

## INFLUÊNCIA DE UM EVENTO DE FRIAGEM NAS CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS DA REGIÃO CENTRAL DA AMAZÔNIA.

Guilherme Francisco Camarinha Neto<sup>1</sup>, Julia Clarinda Paiva Cohen<sup>2</sup>,  
Alessandro Carioca de Araújo<sup>3</sup> e Paulo Afonso Fischer Kuhn<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Curso de Pós-graduação em Ciências Ambientais, UFPA

<sup>2</sup>Faculdade de Meteorologia, UFPA

<sup>3</sup>Laboratório de Análises de Sistemas Sustentáveis, EMBRAPA

<sup>4</sup>Faculdade de Meteorologia, UFPA

### Resumo

A interferência de um evento de friagem no centro da Amazônia foi evidenciada nos registros da torre *instant*, no sítio *Amazon Tall Tower Observatory* (ATTO) (2°08'38"S/58°59'59"W). No dia 11 de julho de 2014, os principais indícios do evento foram observados com o declínio da temperatura e mudanças consideráveis na componente horizontal do vento. Observou-se que os dias não dominados pelo escoamento de grande escala (alísios), associados à friagem, apresentaram redução de 50% na intensidade do vento e vetor resultante em Oeste. Além disso, a nebulosidade marcante do evento provocou diminuição de cerca de 60% da radiação solar incidente, com valor médio de 136 W/m<sup>2</sup> no intervalo de 6:00 às 18:00 do horário local. As alterações nas condições ambientais foram determinantes no aumento das concentrações de CO<sub>2</sub> como resposta ao declínio da temperatura e luminosidade, que possivelmente provocaram uma redução nas taxas fotossintéticas.

Palavras-chave: Friagem; Amazônia; ATTO; Uatumã

### Abstract

The interference of a *friagem* event in the center of the Amazon was evidenced in the records of the instant tower at the Amazon Tall Tower Observatory (ATTO) (2°08'38" S / 58°59'59" W). On July 11, 2014, the main indications of the event were observed with the temperature decline and considerable changes in the horizontal component of the wind. It was observed that the days not dominated by the large-scale flow (alísios), associated to the cold, presented reduction of 50% in the intensity of the wind and resultant vector in the West. In addition, the marked cloudiness of the event caused a decrease of about 60% of incident solar radiation, with an average value of 136 W / m<sup>2</sup> in the interval from 6:00 to 18:00 local time. The changes in the environmental conditions were determinant in the increase of the concentrations of CO<sub>2</sub> in response to the decline of the temperature and luminosity, that possibly caused a reduction in the photosynthetic rates.

Keywords: Friagem; Amazônia; ATTO; Uatumã

## 1. Introdução

Embora esteja localizada na região equatorial, a Amazônia sofre com a incursão de sistemas frontais provenientes das altas latitudes do hemisfério sul, relativamente comuns principalmente no outono e inverno austral, de maio a setembro (Fish, 1996; Oliveira et al., 2004; Ricarte et al., 2015). A incursão de ar polar na região amazônica modifica a estrutura da atmosfera, sendo este fenômeno localmente denominado de friagem (Marengo, 1997). A influência desses sistemas na região norte do Brasil, tem sido pouco estudado. Brinkman e Ribeiro (1972) observaram que no caso da Amazônia central ocorrem de 2 a 3 eventos de friagem por ano, preferencialmente no período menos chuvoso, de junho a setembro. O evento é caracterizado principalmente pelo declínio abrupto da temperatura do ar, aumento da nebulosidade e mudanças na direção e intensidade dos ventos (Fish, 1996). Mudanças rigorosas nos parâmetros meteorológicos podem influenciar diretamente a dinâmica de processos locais de micro e mesoescala, como uma resposta indireta associada ao fenômeno de friagem. De acordo com Silva Dias et al. (2004), o período de friagem provoca um cenário não dominado pelos ventos de grande escala (alísios), o que sugere o desenvolvimento de circulações de brisas na região de Santarém.

O local do presente estudo está a cerca de 140 km em linha reta, a nordeste de Manaus, estado do Amazonas, e envolve a Reserva de Desenvolvimento Sustentável (RDS) do Uatumã, no município de São Sebastião do Uatumã, onde está localizado o sítio de pesquisa do *Amazon Tall Tower Observatory* (ATTO). O sítio ATTO faz parte do Programa da Larga Escala Biosfera-atmosfera na Amazônia (LBA), e está estruturado em uma densa floresta de terra firme, onde prevalecem os planaltos, com elevação máxima de 138 metros (Andrea et al., 2015).

O objetivo deste trabalho é investigar os possíveis efeitos da friagem nas condições do vento, temperatura do ar, radiação incidente na superfície e nas concentrações de CO<sub>2</sub> na região do sítio ATTO.

## 2. Dados e Metodologia

O conjunto de dados observacionais aqui utilizados foi coletado no sítio ATTO (2°08'38"S/58°59'59"W) e nos aeroportos internacionais de Manaus-AM (3°02'08"S, 60°02'47"O) e Porto Velho-RO (8°42'50"S, 63°53'54"O), durante o mês de julho de 2014.

Das estações meteorológicas dos aeroportos foram utilizados dados de superfície, referentes à temperatura do ar, em intervalos de 30 minutos. Os dados do sítio ATTO foram adquiridos da instrumentação da torre *Walk-up*, de 81 metros, também chamada de torre *instant*, que forneceu informações micrometeorológicas referentes à temperatura do ar, direção e velocidade do vento e radiação de onda curta incidente, além das medidas de densidade molar de CO<sub>2</sub>, concebida por um analisador de gás por infravermelho (IRGA), modelo LI-7500A (LI-COR inc., USA). A aquisição de dados na torre foi realizada por registradores modelo CR1000 e CR3000 (Campbell Scientific inc., EUA), com amostragem a cada minuto para as variáveis meteorológicas e em alta frequência (10Hz) para as concentrações de CO<sub>2</sub>, posteriormente processadas a cada 30 minutos.

As curvas diárias das variáveis foram analisadas de modo a identificar sinais diretos e indiretos da possível atuação de um fenômeno de friagem na região do estudo.

## 3. Resultados e Discussão

Os primeiros indícios da ocorrência da friagem foram observados com o declínio da temperatura em Manaus e no sítio ATTO, entre os dias 9 e 11 de julho (Figura 1). Os mesmos

efeitos foram vistos em Porto Velho 1 dia antes, provavelmente indicando a incursão da massa de ar frio de sul para norte, o que descarta a hipótese de um efeito localizado e reforça a ocorrência da friagem.

Em Manaus, os efeitos do evento foram mais acentuados no dia 11, que apresentou redução de 19% (6°C) na temperatura máxima e 11% (3°C) na temperatura média, quando comparados a dias sem friagem. Não houve alteração de temperatura mínima entre dias com e sem friagem.

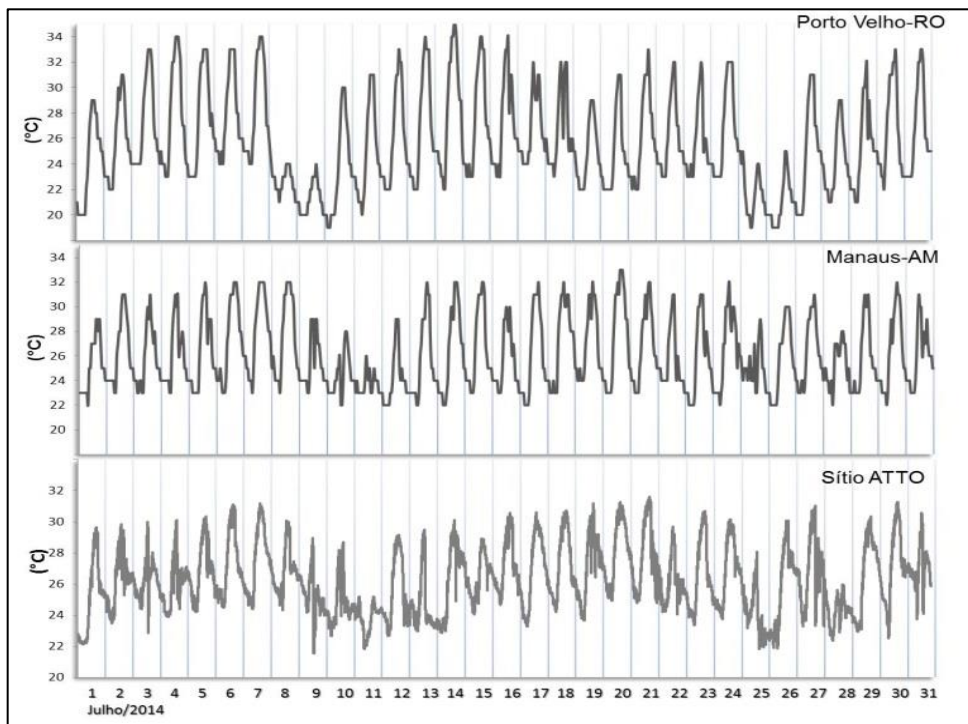


Figura 1 – Variação diária da temperatura do ar durante o mês de julho de 2014 em Porto Velho, Manaus e sítio ATTO.

No sítio ATTO, as curvas diárias de temperatura do ar (Figura 1) indicaram os efeitos mais pronunciados do evento no dia 11 de julho, com máxima de 25°C às 4:30, horário local (HL), mínima de 22°C às 8:30 HL e média de 24°C. O registro incomum da máxima às 4:30 HL do dia 11 pode indicar a atuação da friagem a partir desse horário, quando as temperaturas decresceram continuamente até às 8:30 HL, e permaneceram em torno dos 22°C até 17 HL. Entre a temperatura máxima do dia 10 (às 14 HL) e a mínima do dia 11 ocorreu um decréscimo de 7°C em 6,5 horas.

A Figura 2 mostra que no dia 9 de julho o vento apresentou características típicas da região, com vetor resultante em leste durante todo o dia, com maior intensidade no intervalo entre 12HL e 23 HL. As primeiras mudanças nessas condições foram observados entre 00 HL e 12 HL do dia 10 de julho, com ventos mais fortes de oeste, alcançando 4m/s, enquanto que no restante do dia, entre 12 HL e 23 HL a frequência do vento foi bem distribuída, mais intensos de sudeste e nordeste. No dia 11, no intervalo de 00 HL e 12 HL, a componente horizontal do vento apresentou maior frequência e velocidade em noroeste. Entre 12 HL e 18 HL, o vetor resultante do vento foi sudeste, e no restante do dia, de 18 HL às 23 HL a direção sudoeste teve a maior frequência.

Nos dias em que o escoamento de nordeste e sudeste não foram dominantes na região houve aproximadamente 50% de redução na intensidade do vento, no intervalo entre 12 HL e 23 HL, como consequência do enfraquecimento dos alísios associado à friagem. Por outro lado, no período do dia onde tipicamente os alísios são menos atuantes, de 00 HL a 12 HL, os ventos de friagem foram mais vigorosos, elevando a intensidade do vento em cerca de 50% neste intervalo.

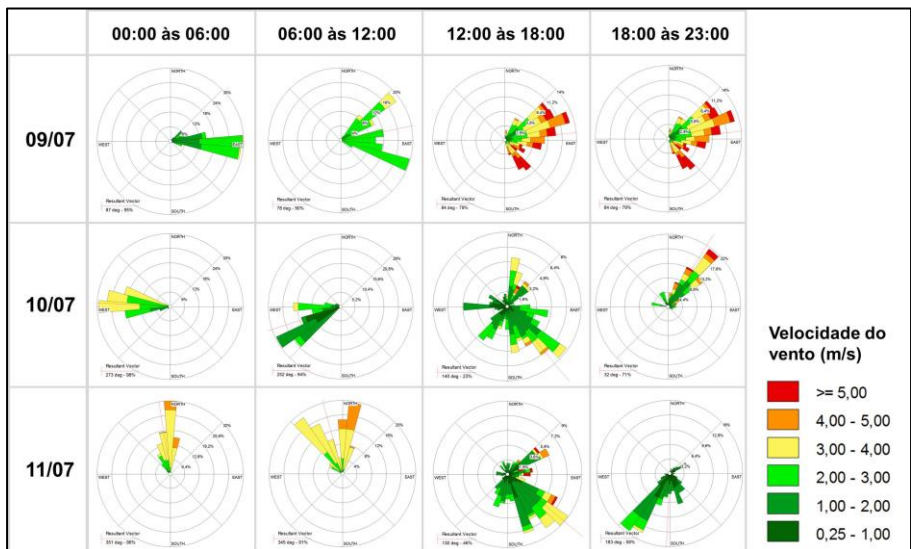


Figura 2 – Comportamento do vento em intervalos de 6 horas para o dia 9, 10 e 11 de julho de 2014.

A diferença na pressão ao nível médio do mar entre os pontos de grade próximos ao sítio ATTO e Porto velho foi de cerca de 4 hPa na madrugada do dia 11, apresentando um vetor força gradiente de pressão apontando norte, o que é coerente com a redução da intensidade dos ventos predominantes de leste. O encontro do escoamento associado à friagem e o escoamento de grande escala modificou a direção dos ventos na região do sítio ATTO (Figura 3).

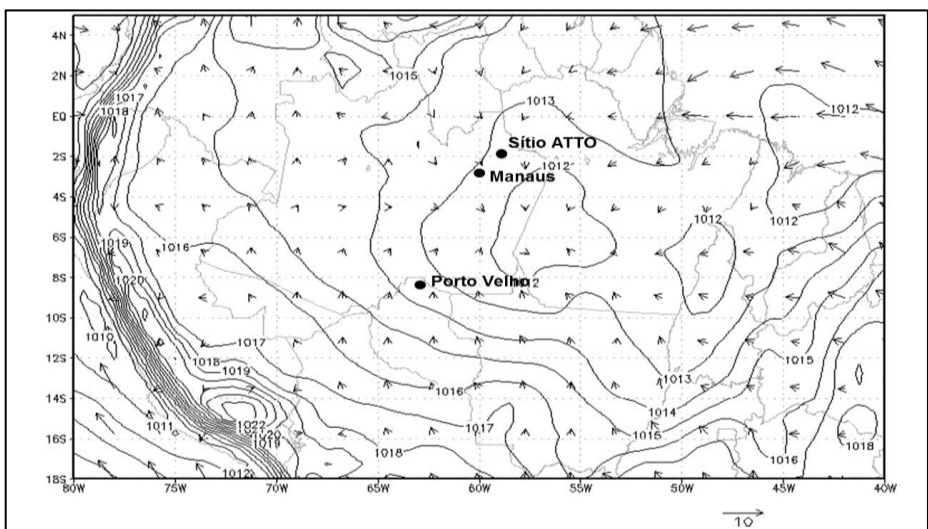


Figura 3 – Pressão ao nível médio do mar e vento em 11 de julho de 2014 às 06:00 UTC. Incluindo locais.

O comportamento da radiação incidente está representado na Figura 4. A nebulosidade característica do fenômeno ocasionou a diminuição expressiva da radiação incidente na superfície no dia 11 de julho, com valor máximo de 454 W/m<sup>2</sup>, aproximadamente às 15:30 HL e média de 136 W/m<sup>2</sup> no intervalo entre 6 HL e 18 HL. Quando comparado ao dia anterior à friagem (10 de julho), o valor máximo da radiação solar incidente em 11 de julho foi pelo menos 50% menor que a registrada no dia 10, enquanto a média do intervalo de 6 às 18 HL teve um decréscimo de 60%.

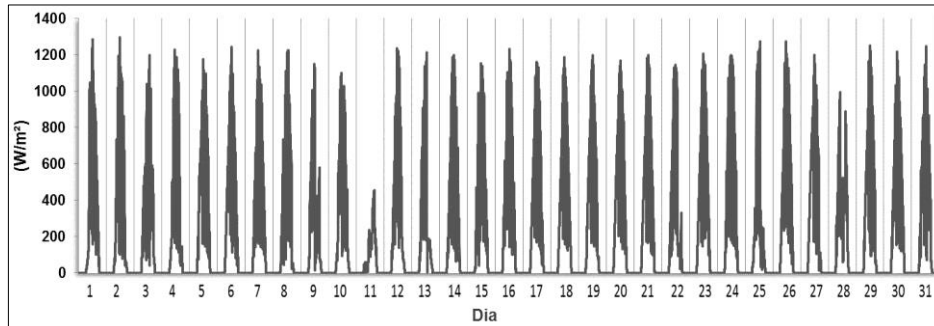


Figura 4 – Curvas diárias da radiação de onda curta incidente, em julho de 2014.

A diminuição da temperatura e radiação incidente associada à friagem, possivelmente foi determinante no aumento das concentrações de CO<sub>2</sub> observados no dia 11 de julho (Figura 5). Segundo Kluge (2015), a temperatura e luminosidade são fatores limitantes da fotossíntese e a taxa fotossintética responde proporcionalmente ao aumento ou diminuição da temperatura e/ou radiação incidente. Com isso, podemos concluir que o declínio combinado da temperatura e radiação na superfície podem ter provocado uma diminuição na taxa fotossintética, que por sua vez foi menos eficiente na absorção do CO<sub>2</sub>, que apresentou valor máximo de 447 μmol/mol às 12 HL do dia 11. O declínio desses valores coincidiu com um ligeiro aumento na radiação incidente, por volta das 15 HL. Em dias normais, sem perturbações locais na temperatura e radiação incidente, a densidade molar máxima de CO<sub>2</sub> foi observada pouco depois do amanhecer, entre 6 e 7 HL, com valores em torno de 390 μmol/mol.

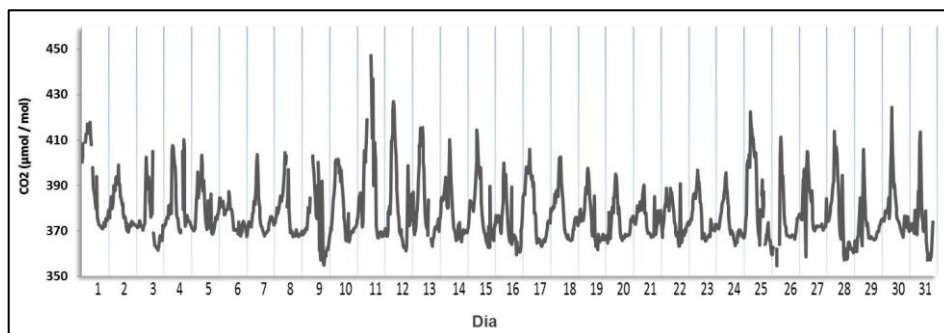


Figura 5 – Comportamento diário da densidade molar de CO<sub>2</sub> para o mês de julho de 2014.

#### 4. Conclusão

Por meio da análise dos dados obtidos foi possível constatar que um sistema frontal alcançou a região central da Amazônia e interferiu profundamente na condição atmosférica local,

no dia 11 julho. Os principais efeitos do evento foram observados com o declínio da temperatura do ar, mudanças nos padrões de vento e nebulosidade persistente.

O próximo passo deste estudo será analisar a interferência do fenômeno de friagem nas circulações de brisa de rio na região do lago da represa de Balbina, AM, utilizando como ferramenta o modelo de mesoescala BRAMS (Brazilian Regional Atmospheric Modeling System).

## Referências Bibliográficas

ANDREAE, M. O.; ACEVEDO, O. C.; ARAÚJO, A.; ARTAXO, P.; BARBOSA, C. G. G.; BARBOSA, H. M. J.; BRITO, J.; CARBONE, S.; CHI, X.; CINTRA, B. B. L.; DA SILVA, N. F.; DIAS, N. L.; DIAS-JÚNIOR, C. Q.; DITAS, F.; DITZ, R.; GODOI, A. F. L.; GODOI, R. H. M.; HEIMANN, M.; HOFFMANN, T.; KESSELMEIER, J.; KÖNEMANN, T.; KRÜGER, M. L.; LAVRIC, J. V.; MANZI, A. O.; MORAN-ZULOAGA, D.; NÖLSCHER, A. C.; NOGUEIRA, D.S.; PIEDADE, M. T. F.; PÖHLKER, C.; PÖSCHL, U.; RIZZO, L. V.; RO, C.U.; RUCKTESCHLER, N.; SÁ, L. D. A.; SÁ, M. D. O.; SALES, C. B. A.; SANTOS, R. M. N. D.; SATURNO, J.; SCHÖNGART, J.; SÖRGEL, M.; DE SOUZA, C. M.; DE SOUZA, R. A. F.; SU, H.; TARGHETTA, N.; TÓTA, J.; TREBS, I.; TRUMBORE, S.; EIJCK, A.V.; WALTER, D.; WANG, Z.; WEBER, B.; WILLIAMS, J.; WINDERLICH, J.; WITTMANN, F.; WOL, S.; YÁÑEZ-SERRANO, A. M. **The Amazon Tall Tower Observatory (ATTO) in the remote Amazon Basin: overview of first results from ecosystem ecology, meteorology, trace gas, and aerosol measurements.** Atmospheric Chemistry and Physics (ACP) Journal, v. 15, p. 1–127, 2015.

BRINKMAN, W.L.F. e RIBEIRO, M.N.G. **Air temperatures in Central Amazônia. III Vertical temperature distribution on a clearcut area and in a secondary forest near Manaus (cold front conditions July 10th 1969).** Acta Amazônica, v. 2 (3), p. 25-29, 1972.

FISCH, G.; MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A. **Clima da Amazônia.** Rev.Climanálise Especial, Edição Comemorativa de 10 anos, p. 24-41, 1996.

KLUGE, R. A.; TEZOTTO-ULIANA, J. V.; DA SILVA, P. P. M. **Aspectos Fisiológicos e Ambientais da Fotossíntese,** Rev. Virtual Quim, v. 7 (1), p. 56-73, 2015.

MARENGO, J. e NOBRE, C.A. **Climatic impacts of "Friagens" in forested and deforested areas of the Amazon Basin.** Journal of Applied Meteorology, v. 36, p. 1553-1566, 1997.

OLIVEIRA, P. J.; ROCHA, E. J. P.; FISCH G.; KRUIJT B.; RIBEIRO J. B. M. **Efeitos de um evento de friagem nas condições meteorológicas na amazônia: um estudo de caso.** Acta Amazônica, v. 34 (4), p. 613-619, 2004.

RICARTE, R. M. D.; HERDIES, D. L.; BARBOSA, T. F. **Patterns of atmospheric circulation associated with cold outbreaks in southern amazonia.** Meteorological Applications, v. 22 (2), p. 129-140, 2015.

SILVA DIAS M.A.F.; SILVA DIAS P.L.; LONGO M.; FITZJARRALD D.R.; DENNING A.S. **River breeze circulation in eastern Amazonia: observations and modeling results.** Theor. Appl. Climatol, v. 78, p. 111-121, 2004.