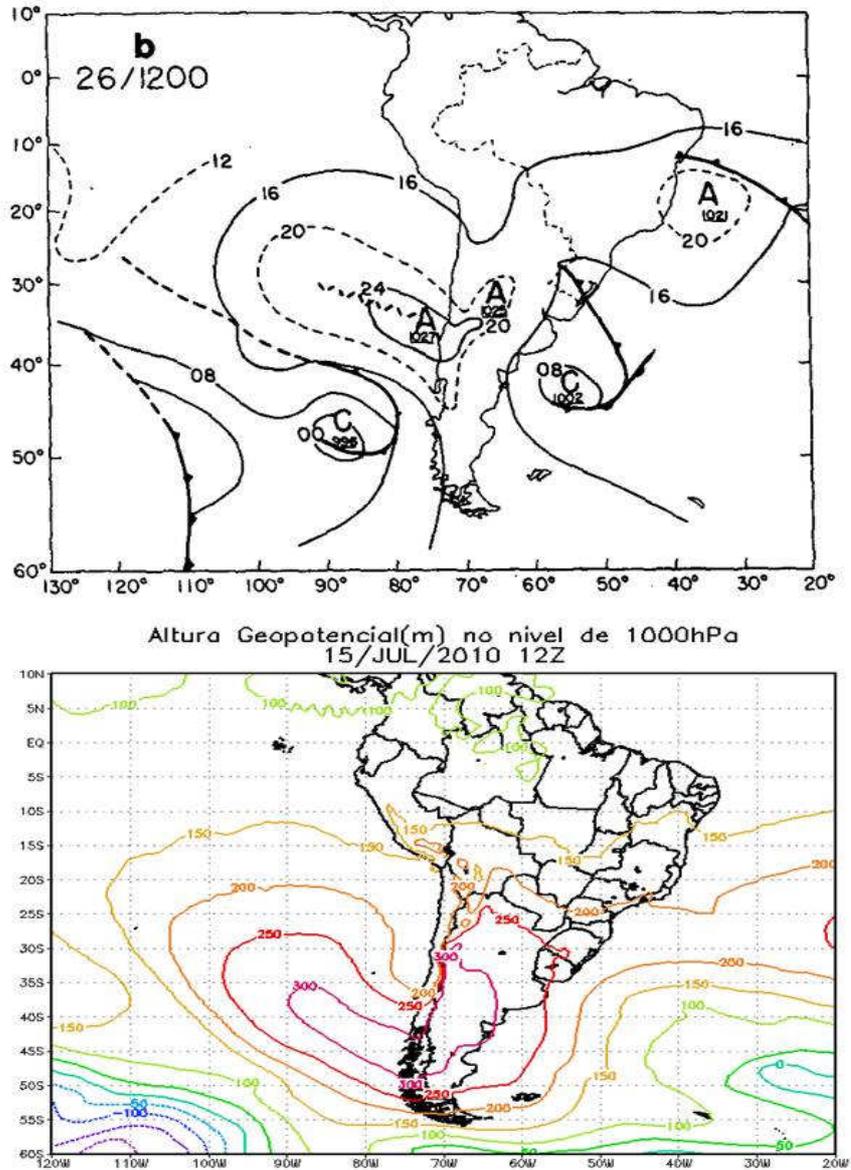


Figura 11: Comparação da espessura geopotencial em 1000 hPa entre os eventos de friagem de Maio de 1979 (Fortune & Kousky, 1983) e o de Julho de 2010.

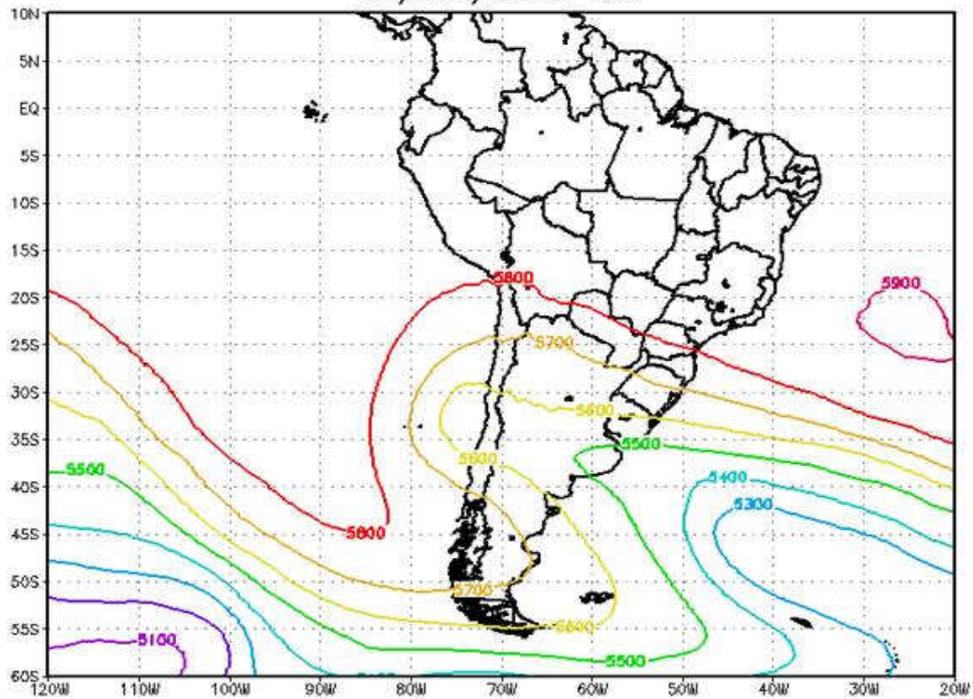
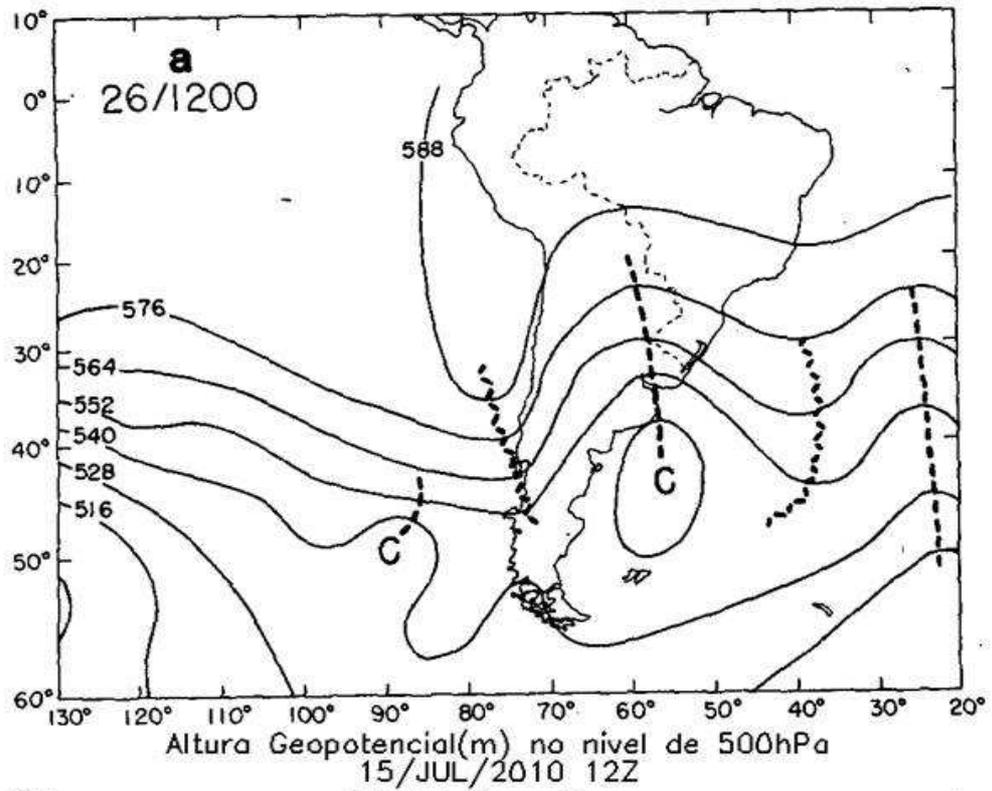


Figura 12: Comparação da espessura geopotencial em 500 hPa entre os eventos de friagem de Maio de 1979 (Fourtune & Kousky, 1983) e o de Julho de 2010.

## **CAPÍTULO 5**

### **5. OS IMPACTOS DAS FRIAGENS NAS CIDADES DO SUDOESTE DO AMAZONAS**

O estado do Amazonas, assim como, grande parte da porção oeste da Amazônia sente os efeitos das incursões de ar frio. Este capítulo tem como objetivo analisar os impactos das friagens na dinâmica populacional das cidades vulneráveis a tais eventos. Os eventos estudados no capítulo anterior mostram que existe a formação de um gradiente térmico de sudoeste para nordeste no estado do Amazonas (Figura 13) causando diferentes impactos nos municípios amazonenses.

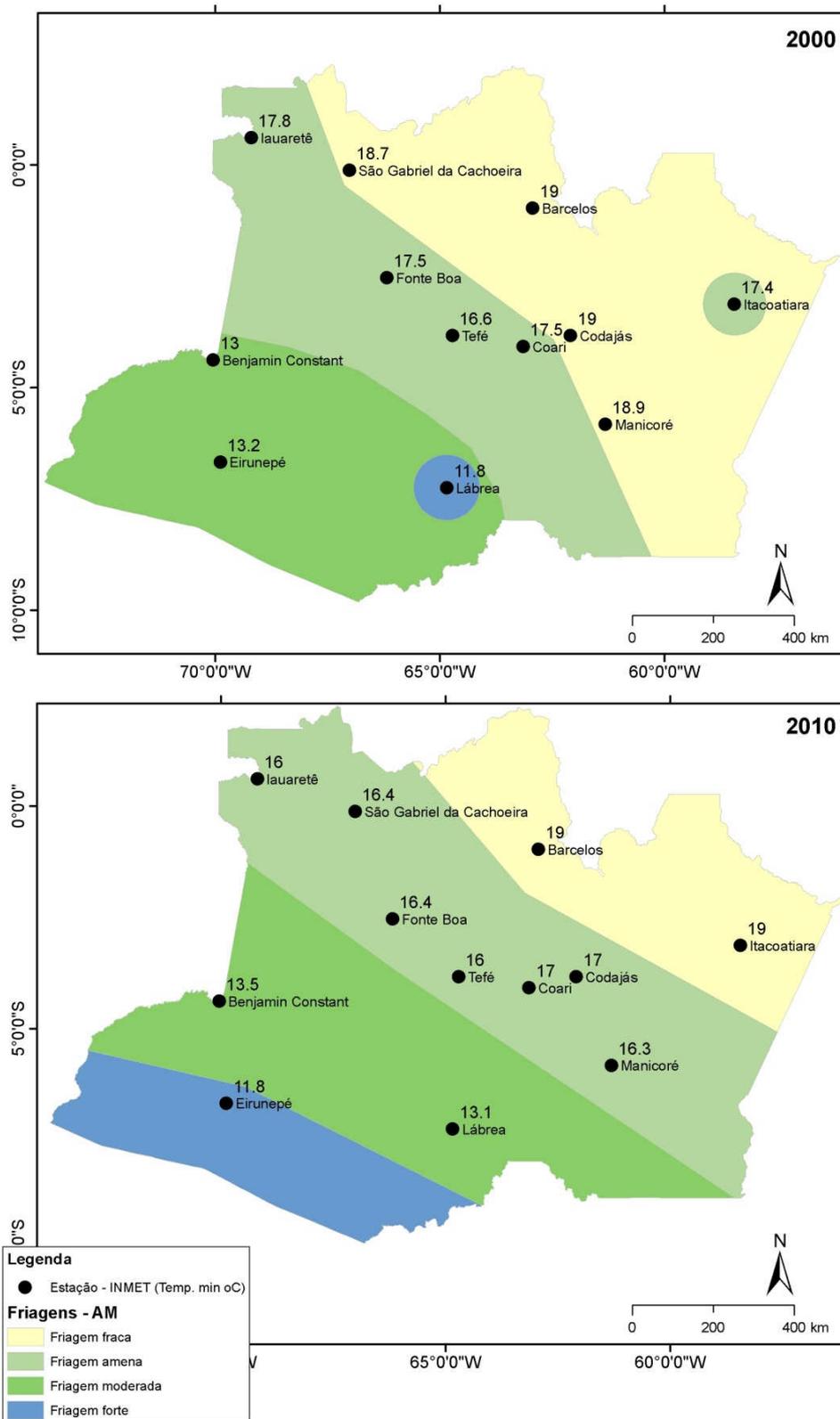


Figura 13: Mapas das temperaturas mínimas e de intensidades dos eventos de friagem de 2000 e 2010. Dados: INMET.

A espacialização dos dados de friagem permite aos gestores públicos o planejamento do financiamento e apoio a implantação de novos projetos agropecuários, bem como ao planejamento dos tipos de espécies que serão reproduzidas em fazendas, como o caso das espécies de peixes amazônicos.

### **5.1 ANÁLISE DOS IMPACTOS UTILIZANDO DADOS DE PRODUÇÃO RURAL – SEPROR.**

Segundo SEBRAE/AM (2001), a pesca constitui uma das principais bases da atividade econômica do estado do Amazonas. É importante tanto no que se refere ao suprimento de proteína animal para a população, como à ocupação de mão-de-obra, à geração de renda e à arrecadação pelo estado.

Em vista da fácil e abundante disponibilidade de alimento que a pesca possibilita, a atividade pesqueira também é responsável pela permanência de boa parte da população no estado na zona rural, livrando os centros urbanos de maior pressão sobre a sua infra-estrutura de serviços. Certamente, não fora essas condições oferecidas pela pesca, o interior amazonense teria se esvaziado com o declínio da economia da borracha. Tornando a vida mais difícil nas cidades. (SUFRAMA, 2001)

O desperdício de pescado, estimado em 30%, a precariedade das estruturas de estocagem e beneficiamento e a pouca preocupação com a sustentabilidade dos estoques pesqueiros naturais são alguns dos principais desafios que o poder público em suas diferentes esferas e a iniciativa privada têm de enfrentar para colocar o setor em um patamar de modernização e eficiência, que assegure o seu desenvolvimento sustentado. (SEBRAE/AM, 2001)

Manaus é o principal centro consumidor de pescado e possui o maior número de embarcações registradas no Amazonas. Essa frota da capital alcança todas as bacias pesqueiras do estado. (AMAZONAS, 2005)

As 10 espécies mais capturadas (em ordem decrescente) no estado são: jaraqui, curimatã, piramutaba, matrinxã, pacu, filhote, surubim, pirapitinga, tambaqui, tucunaré e sardinha. (SEBRAE/AM, 2001)

Filho & Meurer(1997) demonstraram que existe uma relação direta entre a temperatura da água e o crescimento da espécie do peixe Tambaqui(*Cromossomia mocopomum*), demonstraram também que temperaturas menores ou iguais a 15°C provocam uma mortalidade generalizada dos peixes dessa espécie.

O município de Lábrea, no estado do Amazonas, é atingido anualmente pelos eventos de friagem. A passagem desse fenômeno causa transtornos para os criadores de peixes devido a mortalidade pela queda da temperatura nos tanques de criação e lagos da região. a seguir mostra a relação da produção e as temperaturas mínimas registradas em cada ano.

Tabela 16: Dados de produção de peixes durante os anos de 2000 a 2009 no Município de Lábrea-AM.

LÁBREA			
Ano e número de eventos de friagem	Número de produtores	Número de peixes	Temperatura mínima do ar(°C) durante o evento
2000	12	5600	11,8
2001	1	3500	13,2
2002	9	9200	20
2003(2)	4	3500	17,4
2004	6	9200	15,2
2005(2)	5	18000	17,5
2006	20	25000	17,6
2007	5	12000	16,5
2008	-	-	20
2009	10	5029	18,1

Os eventos de friagem de 2000 e 2001 foram os mais intensos do período analisado, sugerindo que ocorreu uma mortalidade de peixes e conseqüentemente queda brusca no número de produtores de pescado. Eram 12 produtores em 2000 e no ano de 2001 só restou 1 produtor. Em relação à quantidade de peixes, caiu de 5600 para 3500 entre 2000 e 2001. Nos anos seguintes (2002 a 2009), os eventos de friagem foram de fraca intensidade, com temperaturas do ar superiores a 15 graus Celsius, dessa maneira a produção de peixes não foi diretamente afetada pelos eventos de friagem, a produção de pescados oscilou por outros fatores, atingindo um pico de

25000 peixes produzidos em 2006. Dessa forma podemos afirmar que os eventos de friagem podem trazer efeitos direto na produção de peixes no estado do Amazonas, principalmente na porção sudoeste do estado.

## **5.2 ANÁLISE DOS IMPACTOS DA FRIAGEM ATRAVÉS DA PERCEPÇÃO DA POPULAÇÃO NAS CIDADES DO SUDOESTE DO AMAZONAS: OS CASOS DE EIRUNEPÉ E ENVIRA**

Nesta etapa do trabalho foram analisados os impactos que os eventos de friagem trazem para as cidades do sudoeste do estado do Amazonas, a pesquisa foi realizada baseada em questionários distribuídos para alunos do curso do Plano Nacional de Formação de Professores da Educação Básica (PARFOR) da Universidade Federal do Amazonas, campus Envira e campus Eirunepé, sudoeste do estado do Amazonas.

### **5.2.1 O IMPACTO DOS EVENTOS DE FRIAGEM NA CIDADE DE EIRUNEPÉ-AM:**

Os alunos da turma do curso de Geografia do pólo PARFOR, campus Eirunepé responderam a 40 questionários sobre a percepção dos eventos de friagem em sua região.

#### **Na sua opinião, as friagens trazem temperaturas agradáveis para a sua região?**

A ampla maioria dos 40 estudantes, 90% deles, acham que o evento da friagem é um fenômeno que leva um certo alívio para o conforto climático, pois mesmo as temperaturas ficando abaixo da média, a friagem ameniza o calor e a umidade, característico da região estudada.

<b>RESPOSTA</b>	<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>
<b>TOTAL</b>	<b>36</b>	<b>4</b>
<b>PORCENTAGEM (%)</b>	<b>90</b>	<b>10</b>

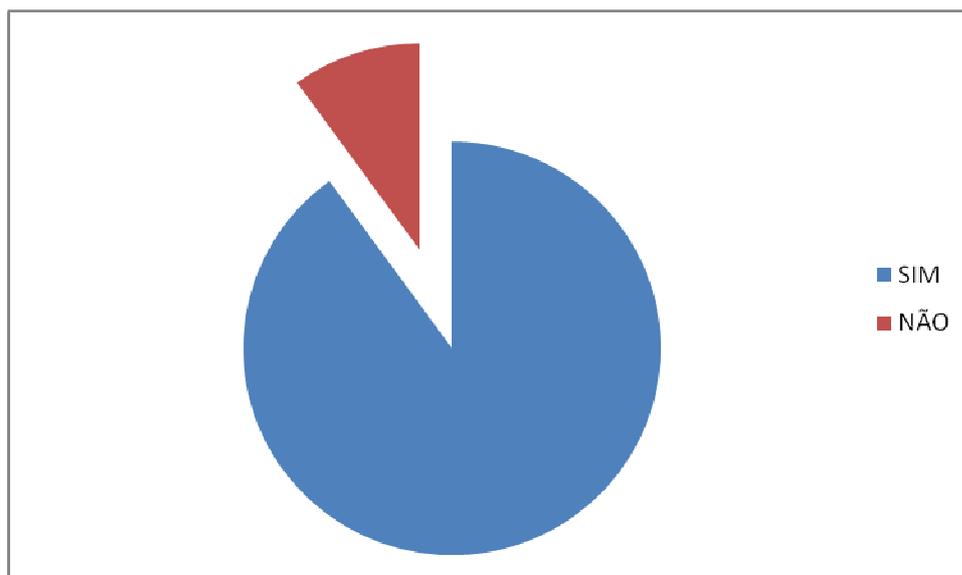


Gráfico 1

### **As friagens trazem algum tipo de incômodo para a sua rotina?**

Para a maioria dos estudantes, 55% deles, as friagens não trazem incômodo para a sua rotina, porém para 45% deles, os eventos dificultam o trabalho ao ar livre, principalmente nas primeiras horas da manhã.

RESPOSTA	SIM	NÃO
<b>TOTAL</b>	<b>18</b>	<b>22</b>
<b>PORCENTAGEM (%)</b>	<b>45</b>	<b>55</b>

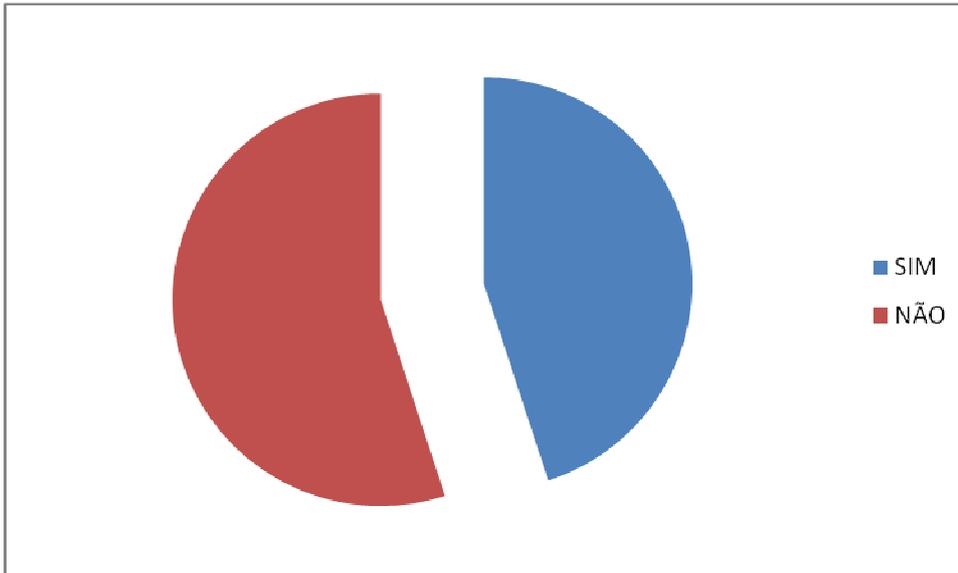


Gráfico 2

**Você acha que as residências da sua cidade estão preparadas para esses eventos de friagem?**

A ampla maioria dos estudantes, 87,5% deles, acham que as suas residências não estão preparadas para tais eventos. Por estar situada numa região equatorial, as construções da cidade de Eirunepé priorizam a ventilação para amenizar o calor e a umidade da região. Dessa maneira, quando a região é atingida por incursões de ar frio a sua população sente o desconforto térmico dentro de suas residências.

RESPOSTA	SIM	NÃO
<b>TOTAL</b>	<b>5</b>	<b>35</b>
<b>PORCENTAGEM (%)</b>	<b>12,5</b>	<b>87,5</b>

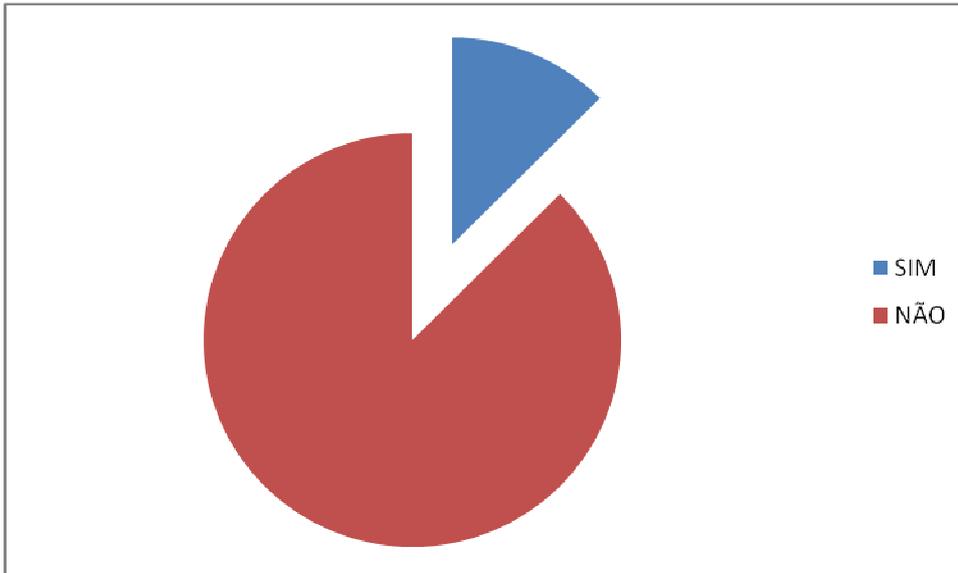


Gráfico 3

### **As suas vestimentas estão adequadas para as friagens?**

O resultado nos mostra que apesar da população residir numa região de clima tipicamente equatorial, onde as temperaturas médias não oscilam muito durante o ano, a maior parte da população, 60% dela, está preparada para se proteger quando tais eventos atingem a cidade.

<b>RESPOSTA</b>	<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>
<b>TOTAL</b>	<b>24</b>	<b>16</b>
<b>PORCENTAGEM (%)</b>	<b>60</b>	<b>40</b>

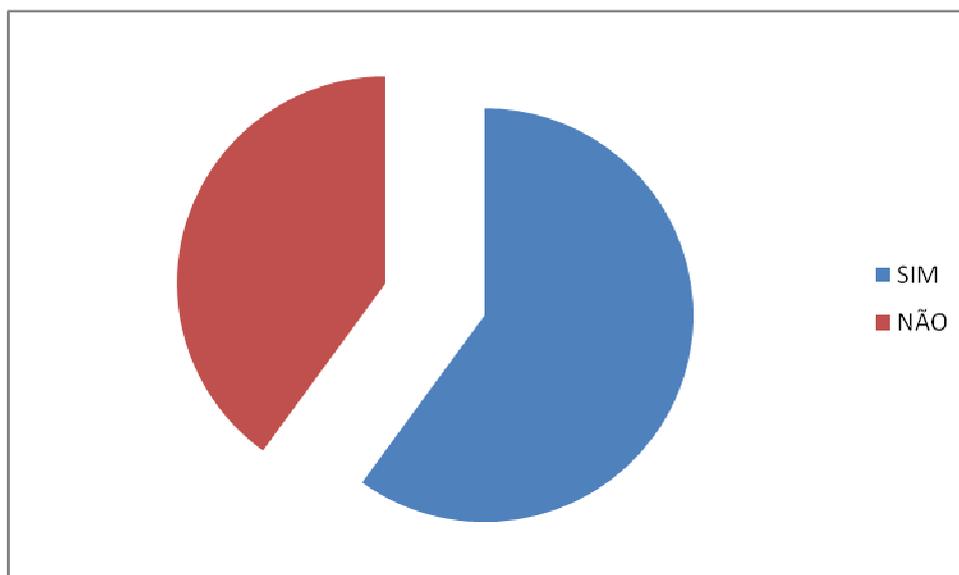


Gráfico 4

### **Você já adoeceu por conta de uma queda brusca de temperatura?**

A maioria das pessoas não teve a sua saúde afetada durante as incursões de ar frio, 62.5% dos estudantes, porém como já vimos anteriormente, as crianças e os idosos ficam mais vulneráveis a tais eventos. Doenças respiratórias e artrites são as mais comuns para a região estudada.

RESPOSTA	SIM	NÃO
<b>TOTAL</b>	<b>15</b>	<b>25</b>
<b>PORCENTAGEM (%)</b>	<b>37.5</b>	<b>62.5</b>

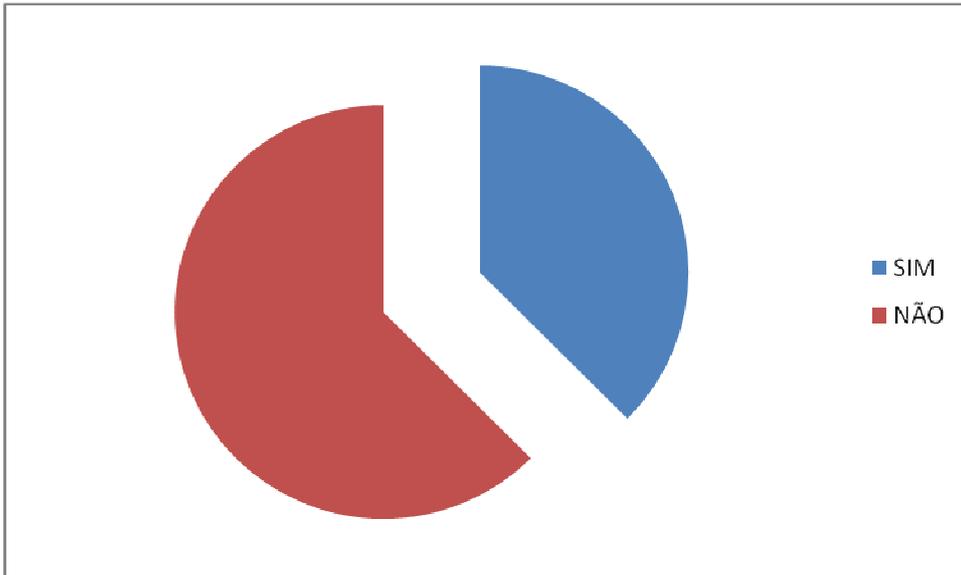


Gráfico 5

**Você já teve algum tipo de prejuízo financeiro por conta da friagem?**

Fica muito evidente que os eventos de friagem não trazem impacto econômico significativo para os estudantes da cidade de Eirunepé.

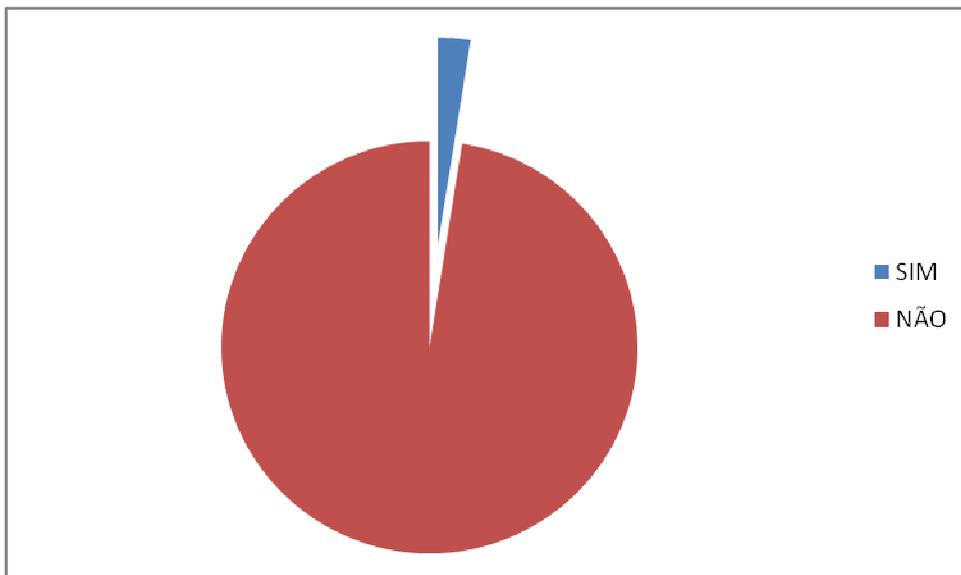


Gráfico 6

### Na sua opinião a friagem é um fenômeno agradável ou desagradável?

Fica bem claro que a maior parte dos estudantes de Eirunepé, 75% deles, acham que o evento da friagem é um fenômeno agradável para a região, amenizando o calor constante da região.

RESPOSTA	AGRADÁVEL	DESAGRADÁVEL
TOTAL	30	10
PORCENTAGEM (%)	75	25

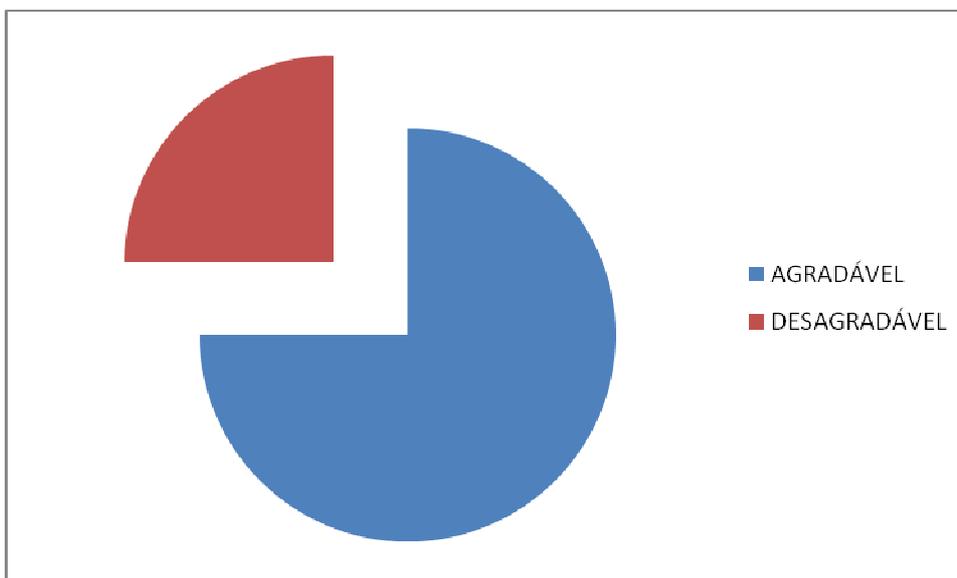


Gráfico 7

### 5.2.2 O IMPACTO DOS EVENTOS DE FRIAGEM NA CIDADE DE ENVIRAM:

Os alunos da turma do curso de Geografia do pólo PARFOR, campus Envira responderam a 46 questionários sobre a percepção dos eventos de friagem em sua região.

#### Na sua opinião, as friagens trazem temperaturas agradáveis para a sua região?

A ampla maioria dos 46 estudantes, 89.1% deles, acham que o evento da friagem é um fenômeno que leva um certo alívio para o conforto climático, pois mesmo as temperaturas ficando abaixo da média, a friagem ameniza o calor e a umidade, característico da região estudada.

RESPOSTA	SIM	NÃO
TOTAL	41	5
PORCENTAGEM (%)	89,1	10,9

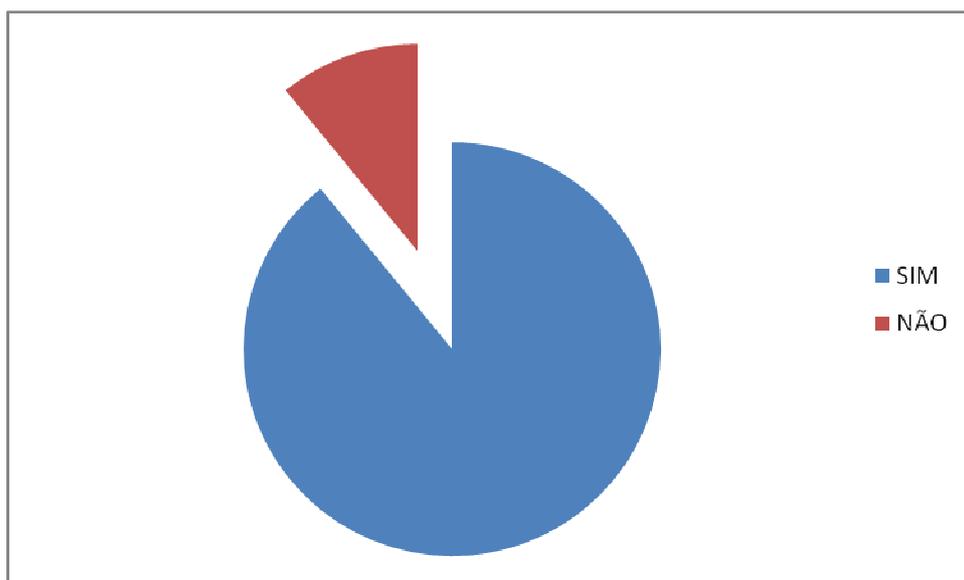


Gráfico 8

### As friagens trazem algum tipo de incômodo para a sua rotina?

Para a maioria dos estudantes, 65.2% deles, as friagens não trazem incômodo para a sua rotina, porém para 34.8% deles, os eventos dificultam o trabalho ao ar livre, principalmente nas primeiras horas da manhã.

RESPOSTA	SIM	NÃO
TOTAL	16	30
PORCENTAGEM (%)	34,8	65,2



Gráfico 9

**Você acha que as residências da sua cidade estão preparadas para esses eventos de friagem?**

A ampla maioria dos estudantes, 84.8% deles, acham que as suas residências não estão preparadas para tais eventos. Por estar situada numa região equatorial, as construções da cidade de Eirunepé priorizam a ventilação para amenizar o calor e a umidade da região. Dessa maneira, quando a região é atingida por incursões de ar frio a sua população sente o desconforto térmico dentro de suas residências.



Gráfico 10

### As suas vestimentas estão adequadas para as friagens?

O resultado nos mostra que apesar da população residir numa região de clima tipicamente equatorial, onde as temperaturas médias não oscilam muito durante o ano, a maior parte da população, 56.5% dela, está preparada para se proteger quando tais eventos atingem a cidade.

RESPOSTA	SIM	NÃO
TOTAL	26	20
PORCENTAGEM (%)	56.5	43.5

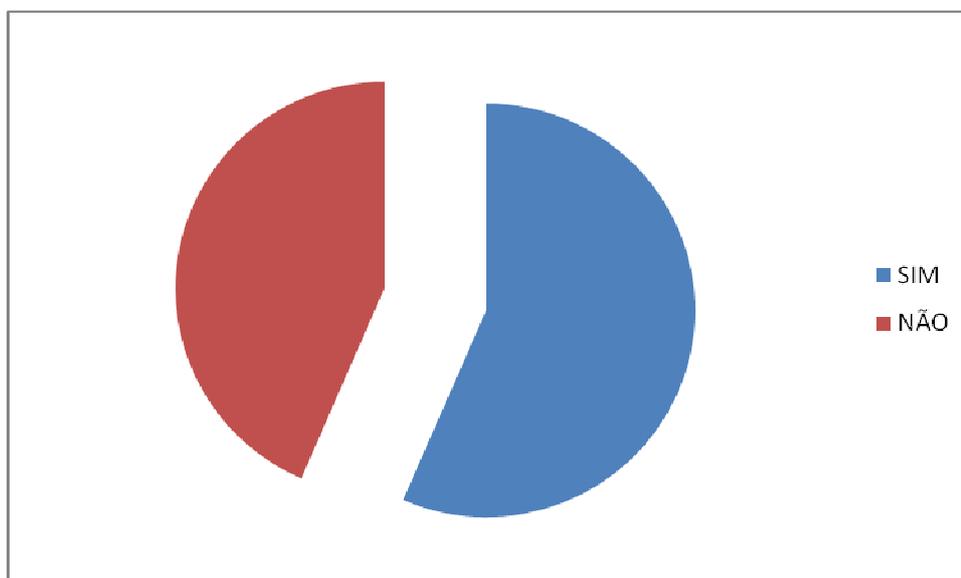


Gráfico 11

### **Você já adoeceu por conta de uma queda brusca de temperatura?**

A maioria das pessoas não teve a sua saúde afetada durante as incursões de ar frio, 58.7% dos estudantes, sendo as crianças e os idosos os mais vulneráveis a tais eventos. Doenças respiratórias e artrites são as mais comuns para a região estudada.

<b>RESPOSTA</b>	<b>SIM</b>	<b>NÃO</b>
<b>TOTAL</b>	<b>19</b>	<b>27</b>
<b>PORCENTAGEM (%)</b>	<b>41.3</b>	<b>58.7</b>

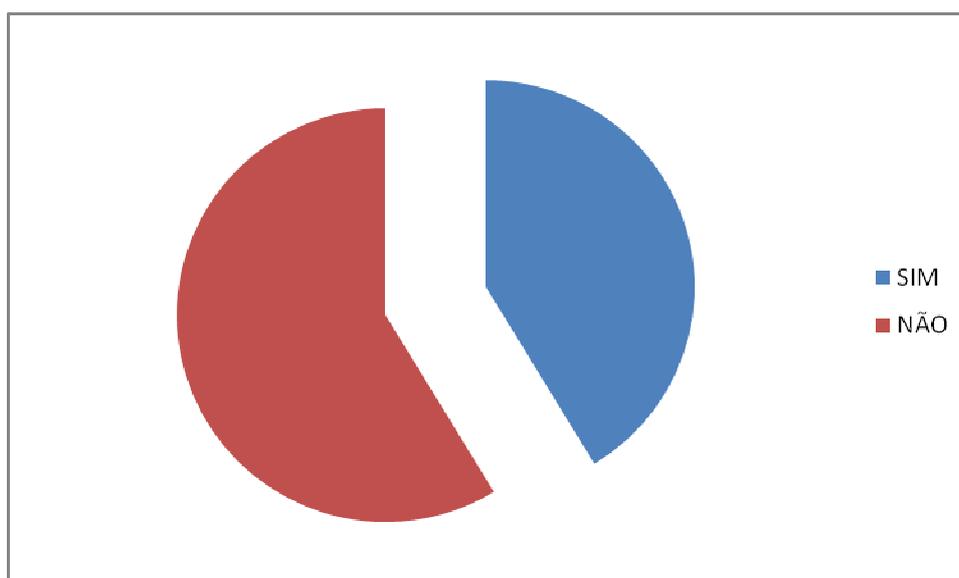


Gráfico 12

### Você já teve algum tipo de prejuízo financeiro por conta da friagem?

Fica muito evidente que os eventos de friagem não trazem impactos econômicos significativos para os estudantes da cidade de Eirunepé.

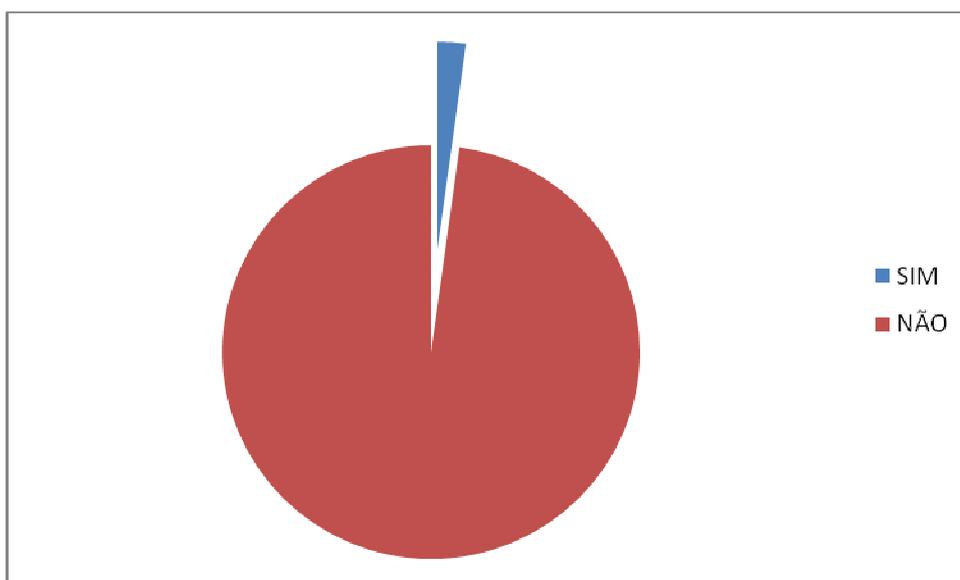


Gráfico 13

### Na sua opinião a friagem é um fenômeno agradável ou desagradável?

Fica bem claro que a maior parte dos estudantes de Eirunepé, 84,8% deles, acham que o evento da friagem é um fenômeno agradável para a região, amenizando o calor constante da região.

RESPOSTA	AGRADÁVEL	DESAGRADÁVEL
TOTAL	39	7
PORCENTAGEM (%)	84.8	15.2

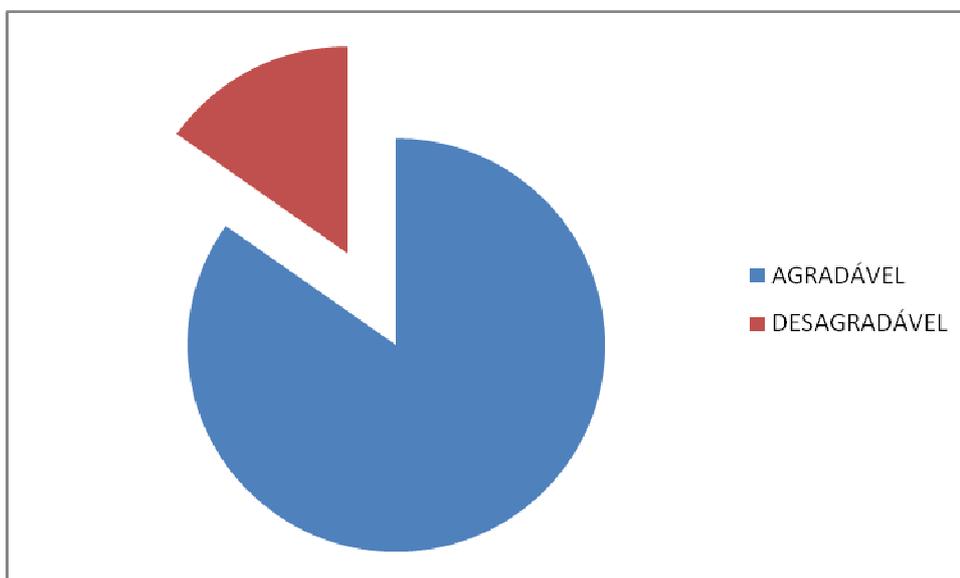


Gráfico 14

### **5.3 A REPERCURSÃO DOS EVENTOS DE FRIAGEM NA MÍDIA AMAZONENSE**

#### **5.3.1 JORNAL A CRITICA**

A pesquisa realizada no Jornal a Crítica de Manaus, mostra que a população ribeirinha e os moradores de rua são os que mais sofrem com os efeitos da friagem na cidade de Manaus (Anexo 1, 2, 3).

#### **5.3.2 INTERNET**

Segundo o Jornal Correio de Notícias de Rondônia, pelo menos quatro pessoas teriam morrido no município de Vilhena-RO devido a forte friagem do dia 17 de Julho de 2010, sendo uma delas uma criança de três anos. A temperatura mínima na cidade foi de 7,6°C, porém com os ventos sensação térmica foi de apenas -3°C (Anexo 4)

No jornal on-line A crítica de Manaus, do dia 21 de Julho apresentou a seguinte reportagem:

Apesar do peixe amazônico ter uma alta capacidade de adaptação para tolerar baixos níveis de oxigênio, milhares de peixes estão morrendo no Amazonas por conta da friagem. A Secretaria de Estado da Produção Rural (Sepror) ainda não contabilizou o número dos prejuízos, mas já há informações de mortandade de tambaqui, tucunaré, matrinxã e curimatã, criados em tanques redes em lagos de Iranduba e Manacapuru, a 27 e 86 quilômetros de Manaus, respectivamente.

No lago do Ariauzinho, em Iranduba, foram necessários dez homens para retirar de sete gaiolas, cerca de 16 toneladas de tambaqui, durante toda a manhã de segunda-feira. Ontem de manhã, morreram outros 80 tambaquis. Os peixes pesavam entre dois e seis quilos e foram vendidos para serem comercializados nas feiras de Manaus. “A tristeza é muito grande. Utilizamos o compressor para oxigenar a água, mas não teve jeito”, lamentou o proprietário do sítio Santo Antônio, o agricultor e piscicultor Francisco Edmilson Ribeiro, 65.

O chefe do departamento de pesca e aquicultura da Sepror, o engenheiro de pesca Ivo Calado, disse que no lago de Santana, em Manacapuru, também morreram peixes por conta da friagem. Segundo ele, a mortandade não ocorre apenas na piscicultura. “A friagem é um fenômeno que atinge o peixe de rio, lago e viveiro. O que acontece é que esfria demais, a água não é movimentada e o peixe sofre com falta de oxigênio”, disse.

Ribeiro é sócio minoritário no negócio do Lago do Ariauzinho, que teve um investimento de R\$ 200 mil, em equipamentos, gerador de energia, compressor, ração e assistência técnica particular. Segundo o agricultor, em três anos, o dono do criatório, um empresário que mora em Manaus, só investiu no negócio. “Ele nunca vendeu peixe daqui. Dizia que era para pesquisa. Ele queria saber até quanto o peixe poderia crescer, para depois ele vender”.

Segundo Ribeiro, no sábado os peixes começaram a colocar a cabeça para cima, na tentativa de buscar oxigênio, e, no fim da tarde de domingo, começaram a morrer. Nem a movimentação da água nas gaiolas, através do

compressor salvou o pescado. Outros peixes naturais do lago, com mandi, jaraqui e curimatã também eram encontrados mortos. Nessa terça-feira, a água já começava a exalar um cheiro de podre.

Para evitar maiores perdas, a Sepror suspendeu a reprodução e orientou aos piscicultores que tem tanque rede a não fazerem o “fechamento”, ou seja, não colocar os alevinos nos tanques. A reprodução deve ser retomada somente na próxima semana.



Proprietário do Sítio Santo Antônio, o agricultor e piscicultor Francisco Edmilson Ribeiro, lamenta a perda de 16 toneladas de tambaqui no último fim de semana (Foto: Ney Mendes)

## CAPÍTULO 6

### 6. CONCLUSÕES

O estado do Amazonas é afetado anualmente pelas incursões de ar frio durante período de Maio à Setembro (inverno austral). Essas massas de ar frio de origem polar, localmente conhecidas por friagens ocasionam quedas bruscas de temperatura do ar e afetam principalmente as cidades do sudoeste do estado do Amazonas, pois a localização dessas cidades coincidem com a direção dos ventos de origem polar, esses ventos são canalizados entre o planalto central brasileiro e a cordilheira dos Andes, Excepcionalmente os eventos de friagem podem ser muito intensos, podendo inclusive ultrapassar a linha do equador e chegar a atingir localidades como o povoado Luaretê, como ocorreu nos eventos de Julho de 2000 e Julho de 2010.

Durante o período analisado, entre os anos de 2000 e 2010, 14 eventos atingiram o estado do Amazonas. Os eventos mais intensos foram intercalados num período de 10 anos, o que sugere que esses eventos mais fortes de ondas de frio estejam associados a padrões interdecadais, como já visto em estudos anteriores (Quispe 2005).

O evento de Julho de 2010 foi considerado o mais intenso do período estudado, nessa ocasião foram verificadas temperaturas de 11.8 °C no sudoeste do estado e 16°C na região noroeste do estado, ao norte da linha do equador. A partir do estudo realizado, encontrou-se o modelo clássico já descrito em trabalhos anteriores, a massa de ar é frio canalizada a sotavento da Cordilheira dos Andes favorece a invasão da friagem na selva amazônica. A alta pressão é intensificada, gerando maior gradiente isobárico com um sistema de baixa pressão, contribuindo o fortalecimento dos ventos meridionais e intensificação da advecção.

A população de estudantes das cidades de Envira e Eirunepé (sudoeste do Amazonas), em sua maioria, não sofre impactos negativos com as incursões de ar frio. Pelo contrário, a grande porcentagem da população analisada, acredita que o fenômeno da friagem alivia o calor equatorial. As crianças e os idosos são os mais vulneráveis a tais eventos, pois o organismo dessa parcela da população é mais sensível à quedas bruscas das temperaturas. Por outro lado, os produtores de peixes, sentem os efeitos desses eventos, pois os animais da região equatorial não estão adaptados à temperaturas baixas na água (inferior a 20°C) e conseqüentemente pode ocorrer mortalidade generalizada dos pescados. Dessa forma, seria interessante criar um sistema de alerta de friagens para os piscicultores, para que estes pudessem criar medidas de prevenção (estufas) para que não ocorra a perda de produção dos peixes amazônicos.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

JORNAL A CRÍTICA DE MANAUS.

[http://beta.acritica.com.br/noticias/Friagem-mata-toneladas-peixes-criadouros\\_0\\_302369766.html](http://beta.acritica.com.br/noticias/Friagem-mata-toneladas-peixes-criadouros_0_302369766.html), 2011.

AMBRIZZI T., Dynamical conditions and synoptic tracks associated with different types of cold surges over tropical South America. *Int. J. Climatology*, 25, 215-241. 2005.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS,

<http://www2.ana.gov.br/Paginas/portais/bacias/amazonica.aspx>, 2011.

CENTRO DE PREVISÃO DO TEMPO E ESTUDOS CLIMÁTICOS, 1998: El Niño especial. In the home page of CPTEC,

[http://www.cptec.inpe.br/products/el\\_ninho/el\\_ninho1p.html](http://www.cptec.inpe.br/products/el_ninho/el_ninho1p.html)

FILHO & MEURER, Limitações e potencialidade do cultivo de Tabaqui na região sub-tropical brasileira. *Boletim Instituto Brasileiro de Pesca*, 1997.

FISCH G., Clima da Amazônia. *Boletim Climanálise*, 1996.

GARREAU, R. D. Cold air incursions over subtropical South America: mean structure and dynamics. *Mon. Weather Rev.*, v. 128, n. 7, p. 2544-2559, 2000.

GIRARDI C., *El Pozo de Los Andes*. 1983

HAMILTON, M. G.; TARIFA, J. R. Synoptic aspects of a polar outbreak leading to frost in tropical Brazil, July, 1972. *Mon. Weather Rev.*, v.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA,  
[www.ibge.gov.br](http://www.ibge.gov.br) , 2010

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA,

<http://www.inmet.gov.br/sim/sonabra/convencionais.php>, 2010.

INSTITUTO SOCIO-AMBIENTAL (ISA),

<http://www.socioambiental.org/prg/rn.shtm>, 2011.

- KOUSKY, V. E. Frontal Influences On Northeast Brazil. *Monthly Weather Review*, v. 107, n. 9, p 1140 – 1153, 1979.
- KOUSKY, V. E. , ELIAS, M. *Meteorologia Sinótica: Parte I* .São Jose dos Campos, INPE, p 118.
- KOUSKY, V. E. & FERREIRA, N. J. 1981. Interdiurnal Surface Pressure Variations In Brazil: Their Spatial Distributions ,Origins And Effects. *Monthly Weather Review* V 109, p 1999 a 2008.
- KOUSKY, V. E., GAN, M. A. Upper tropospheric cyclonic vortices in the tropical South Atlantic. *Tellus*, v. 33(6), p. 538-551. 1981.
- KOUSKY, V. E. e M. T. KAYANO. Principal modes of outgoing longwave radiation and 250-mb circulation for the South American sector. *J. Climate*, 7, 1131-1143, 1994.
- KOUSKY, V. E. & VIRJI, H. 1982, A Entrada De Um Sistema Frontal Em Latitudes Baixas E Seus Efeitos Na Atividade Convectiva Tropical. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 2., 1982, Pelotas. Anais... v 2, p 162 a 179.
- LUPO, A. R. , NOCERA, J. J. , BOSART, L. F. , HOFFMAN, E. G. , KNIGHT, D. J. 2001. South America Cold Surges: Types, Composites, and Case Studies. *Monthly Weather Review*, v. 129, p 1021-1041.
- MARENGO, J. A.; NOBRE, C.; CULF, A. D. Climatic impacts of “friagens” in forested and deforested areas of the Amazon basin. *J. Appl. Meteorol.*, v. 36, n. 11, p. 1553-1566, 1997a.
- , et al. Cold surges in tropical and extratropical South America: the strong event in June 1994. *Mon. Weather Rev.*, v. 125, n. 11, p. 2759-2786, 1997b.
- OLIVEIRA, G. O., MARENGO, J. A., KOUSKY, V. O Final do Episódio El Niño 1997/98 e o Desenvolvimento ea Intensificação do La Niña 1998/99. CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10,

Brasília, Anais do X Congresso Brasileiro de Meteorologia, CD-ROM, 1998

MATTOS, L. F. Frontogênese na América do Sul e precursores de friagem no estado de São Paulo. 2003. 213 p. (INPE-11519-TDI/957). Tese (Doutorado em Meteorologia) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2003.

MATTOS, F.L. Os dezoito casos mais intensos de friagem na amazônia no período 1975-2009 Anais do Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2010.

MINISTÉRIO DOS TRANSPORTES, 2010.

MYERS, V.A. A cold front invasion of Southern Venezuela. Mon. Weather Rev., v. 92, n. 11, p. 513-521, 1964.

NATIONAL CENTERS FOR ENVIRONMENTAL PREDICTION (NCEP) / NATIONAL CENTER FOR ATMOSPHERIC RESEARCH (NCAR). <http://www.cdc.noaa.gov>, 2010.

OLIVEIRA, A. S., 1986. Interações Entre Sistemas Frontais na América do Sul e a Convecção da Amazônia, Dissertação De Mestrado, INPE

OLIVEIRA, G. O., SATYAMURTY, P. O. El Niño de 1997/98: Evolução e Impactos no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE METEOROLOGIA, 10, Brasília, Anais do X Congresso Brasileiro de Meteorologia, CD-ROM, 1998

OLIVEIRA, L. L.; VIANELLO, R. L.; FERREIRA, N. J. Meteorologia Fundamental. Rio Grande do Sul, Erechim/RS: EdiFAPES, 2001.

ORLANSKI, I., A rational subdivision of scales for atmospheric processes. Bulletin of American Meteorological Society, v.56, p. 527-534, 1975.

PARMENTER, F. C. A Southern Hemisphere cold front passage at the Equator. B. Am. Meteorol. Soc., v. 57, p. 1435-1440, 1976.

PEDROTTI, C.B.M., estudo climatológico das geadas ocorridas em pelotas associadas aos fenômenos el niño e la niña, 2002.

PROJETO MADEIRA, <http://www.ictiomadeira.com.br/>, 2011.

QUISPE G. N., Condiciones Sinópticas de La Incursión de una Masa de Aire Frío en Sudamérica y su Impacto en los Cultivos de la Selva; Caso específico: Verano de 1996 e Invierno de 2000. Tesis de Ingeniero Meteorólogo UNALM, Lima- Perú, 2005.

ROLDÁN G.A. Condiciones Sinópticas de la Incursión de una Masa de Aire Frío en Sudamérica: caso julio 2000 y su impacto en la Selva Peruana, 2005.

SANCHO S.F., Análisis de los “frijes” en la amazonía peruana durante mes de julio del 2000. Instituto Geofísico del Perú. V.2 p. 21-30, 2001.

SECRETARIA DE PRODUÇÃO RURAL DO ESTADO DO AMAZONAS (SEPROR), 2011.

SERRA A. B.; RATISBONA L. As ondas de frio na Bacia Amazônica. Serviço de Meteorologia-Ministério da Agricultura, Rio de Janeiro, 1941.

SILVA N.L.; A extensão rural na agricultura familiar no município de Tefé- Amazonas. Anais Embrapa, 2010.

SOUSA JÚNIOR, W. C 2005 A bacia do rio Purus: geografia, ocupação e sociedade. VERA, C. S.; VIGLIAROLO, P. K. A diagnostic study of cold-air outbreaks over South America. Mon. Weather Rev., v. 128, n. 1, p. 3-24, 2000.

VERA, C. S. , VIGLIAROLO, P. K. , BERBERY, E. H. 2002. Cold Season Synoptic-scale Waves Over Subtropical South America. Monthly Weather Review, v.130, no. 3.

VIRJI, H. & KOUSKY, V. E. 1983. Regional and Global Aspects Of A Low Latitude Frontal Penetration In Amazonas And Associated Tropical Activity. In: INTERNACIONAL CONFERENCE ON SOUTHERN

HEMISPHERE METEOROLOGY, São José dos Campos - SP -  
Brasil.