

SECRETARIA DE ESTADO DA CIÊNCIA E TECNOLOGIA – SETEC
INSTITUTO DE PESQUISAS CIÉNTÍFICAS E TECNOLÓGICAS DO ESTADO DO AMAPÁ – IEPA
NÚCLEO DE HIDROMETEOROLOGIA E ENERGIAS RENOVÁVEIS - NHMET

JONATHAN CASTRO AMANAJÁS
VALDINEI DA SILVA ROCHA

RELATÓRIO FINAL DA BOLSA DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA
PROJETO:

**ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DE PREVISIBILIDADE DO MODELO MESO ETA
PARA AS CONDIÇÕES DE TEMPO E DO CLIMA DO ESTADO DO AMAPÁ**

Macapá – AP
2006

FICHA TÉCNICA

Execução do Projeto

Jonathan Castro Amanajás

Universidade Federal do Amapá - Graduando em Matemática

Valdinei da Silva Rocha

E. E. Marechal Castelo Branco – Ensino Médio

Orientadores

Dr. Alan Cavalcanti da Cunha

Msc. Edmir dos Santos Jesus

Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá - IEPA

Núcleo de Hidrometeorologia e Energias Renováveis - NHMET

Equipe de Apoio

Dr. João Roberto Pinto Feitosa

Dr. Alaen Ubaiara de Brito

Msc. Daniel Gonçalves das Neves

Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá - IEPA

Núcleo de Hidrometeorologia e Energias Renováveis - NHMET

Fotos

Jonathan Castro Amanajás

Alan Cavalcanti da Cunha

Edmir dos Santos Jesus

SUMÁRIO

RESUMO.....	4
APRESENTAÇÃO.....	5
1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	7
2. OBJETIVOS.....	7
2.1. Geral.....	7
2.2. Específicos.....	7
3. RESULTADOS ESPERADOS.....	7
4. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS.....	8
4.1. Pelo Bolsista de Ensino Médio.....	8
4.2. Pelo Bolsista de Ensino Superior.....	9
5. DISCUSSÃO.....	12
5.1 Macapá.....	12
5.2 Oiapoque.....	13
5.3 Serra do Navio.....	15
5.4 Pacuí.....	16
6. OUTRAS ATIVIDADES DE INTERESSE UNIVERSITÁRIO.....	18
7. RESULTADOS ALCANÇADOS.....	18
8. CONCLUSÃO.....	20
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	21
10. BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS.....	21
11. ANEXOS.....	22
11.1 Artigo publicado em congresso.....	23
11.2 Boletim Meteorológico.....	29

RESUMO

O presente estudo objetivou avaliar a eficiência de previsão do Modelo Meso ETA, utilizado operacionalmente na previsão do tempo, clima e recursos hídricos para o Estado do Amapá. Tal estudo é da mais alta relevância para a região, vez que praticamente todas as áreas do conhecimento tenderão a utilizar o sistema para os mais variados fins, desde a aplicação ao setor econômico-produtivo-científico do Estado, até a simples verificação da temperatura do ar ou a ocorrência de chuvas, para conhecimento da população e o socorro de vítimas em eventos críticos ligados ao tempo. A metodologia utilizada comparou as faixas de precipitação pluviométricas acumuladas, geradas pelo Modelo Meso ETA e dados pluviométricos observados pelas Plataformas Automáticas de Coletas de Dados – PCDs, Agrometeorológicas e Meteorológicas, localizadas respectivamente em Macapá, Pacuí, Oiapoque e Serra do Navio. As saídas do Modelo foram configuradas para uma integração de até 72 horas com intervalos de 3 em 3 horas, com resolução horizontal de 15 km X 15 km e rodada da 00 h e 12 h. Como resultados foram obtidos gráficos de dispersão entre dados observados e informações interpretadas pelo Modelo para o trimestre Junho, Julho e Agosto de 2006, que mostram a correlação entre dados observados e valores previstos. Os resultados indicam que o Modelo Meso ETA prevê com maior precisão a precipitação pluviométrica acumulada para os meses menos chuvosos - julho e agosto, ou seja, o Modelo não prevê bem precipitação pluviométrica para períodos de transição entre estações climáticas. Essa tendência poderá ser futuramente compensada com o aumento da densidade de PCDs no Estado e a redução na malha de resolução horizontal do modelo.

Palavras-Chave: Modelo Meso ETA, Dados de PCD, Sazonalidade.

APRESENTAÇÃO

Considerando-se os aspectos relacionados à proteção, conservação e usos múltiplos dos recursos naturais do Estado do Amapá, o presente estudo gerou informações específicas sobre a eficácia da previsibilidade do Modelo Meso ETA, instalado no Núcleo de Hidrometeorologia e Energias Renováveis do Instituto de Pesquisas Científicas e Tecnológicas do Estado do Amapá - NHMET/IEPA.

Tais estudos tornaram-se referencias importantes na geração de informações das condições de tempo e estudos climáticos, com elevado retorno social e econômico (previsão de tempo, estudos de impactos ambientais, determinação das demandas energéticas do Estado, análise de cenários específicos, etc.), cujos objetivos principais têm sido atender às demandas dos principais usuários dos produtos tecnológicos nele gerados. Dentre os principais usos das informações apontamos as seguintes: a) implantação de novas barragens no Estado, b) instalação de novas indústrias de mineração e exploração de recursos naturais, c) construção e manutenção de estradas de rodagem e ferrovias, d) novos avanços científicos e tecnológicos, e) setores produtivos específicos – como a agricultura e defesa civil, f) mídia impressa e televisiva, entre outros.

Um outro aspecto de importância para a presente pesquisa é a temática da influência climática e do tempo, que governam o comportamento de plumas de poluentes atmosféricos na capital Macapá e Santana, ante a dispersão residual e de efluentes gasosos na atmosfera em áreas urbanas (Termoelétrica de Santana) e rurais (Distrito Industrial de Santana), os quais apresentam interesse para estudos de avaliação de possíveis consequências à saúde humana e ao meio ambiente em geral. Destaque também tem sido dado às mudanças sazonais do tempo e do clima (inverno e verão), cujas análises têm sido executadas com o uso e aplicação das saídas de previsão de tempo do modelo Meso ETA em comparação simultânea aos dados observados em superfícies - PCDs, (CUNHA, 2003).

Em um nível mais detalhado, a presente pesquisa descreveu também a sistematização e geração de informações hidrometeorológicas que estão sendo relacionadas com as saídas gráficas e numéricas do Modelo. Em síntese, descreveram-se alguns dos principais resultados da revisão bibliográfica e das investigações obtidas a partir das rodadas do Modelo Numérico de Meso-escala ETA (de junho a agosto de 2006). Nesse sentido, o presente projeto de pesquisa visou o desenvolvimento de um método científico simplificado (subjetivo) para levantamento das características de respostas do modelo quanto à sua capacidade de previsão do tempo, sua análise temporal e as comparações com dados de PCDs de superfície para avaliar sua eficácia.

Tais respostas foram importantes para atender às demandas e preocupações científicas do projeto, bem como atender a alguns questionamentos sócio-ambientais e econômicos do Estado. Desta forma, buscou-se compreender e interpretar, com auxílio de outras ferramentas técnicas (imagens de satélites, sondagens atmosféricas verticais, uso de informações de outros modelos numéricos, etc.), e principalmente dos registros da Estação Meteorológica do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET, localizada no Distrito da Fazendinha, os quais são de pelo menos 38 anos, como se comporta o tempo no Estado do Amapá.

As variáveis observadas pelas PCDs Agrometeorológicas foram: Precipitação Pluviométrica (mm), Umidade Relativa do Ar (%), Pressão Barométrica (hPa), Temperatura Média do ar ($^{\circ}$ C), Temperatura Máxima do ar ($^{\circ}$ C), Temperatura Mínima do ar ($^{\circ}$ C), Radiação Solar Acumulada (MJ/m²), Direção (graus) e Velocidade (m/s) do Vento, e Temperatura e Quantidade de Água no Solo.

1. LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de aplicação da pesquisa compreende, a rigor, todo o Território do Estado do Amapá (Figura 1). Contudo, alguns aprofundamentos foram direcionados para a capital Macapá, e para os municípios de Santana, Oiapoque, Serra do Navio, Pacuí, Laranjal do Jarí e Ferreira Gomes (locais detentores de PCDs), os quais são os principais demandantes dos produtos gerados pelo NHMET/IEPA. Destaque foi dado às estações do tipo Meteorológicas (Oiapoque e Serra do Navio) e Agrometeorológicas (Macapá e Pacuí). Os estudos desenvolvidos trataram da sistematização das informações hidrometeorológicas em banco de dados (Planilha Excel - Microsoftware) utilizando os modelos numéricos regionalizados desenvolvidos na presente pesquisa.



Figura 1: Mapa do Amapá, com localização das principais PCDs.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral:

Usar o Modelo Meso ETA para análise e estudo das condições do tempo e do clima no Estado do Amapá.

2.2. Específicos:

- Comparar respostas do modelo Meso ETA com os dados gerados pelas PCDs de superfície;
- Aplicar a estatística descritiva e inferencial para avaliar a capacidade de previsão do Modelo Meso ETA – análise de regressão linear (Precipitação Pluviométrica Acumulada prevista pelo Modelo Meso Eta x Precipitação Pluviométrica Acumulada observadas pelas PCDs);
- Elaboração de indicadores que quantifiquem os desvios da previsão com os dados observados, como a identificação de períodos de transição entre estações – verão e inverno – e anomalias climáticas como chuvas acima das normais climatológicas.

3. RESULTADOS ESPERADOS

Com a obtenção dos dados hidrometeorológicos fornecidos pelas PCDs e com a aquisição das suas respectivas informações, poderemos divulgar com mais exatidão e confiabilidade as variações espaço-temporais das principais condições meteorológicas reinantes em determinadas regiões do Estado, com possibilidade de detalhamentos específicos

de cada localidade ou período escolhidos previamente em cada situação do tempo e do clima. Abaixo, os principais resultados a serem atingidos:

- a) Caracterizar climaticamente o Estado em sub-regiões, com o compromisso de apresentar uma melhor caracterização dessas zonas regionais – com foco em Macapá, Santana, Pacuí, Serra do Navio e Oiapoque – locais onde estão localizadas as PCDs Agrometeorológicas e Meteorológicas;
- b) Divulgar aos usuários os produtos científico-tecnológicos do NHMET, no que diz respeito às condições atmosféricas daquela região – boletins de previsão do tempo, análises do clima, estudos sistemáticos para compreender suas especificidades locais;
- c) Modelar e analisar a eficácia da previsibilidade do Modelo Meso Eta para o Estado do Amapá, com o uso das ferramentas estatísticas – correlação linear entre variáveis do modelo meso eta e dados observados das PCDs.

4. ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

Para a realização deste relatório final foram necessários direcionar investigações utilizando o método de pesquisa quantitativo estatístico, que consiste em visitas de campo com posteriores análises dos dados coletados (coleta de água precipitável, armazenada no pluviômetro de campo do IEPA Fazendinha); observações e pesquisas em fontes secundárias, com consultas bibliográficas a partir de trabalhos realizados sobre a área de estudo como, artigos e pesquisas disponíveis em órgãos e centros de pesquisas como o Centro de Pesquisas do Tempo e Clima - CPTEC/INPE e o IEPA. Trabalhou-se também na coleta *on line* e tabulação de dados, analisados através de operações aritméticas como somas e médias ponderadas e ajustes estatísticos. As técnicas instrumentais utilizadas foram recursos *web* (Planilhas do *Microsoft Excel*), microcomputador, máquina fotográfica digital e livros. Abaixo, definem-se as atividades desenvolvidas pelo bolsista de Ensino Médio e pelo Bolsista de Nível Superior.

4.1. Atividades Desenvolvidas pelo Bolsista de Nível Médio

Os trabalhos foram realizados em quatro etapas:

- 1) Primeiramente, breves consultas bibliográficas foram feitas na literatura acerca do tema, a fim de conhecer o significado das principais variáveis meteorológicas utilizadas em nossas pesquisas, como precipitação pluviométrica, temperatura do ar, pressão barométrica e umidade relativa do ar;

2) A segunda etapa consistiu na escolha das principais estações Agrometeorológicas (Estação de Macapá e Pacuí) e Meteorológicas (Estações de Oiapoque e Serra do Navio) do Estado, para monitorá-las. Esse monitoramento refere-se a coletas diárias dos dados observados (Figura 2), aos quais são armazenados e tabulados em Planilhas Excel;

3) Realizadas as duas primeiras etapas, sendo a segunda realizada freqüentemente, a terceira etapa consistiu no monitoramento de duas novas estações, sendo estas Hidrometeorológicas (Ferreira Gomes e Laranjal do Jarí). O objetivo foi conhecer como se comporta o tempo em diferentes áreas do Estado, e estarmos atentos para os possíveis eventos críticos que podem vir a ocorrer, como os fenômenos meteorológicos adversos, tais como as enchentes ocasionadas pelo aumento do nível de marés e as queimadas ocasionadas em decorrência de secas prolongadas, micro estiagens, etc.;

4) A última atividade realizada pelo bolsista de nível médio foi, executar um levantamento dos possíveis “sítios”, em que se podem encontrar informações mais técnicas a respeito das variáveis e fenômenos meteorológicos reinantes na atmosfera tropical, tais como tornados, ventanias, enchentes e efeitos de mudanças globais (efeito estufa e buraco na camada de ozônio).

O objetivo foi, catalogar o acervo bibliográfico existente sobre a pesquisa, nos órgãos competentes (Biblioteca Pública do Estado, Escolas Públicas, Bibliotecas Institucionais e sites de busca), de forma que possa-se educar a população quanto a importância da preservação ambiental e os riscos dos impactos ambientais para sua sobrevivência.

4.2. Atividades desenvolvidas pelo bolsista de Nível Superior

Os trabalhos foram realizados em quatro etapas:

1) A primeira etapa consistiu na busca de referencial teórico sobre Meteorologia, Climatologia e Modelos Numéricos para previsão de tempo, representados por Equações Diferenciais Ordinárias – EDOs, em especial o Modelo Numérico Regional de Meso Escala ETA (Figura 3), que está configurado para uma integração de até 72 horas, com intervalos de 3 em 3 horas, e uma resolução horizontal de 15 km X 15 km, rodadas às 00 h e 12 hs (CPTEC, 2006).

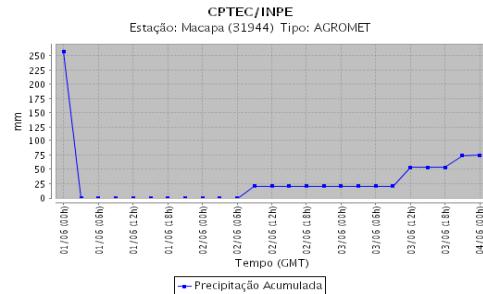


Figura 2: Gráfico de precipitação acumulada (mm) registrada pela PCD Macapá.

$$\eta = \frac{p - p_t}{p_s - p_t} \left[\frac{p_r(z_s) - p_t}{p_r(0) - p_t} \right]$$

Figura 3: Equação da Coordenada Vertical do Modelo ETA.

De acordo com Jacobson (1999), as variáveis meteorológicas são simuladas para resolver um conjunto de equações diferenciais e parametrizáveis, incluindo a equação de momento, energia termodinâmica, a equação da continuidade, equação de estado e a equação da continuidade para a água.

Tais pesquisas literárias foram realizadas em livros, periódicos e artigos encontrados na biblioteca do IEPA. Além disso, foram realizadas consultas em *sites* na *internet*.

2) Na segunda etapa conduziram-se as pesquisas instrumentais como: acompanhamento de instalação (Figura 4) de novas plataformas automáticas (Estação Agrometeorológica de Macapá e Pacuí) e visitas de manutenção em outras já existentes (Estação de Serra do Navio e Oiapoque), sendo tudo registrado em fotografias e vídeos – datada de 25 e 26 de novembro de 2005, respectivamente.



Figura 4: PCD Macapá, localizada na área interna do 34º BIS.

3) A terceira etapa consistiu em análises minuciosas dos dados coletados *on line* na página eletrônica do CPTEC (dados coletados pelo bolsista de nível médio), referente aos dados observados pelas PCDs, quanto as variáveis meteorológicas como precipitação; temperaturas médias, máximas e mínimas; umidade relativa do ar; pressão barométrica; radiação solar acumulada; temperatura e quantidade de água no solo; direção e velocidade do vento.

De posse desses dados, foram feitas as respectivas tabulações e análises estatísticas. Como resultados foram construídos gráficos para o estudo do comportamento de tais variáveis meteorológicas, de acordo com as séries históricas disponíveis (somente Macapá), bem como utilizar tais informações para a discussão e construção dos boletins semanais e mensais.

4) A quarta etapa consiste na verificação da confiabilidade do modelo numérico ou análise de resultados, a partir da comparação dos dados observados pelas plataformas e o previsto pelo modelo em suas rodadas diárias. Comparados os dados observados e os previstos pelo modelo, são construídos gráficos de desvio padrão para avaliarmos sua confiabilidade em relação à previsão do tempo, previsões estas de suma importância para elaboração dos Boletins Meteorológicos.

A metodologia aplicada para tais análises consistiu de três novas etapas, iniciada com a tabulação, organização e análise estatística dos dados de precipitação pluviométrica acumulada (mm), obtidos a partir dos registros diários das PCDs Agrometeorológicas de

Macapá (Figura 4) e Pacuí, e Meteorológicas de Oiapoque e Serra do Navio, no período de Junho a Agosto de 2006.

Simultaneamente foram coletadas as saídas gráficas de previsão do Modelo Regional de Meso Escala ETA do NHMET/IEPA, realizadas diariamente a partir de maio de 2006, sendo escolhidas as rodadas diárias dos meses de junho, julho e agosto de 2006, haja vista que nesse período foi executado, sem interrupções, as rodadas de previsão pertinentes, tal como indicada pela Figura 5. Coletadas as cartas, partiu-se para a análise visual das saídas gráficas do Modelo, cujas resoluções das faixas de cores constam na escala definida pela Figura 5. Para cada faixa colorimétrica diferencial foi atribuído um novo valor entre 1 e 10, para a precipitação acumulada.

Entre 0 e 2, atribuí-se o valor 1; maior que 2 a 5, atribuí-se o valor 2; maior que 5 a 10, atribuí-se o valor 3; maior que 10 a 15, atribuí-se o valor 4; maior que 15 a 20, atribuí-se o valor 5; maior que 20 a 30, atribuí-se o valor 6; maior que 30 a 50, atribuí-se o valor 7; maior que 50 a 70, atribuí-se o valor 8; maior que 70 a 100, atribuí-se o valor 9; maior que 100 atribuí-se o valor 10.

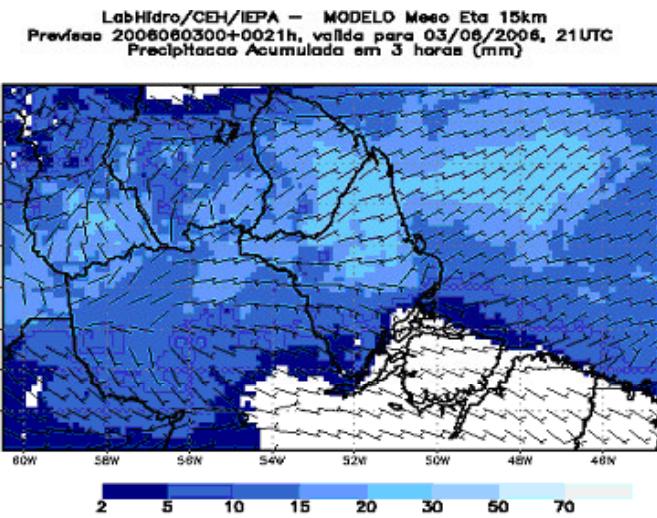


Figura 5: Saída gráfica do campo de precipitação acumulada do Modelo Meso ETA para o Estado do Amapá, a partir da qual foi comparado com os dados da PCD (03 de junho de 2006, 21 UTC).

Realizada a comparação entre valor discreto da precipitação pluviométrica acumulada observada pela PCD (Figura 4), versus saídas gráficas de precipitação pluviométrica acumulada do Modelo Regional de Meso Escala ETA (valores obtidos dos intervalos acusados pelos gráficos – faixa de cores legendada, como aquela indicada pela Figura 5), foram produzidos dois tipos de análise: a) gráficos de correlação mensais entre dados de precipitação pluviométrica acumulada da PCD e do Modelo de Meso Escala ETA, sobre os quais foram analisados os Coeficientes Estatísticos de Ajustes Lineares de Pearson (valores entre 0 e 1, de acordo com o nível de ajuste estatístico dos parâmetros avaliados), e b) foram produzidos gráficos mensais do tipo “barras” comparativos para avaliar visualmente as dispersões e tendências.

Em resumo a metodologia consistiu de uma análise comparativa subjetiva entre os totais pluviométricos registrados pelas Plataformas Automáticas de Coletas de Dados – PCDs,

e os totais pluviométricos previstos pelo Modelo Numérico de Meso Escala ETA, associados ao comportamento dos sistemas meteorológicos atuantes em toda extensão amazônica, como a convecção tropical, caracterizada pelo transporte vertical de partículas e gases nas elevadas altitudes (AYOADE, 2002), que acarretou em desvios de precipitação pluviométricas superiores a 50% em relação a normal climatológica ou média histórica.

5. DISCUSSÃO

A seguir, mostra-se em detalhes as análises de previsibilidade e confiabilidade do Modelo Numérico de Meso Escala ETA. A variável meteorológica escolhida foi precipitação pluviométrica acumulada, para os municípios de Macapá, Oiapoque, Serra do Navio e Pacuí.

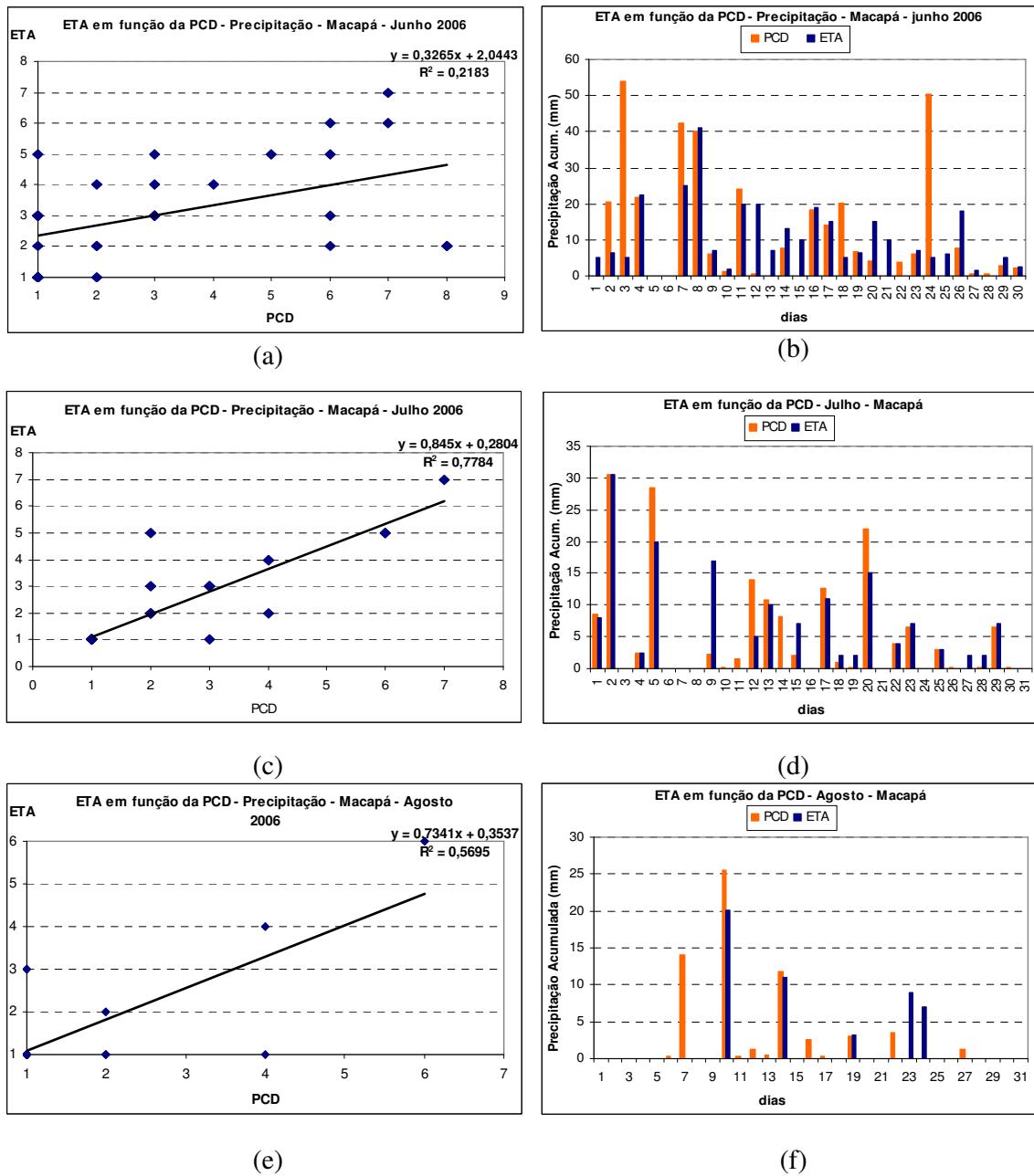
5.1. Macapá

Para Macapá, foi mostrado que o modelo estimou precipitação com menor precisão para o mês de junho, tal como indicado pelo Gráfico 1a; por outro lado o modelo também apresentou uma melhoria no nível de acerto da previsão nos meses de julho e agosto (Gráficos 1c e 1e).

De acordo com o indicador estatístico utilizado em tal análise, para o mês de junho (Gráfico 1a), foi acusando o valor $R^2 = 0,218$, considerado muito baixo para o ajuste, representando quase nenhuma correlação segundo a metodologia aplicada. Considerando a Gráfico 1b, a precipitação acumulada neste mês em Macapá foi de 356,25 mm. Ou seja, 53% acima da média climatológica que é de 233 mm. Ainda no Gráfico 1b, observou-se que as chuvas ocorreram em praticamente todos os dias do mês de junho, distribuídas nos três períodos do dia (manhã, tarde e noite).

No mês de julho, foi identificado $R^2 = 0,778$ (Gráfico 1c), para uma precipitação acumulada de 165,75 mm (Gráfico 1d), ou seja, 14% abaixo da normal climatológica que é de 193 mm para o mesmo. Neste período ocorreram pancadas de chuvas na madrugada devido à elevada umidade relativa e baixa temperatura do ar, característica essa, observada durante o período chuvoso no Estado. Neste intervalo de tempo observou-se que a correlação se fez mais presente e útil para a referida análise.

Para o mês de agosto foi determinado um valor de $R^2 = 0,570$ (Gráfico 1e), cuja precipitação acumulada foi de 64,25 mm (Gráfico 1f). Ou seja, 31% abaixo da média climatológica de 93 mm. O total acumulado da precipitação para o trimestre estudado ficou acima da média climatológica, pois no mês de junho houve precipitações intensas, tendo superado em 13% (586,25 mm) a média trimestral que era de 519 mm.



Gráficos 1: Gráficos de correlação entre precipitação acumulada (mm) observada pela PCD Macapá e precipitação acumulada (mm) prevista pelo Modelo ETA (a), (c), (e); gráficos de barras comparativas entre precipitação acumulada (mm) observada pela PCD Macapá e precipitação acumulada (mm) prevista pelo Modelo ETA (b), (d), (f).

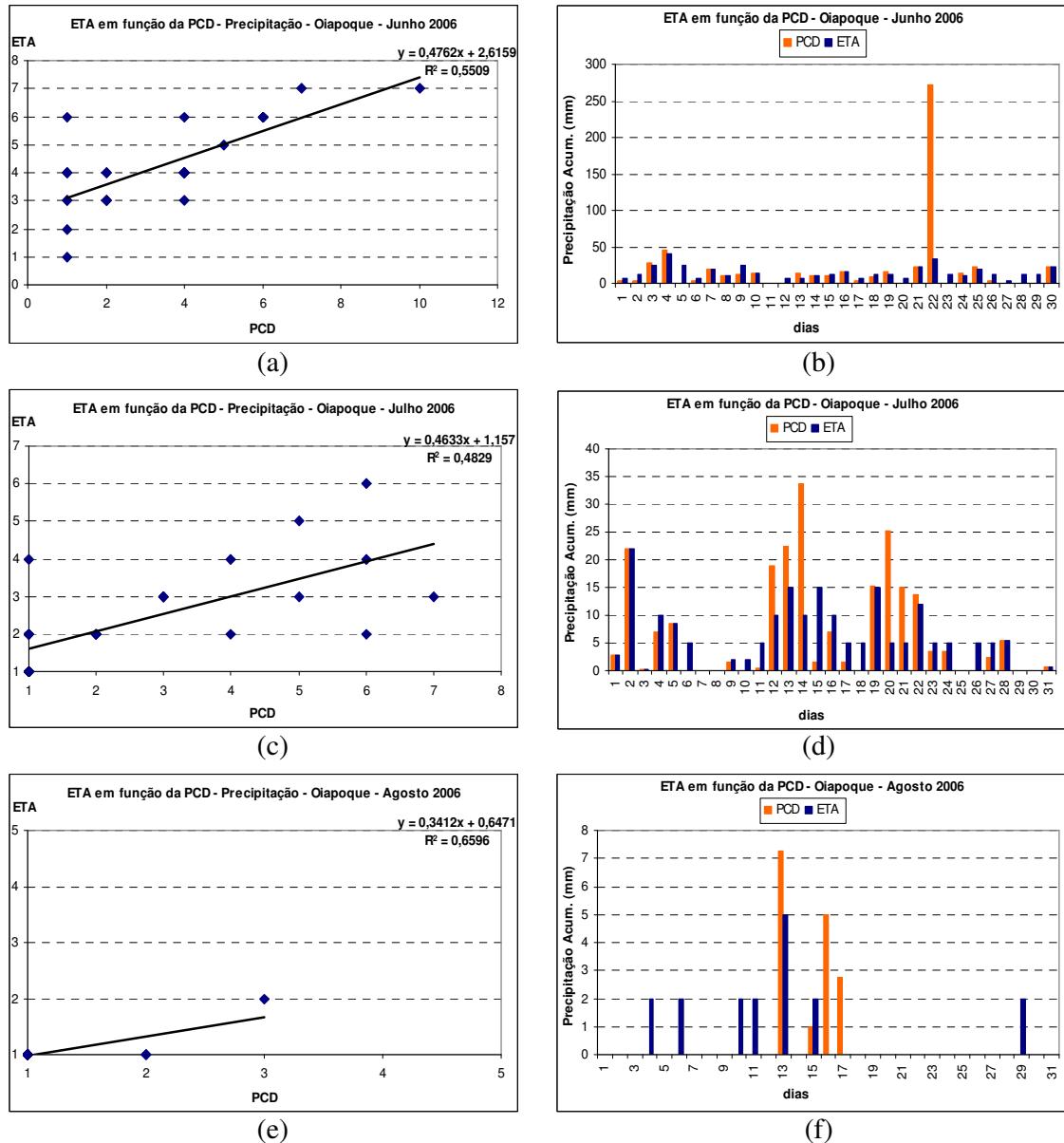
5.2. Oiapoque

Em Oiapoque, observou-se que o modelo estimou a precipitação pluviométrica com um nível de ajuste mais significativo, tal como indicado pelos Gráficos 2a, 2c e 2e.

No mês de junho, foi identificado $R^2 = 0,551$ (Gráfico 2a), ou seja, aproximadamente 55% de correlação entre valor observado pela PCD e valor previsto pelo Modelo ETA, com precipitação acumulada de 575, 25 mm (Gráfico 2b).

Para o mês de julho foi acusado $R^2 = 0,483$ (Gráfico 2c), ou seja, aproximadamente 48% de correlação entre valor observado pela PCD e valor previsto pelo Modelo ETA, com precipitação acumulada de 212,75 mm (Gráfico 2d).

O indicador estatístico acusou para agosto $R^2 = 0,660$ (Gráfico 2e), ou seja, aproximadamente 66% de correlação entre valor observado pela PCD e valor previsto pelo Modelo ETA, com precipitação acumulada de 16 mm (Gráfico 2f).



Gráficos 2: Gráficos de correlação entre precipitação acumulada (mm) observada pela PCD Oiapoque e precipitação acumulada (mm) prevista pelo Modelo ETA (a), (c), (e); gráficos de barras comparativas entre precipitação acumulada (mm) observada pela PCD Oiapoque e precipitação acumulada (mm) prevista pelo Modelo ETA (b), (d), (f).

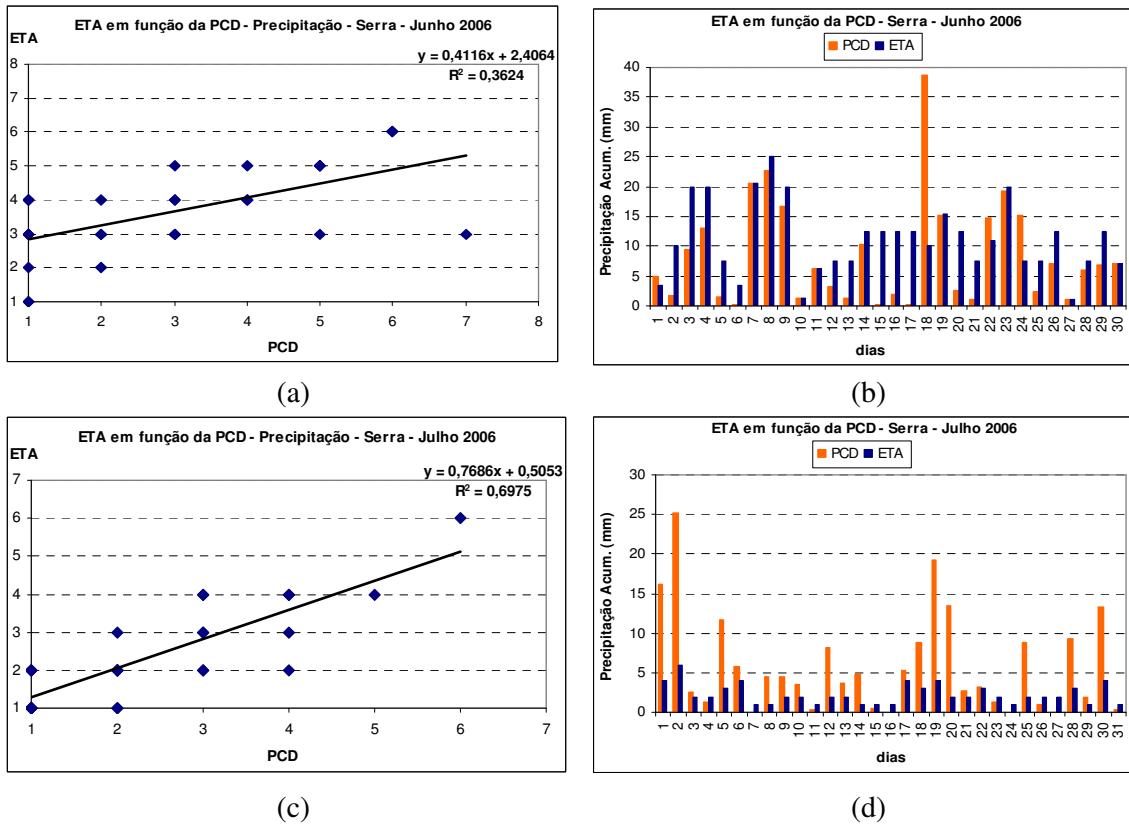
5.3. Serra do Navio

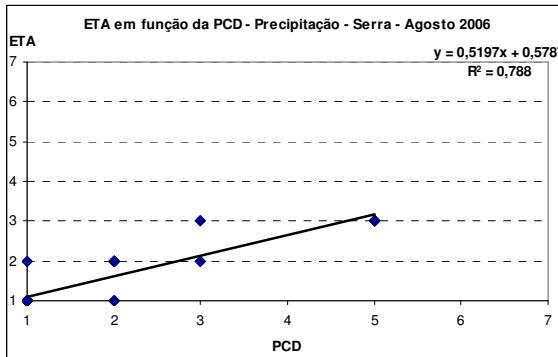
Para o município de Serra do Navio, o ajuste linear não foi muito significativo para o mês de junho. Contudo, nos meses de julho e agosto a correlação se fez mais presente e útil.

Em junho foi identificado $R^2 = 0,362$ (Gráfico 3a), ou seja, aproximadamente 36% de correlação entre valor observado pela PCD e valor previsto pelo Modelo ETA, com precipitação acumulada de 252,5 mm (Gráfico 3b).

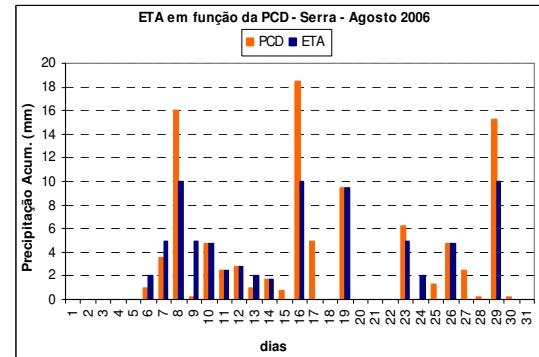
No mês de julho, foi identificado $R^2 = 0,698$ (Gráfico 3c), ou seja, aproximadamente 69% de correlação entre valor observado pela PCD e valor previsto pelo Modelo ETA, com precipitação acumulada de 181,25 mm (Gráfico 3d).

Para agosto, o indicador de ajuste linear acusou $R^2 = 0,788$ (Gráfico 3e), ou seja, aproximadamente 78% de correlação entre valor observado pela PCD e valor previsto pelo Modelo ETA, com precipitação acumulada de 97,75 mm (Gráfico 3f).





(e)



(f)

Gráficos 3: Gráficos de correlação entre precipitação acumulada (mm) observada pela PCD Serra do Navio e precipitação acumulada (mm) prevista pelo Modelo ETA (a), (c), (e); gráficos de barras comparativas entre precipitação acumulada (mm) observada pela PCD Serra do Navio e precipitação acumulada (mm) prevista pelo Modelo ETA (b), (d), (f).

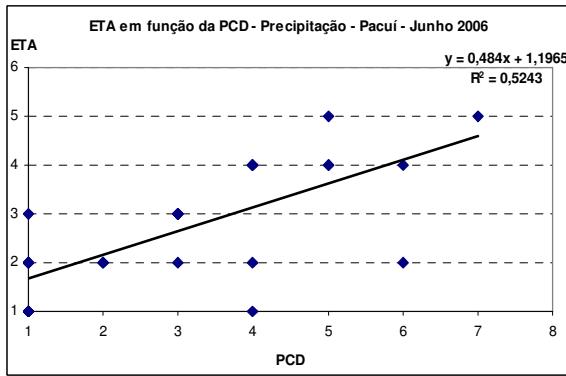
5.4. Pacuí

Para o município de Pacuí, o ajuste linear mostrou-se favorável para o mês de junho, pouco significativo para o mês de julho e fez-se bastante significativo para o mês de agosto.

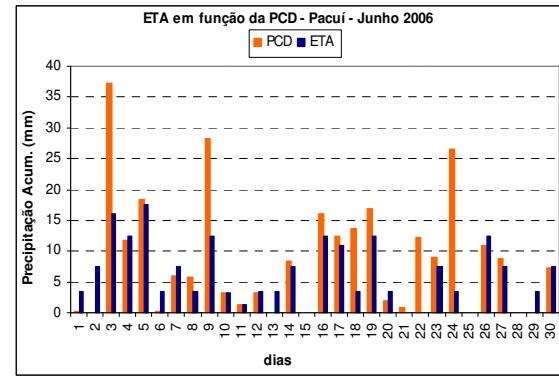
No mês de junho, foi acusado $R^2 = 0,524$ (Gráfico 4a), ou seja, aproximadamente 52% de correlação entre valor observado pela PCD e valor previsto pelo Modelo ETA, com precipitação acumulada de 260,75 mm (Gráfico 4b).

Em julho, o coeficiente de ajuste linear acusou $R^2 = 0,125$ (Gráfico 4c), ou seja, aproximadamente 12% de correlação entre valor observado pela PCD e valor previsto pelo Modelo ETA, com precipitação acumulada de 206 mm (Gráfico 4d).

Para o mês de agosto, foi identificado $R^2 = 0,710$ (Gráfico 4e), ou seja, aproximadamente 71% de correlação entre valor observado pela PCD e valor previsto pelo Modelo ETA, com precipitação acumulada de 57,5 mm (Gráfico 4f).



(a)



(b)

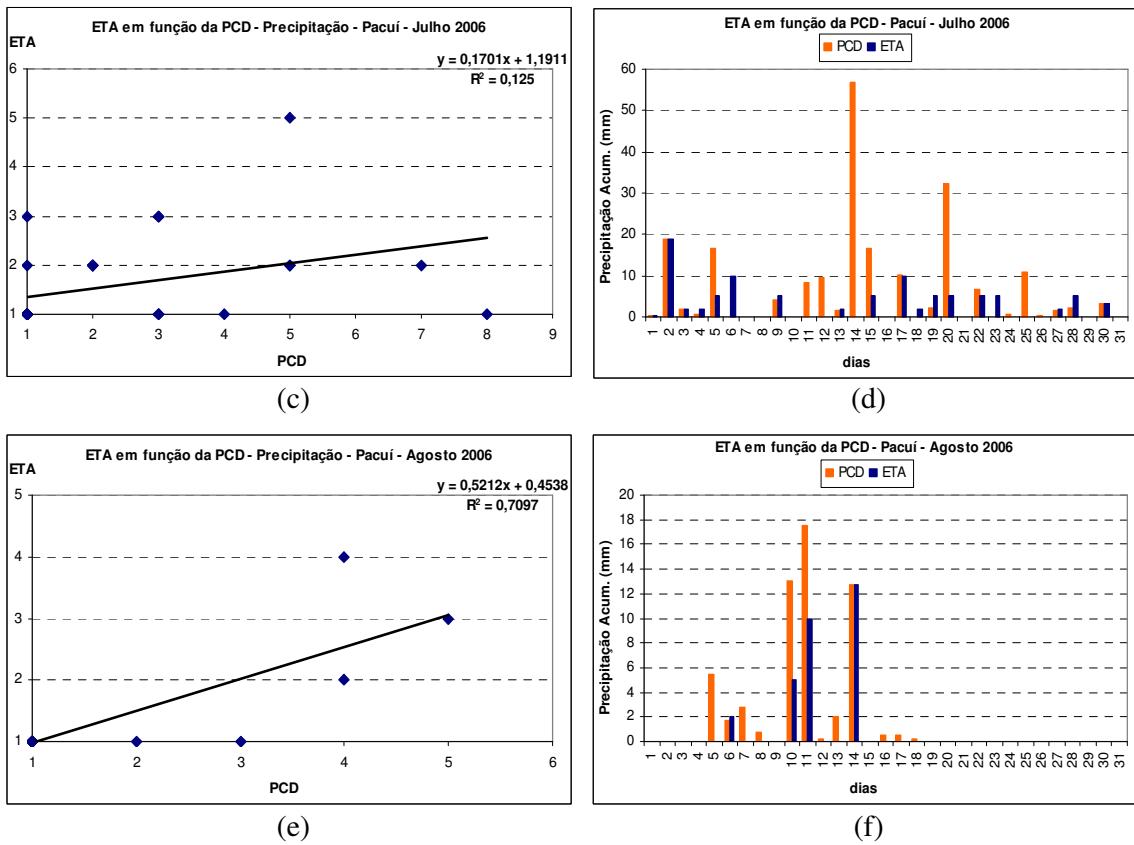


Gráfico 4: Gráficos de correlação entre precipitação acumulada (mm) observada pela PCD Pacuí e precipitação acumulada (mm) prevista pelo Modelo ETA (a), (c), (e); gráficos de barras comparativas entre precipitação acumulada (mm) observada pela PCD Pacuí e precipitação acumulada (mm) prevista pelo Modelo ETA (b), (d), (f).

Em geral, as previsões do Modelo ETA do NHMET/IEPA apresentaram resultados favoráveis, embora tenham subestimado os totais observados em Macapá para o trimestre em questão. Esse resultado concorda com o trabalho realizado por Alves et. al., 2004.

A climatologia tradicional apresenta grandes falhas na sua abordagem, pelo fato de ser puramente descritiva e dinâmica (AYOADE, 2002). Contudo, as previsões realizadas pelo Modelo ETA para a Amazônia têm-se mostrado favoráveis, como mostra-se no estudo realizado.

Contudo, pela falta de dados quanto às médias históricas, não foi possível mensurar se o Modelo subestimou ou superestimou as precipitações pluviométricas observadas pelas PCDs, para Oiapoque, Serra do Navio e Pacuí, visto que esta última foi instalada a pouco mais de um ano (26 de novembro de 2005).

6. OUTRAS ATIVIDADES DE INTERESSE UNIVERSITÁRIO

Estas atividades foram importantes por agregar na Iniciação Científica, conhecimentos de hidrologia e energias alternativas, conceitos que não podem deixar de estar correlacionados à meteorologia e a climatologia.

Desse modo, dois foram os experimentos de campo ligados a hidrometeorologia e qualidade da água, nas respectivas Bacias Hidrográficas do Rio Matapí e Araguari, que se participou. Tais trabalhos deram-se com a mensuração da velocidade de vazão, com uso de ADCP (figura 6a) e Molinete, e coletas de amostras de água para análise de oxigênio dissolvido, amônia e sólido (Figura 6b).

Quanto às pesquisas de energias alternativas de origem hidrocinética, duas foram às visitas realizadas a Comunidade Vila Maracá – Mazagão, para o acompanhamento da montagem de uma Turbina Hidrocinética (Figura 6c).

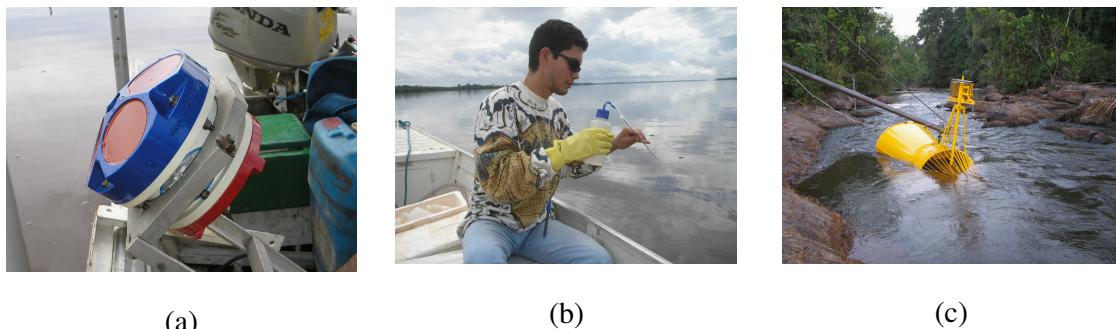


Figura 6: (a) ADCP; (b) coleta de amostras de água; (c) Turbina Hidrocinética.

7. RESULTADOS ALCANÇADOS

Com a instalação das duas PCDs Agrometeorológicas de superfície, localizadas em Macapá e Pacuí, o trabalho de monitoramento do tempo no Estado do Amapá tornou-se mais eficaz, e passou-se a disponibilizar de mais informações para subsidiar nos trabalhos de socorro às vítimas de eventos críticos ligados ao tempo, como eventos climáticos e adversos do tempo – as enchentes periódicas ocorridas no município de Laranjal do Jarí. Acrescenta-se o Tornado que destruiu casas nos Bairros Marabaixo I, II e III (dia 27 de fevereiro de 2006); e os alagamentos de início de ano no centro da cidade, dentre ventanias, cheias e estiagens, que em geral ajudam na compreensão dos aspectos inerentes ao comportamento dos fenômenos atmosféricos que governam o complexo padrão de tempo e do clima locais que influenciam até mesmo na qualidade da água (CUNHA, 2006).

Nossos maiores subsidiários passaram ser a Defesa Civil do Corpo de Bombeiros e Guarda Municipal, a Imprensa local (escrita e televisiva), Empresas do ramo da Construção

Civil e Mineração, a Secretaria de Infra-Estrutura do Estado e Município, bem como os órgãos de pesquisa do Estado (IEPA e EMBRAPA).

Este ano no dia 23 de março realizou-se no Auditório do Museu Sacaca o Dia Meteorológico Mundial, cujo tema foi “Prevenindo e Mitigando os Desastres Naturais”, que contou com a participação de meteorologistas que atuam no Estado e o representante do Centro de Pesquisas do Tempo e Clima do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – CPTEC/INPE, Dr. Paulo Nobre. No mesmo, foi discutida a importância do profissional meteorologista e apresentados trabalhos de pesquisas e discussões quanto ao tema, dado que 90% de todos os desastres naturais estão relacionados ao tempo, ao clima e à água.

Com o Modelo Numérico Regional de Meso Escala ETA em funcionamento, passamos a divulgar os primeiros Boletins Meteorológicos Semanais do Estado (ver anexos), os quais contêm informações quanto ao tempo para até três dias de previsão e gráficos de resultados de dados observados das últimas 24 horas. Informação meteorológica do dia anterior ao que está sendo divulgado um novo boletim também foram geradas, bem como imagens de satélites e fotos do céu de Macapá, a fim de evidenciar a cobertura de nuvens ao amanhecer, antes da elaboração dos boletins. As cartas meteorológicas rodadas pelo Modelo e as estimativas das tábuas de mares também fazem parte do boletim, estas últimas são substituídas alternadamente para compreender dados de Porto de Santana, Porto de Ponta do Céu, Cabo Cassiporé, Ilha de Maracá, Rio Cunani e Macapá, respectivamente, conforme a demanda.

De posse das primeiras análises desta pesquisa, foram encaminhados para apresentação e publicação alguns resultados. Primeiramente, foram apresentadas tais análises da pesquisa na “II Semana Amapaense de Ciência & Tecnologia”, que ocorreu entre os dias 16 a 23 de outubro de 2006, e posteriormente no “I Seminário Interno de Pesquisas e Desenvolvimento do NHMET/IEPA”, ocorrido no dia 08 de novembro de 2006. E entre os dias 27 de novembro a 01 de dezembro de 2006, será apresentado e publicado o artigo “Avaliação Preliminar da Precipitação Pluviométrica do Modelo Regional Meso ETA do NHMET/IEPA para o Trimestre Junho, Julho, Agosto de 2006 em Macapá – AP” (ver anexos), no “XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia”, promovido pela Sociedade Brasileira de Meteorologia, a ser realizado na cidade de Florianópolis – Santa Catarina.

8. CONCLUSÃO

As análises mostraram as previsões de precipitação pluviométrica acumulada do Modelo Regional Meso ETA, para os meses de junho a agosto do ano de 2006 no NHMET/IEPA. Estas foram avaliadas em relação às observações de precipitações pluviométricas acumuladas, registradas pelas PCDs Agrometeorológicas localizadas em Macapá e Pacuí, e Meteorológicas localizadas em Oiapoque e Serra do Navio, e comparadas entre si para os três meses consecutivos, cujas correlações foram demonstradas nas análises supra citadas.

O mês de junho, que apresentou níveis de precipitação acumulados acima da normal climatológica (53%), o Modelo ETA não representou bem o fenômeno observado em Macapá, segundo a metodologia empregada. Já em julho e agosto, em que a precipitação ficou abaixo da média histórica, o modelo conseguiu estimar com maior precisão. Portanto, a previsão de totais pluviométricos geradas pelo Modelo ETA que subestimou as chuvas observadas em junho, julho e agosto, para o município de Macapá, não podem ser desconsideradas dado que o trimestre em questão apresentou queda no nível de precipitação para os meses de julho e agosto .

Para os municípios de Oiapoque e Serra do Navio, o Modelo ETA representou bem as chuvas observadas durante o trimestre estudado. Já para o município de Pacuí, o Modelo não representou bem o período de transição, chuvoso e menos chuvoso (julho) no Estado. Portanto, o Modelo ETA não prevê bem precipitação pluviométrica acumulada para períodos de transição ou sazonais – que ocorre em determinada estação do ano – , como pôde ser observado no mês de junho e julho em Macapá e Pacuí, respectivamente.

Tais indícios sugerem que o presente trabalho seja o preâmbulo de uma série de outros estudos, inclusive de outras variáveis meteorológicas, com vistas ao estudo da capacidade de previsibilidade do Modelo Regional de Meso Escala ETA, no Estado do Amapá, buscando-se posteriormente a utilização de outros modelos mais adequados ou mais eficientes para esta finalidade.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, L. M.; CHOU, S. C.; MARENKO, J. A. **Avaliação das previsões de chuvas sazonais do Modelo ETA Climático sobre o Brasil.** Disponível em: <http://mtc-m15.sid.inpe.br/col/cptec.inpe.br/walmeida/2004>. Acesso em 21/09/2006 às 12:41.
- AYOADE, J.O. **Introdução à climatologia para os trópicos;** 8^a ed. – Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 332p. 2002.
- CUNHA, A. C. **Implantação do Centro Tecnológico de Hidrometeorologia do Estado do Amapá.** CPAQ/IEPA, Macapá-AP. Dossiê Técnico - Relatório Anual. Versão 25. 90 p. 2003.
- CUNHA, A.C.; BRASIL Jr., A. C. P.; COELHO, J. G.; SOUSA, M.; FLOURY, C.; AVELAR, S. B. **Estudo numérico do escoamento superficial na foz do Rio Matapi – Costa Interna Estuarina do Amapá. Encontro Nacional de Engenharia e Ciências Térmicas – ENCIT.** In: 11º Encit. Paraná- PR.04-09 de dezembro de 2006. (Prelo)
- JACOBSON, M.Z. **Model Desgin, Application, and Testing.** Capitol 21, In: Fundamentals of Atmospheric Modeling. University Cambridge. 1999. 538-559.

10. BIBLIOGRAFIAS CONSULTADAS

- AMANAJÁS, J. C.; NEVES, D. G.; ROCHA, V. S.; CUNHA, A.C. **Avaliação Preliminar da Precipitação Pluviométrica do Modelo Regional Meso ETA do NHMET/IEPA para o Trimestre Junho, Julho e Agosto de 2006 em Macapá – AP.** In: XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2006, Florianópolis, SC.
- ARAVÉQUIA, J. A.; QUADRO M. F. L. **Aspectos Gerais da Previsão Numérica de Tempo e Clima.** INPE-10211-PUD/135. S. José dos Campos, 2003. Publicação. 50p.
- CPTEC. disponível: <http://www.cptec.inpe.br.acesso>: 01 de jan de 2004.
- CUNHA, A. C. **Monitoramento, Parâmetros e Modelos de Qualidade da Água.** Macapá/AP: Secretaria de Estado do Meio Ambiente (SEMA). 83 p. 2000.
- CUNHA, A. C, CUNHA, H. F. A. e SIQUEIRA, E. Q., 2001a. **Diffuse Pollution Survey in Rivers of Southeast of Amapá State – Brazil.** In: 5th International Conference on Diffuse/Nonpoint Pollution and Watershed Management, Milwaukee, Wisconsin, Proceedings, EUA, June, 10-15. CD-ROM.
- GUIMARÃES, S., VIDAL, M. C. B. **Relatório de Monitoramento dos Focos de Calor do Estado do Amapá (2003).** Macapá-AP, GEA/SEMA, 2004. 10p.
- INMET. Previsão de Tempo, disponível: http://www.inmet.gov.br/informacoes/sobre_meteorologia/previsao_tempo.html.acesso: 08 de jan de 2004.
- SILVA, R. G. **Introdução à Bioclimatologia Animal.** São Paulo. Nobel, 2000.
- SILVA, R. D. **Climatologia Básica do Estado do Amapá.** Relatório Parcial de Iniciação científica. LabHidro-CPAQ-IEPA. Macapá-AP. 25 p. 2005.
- SILVA, R. D. **Estudo da Climatologia Básica do Estado do Amapá.** Relatório Parcial do Projeto de Subsídio à Gestão da Bacia do Rio Matapi. LabHidro-CPAQ-IEPA. Macapá – AP. 30 p. 2005.
- WROBEL, L. C., 1989. **Métodos Numéricos e Recursos Hídricos.** Rio de Janeiro. ABRH. p. 1- 81. Rio de Janeiro. Associação Brasileira de Recursos Hídricos (ABRH). 380p.

11. ANEXOS