

Artigo Original

Ciência e Natura, Santa Maria
v.40, Edição Especial: X Workshop Brasileiro
de Micrometeorologia 2018, p. 63 – 68
Revista do Centro de Ciências Naturais e Exatas - UFSM
ISSN impressa: 0100-8307 ISSN on-line: 2179-460X

DOI:10.5902/2179460X30650

CIÊNCIA e NATURA

Estudo do ciclo diário da Camada Limite Planetária durante a estação chuvosa da Amazônia (GOAmazon 2014/15)

¹Rayonil Gomes Carneiro, ¹Alice Henkes, ²Gilberto Fisch e ³Camilla Kassar Borges

¹Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais , Brasil

²Instituto de Aeronáutica e Espaço , Brasil

³Unidade Acadêmica de Ciências Atmosféricas - Universidade Federal de Campina Grande , Brasil

→ Camadas da Atmosfera

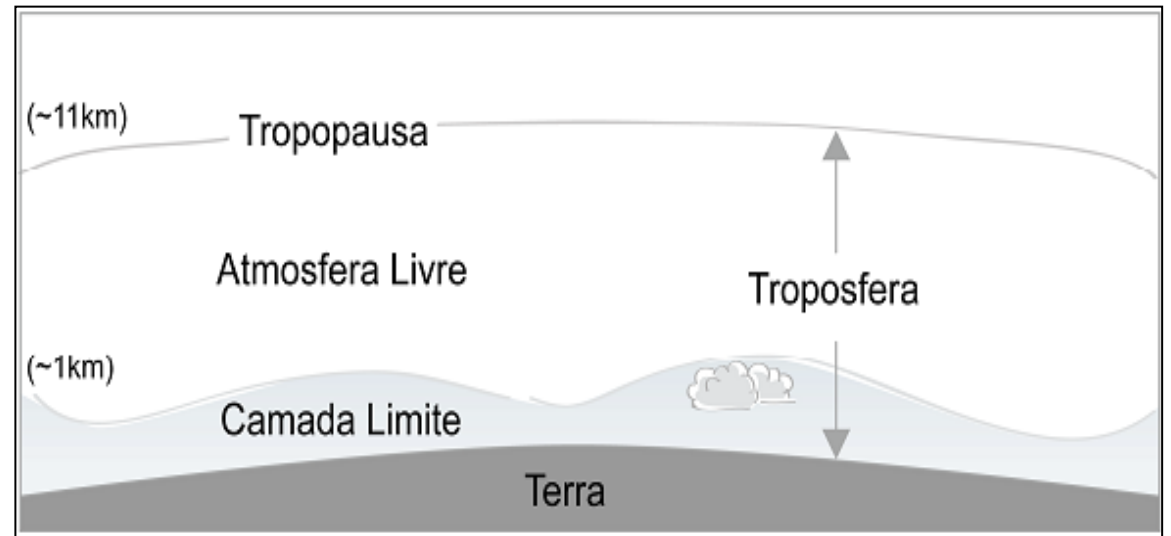
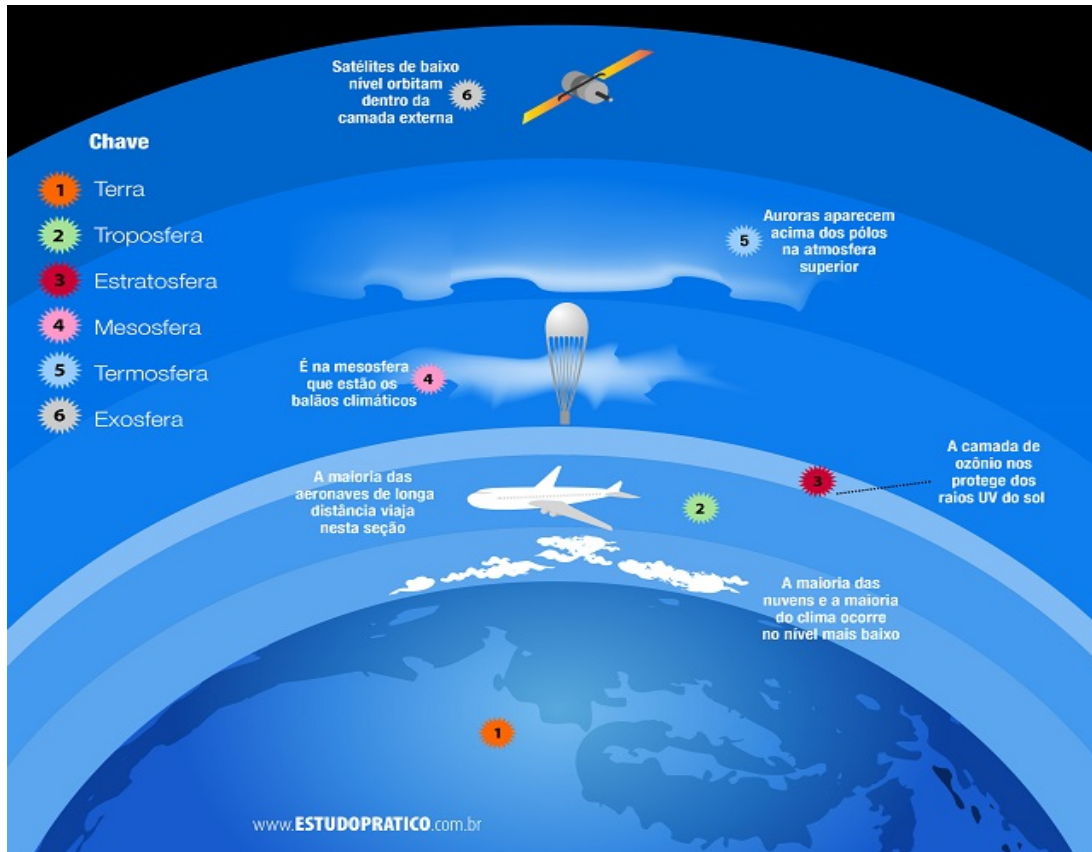
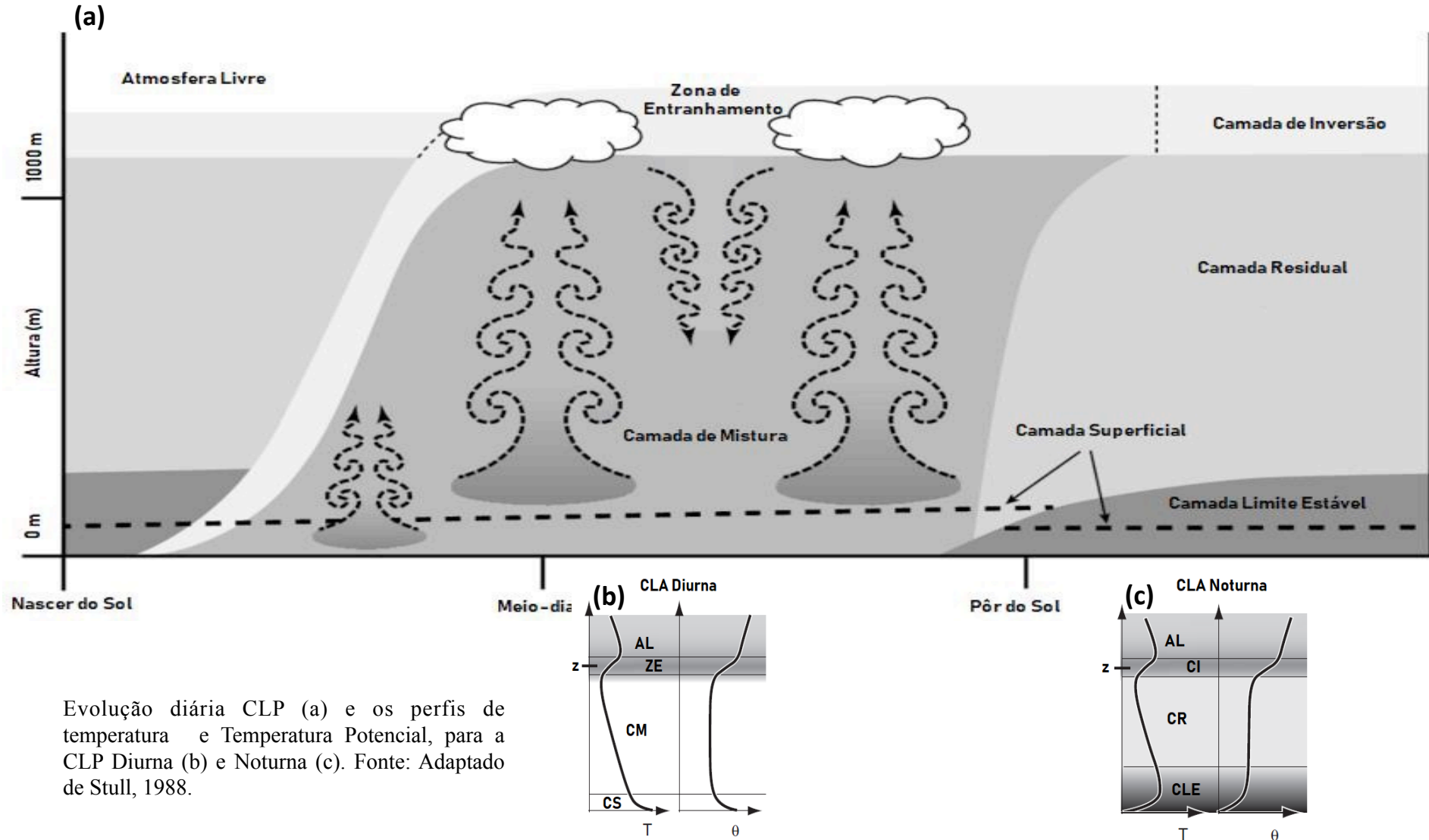


Ilustração da divisão da troposfera. Fonte: Gasparetto (2011)

Camadas da Atmosfera. Fonte: <https://www.estudopratico.com.br>

→ A Camada Limite Planetária (CLP)

- De acordo com Stull (1988) a CLP é a região da atmosfera (ou mais precisamente da baixa troposfera) que é diretamente afetada pelas propriedades da superfície terrestre.



Evolução diária CLP (a) e os perfis de temperatura e Temperatura Potencial, para a CLP Diurna (b) e Noturna (c). Fonte: Adaptado de Stull, 1988.

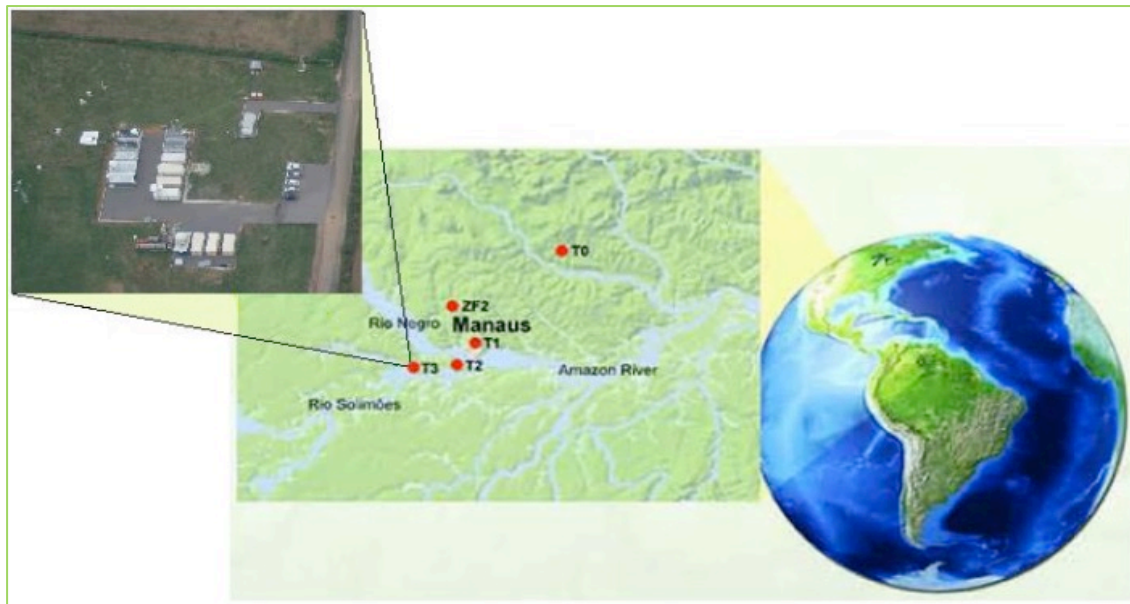
➔ Importância do estudo da CLP



 Geral

- Investigar as características da CLP na estação chuvosa da Amazônia ao longo do seu ciclo diário e a resposta desta aos fluxos de superfície, usando observações de sensores remotos (*Ceilometer*, Doppler Lidar, Sodar e radar Wind Profiler) e também observações *in situ* de radiossondagem. Também é apresentada uma comparação das várias técnicas de obtenção da altura da CLP utilizadas.

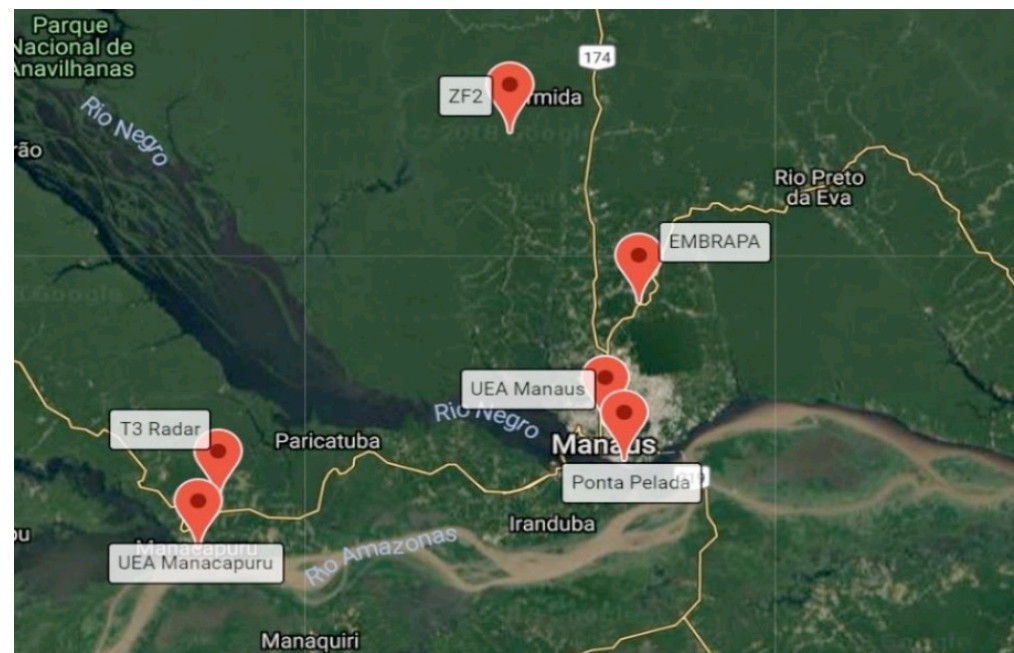
→ Área de estudo



Sítios do projeto GOAmazon, destaque para o sitio T3. Fonte: Adaptado do <http://campaign.arm.gov/goamazon2014/>.

Período Intensivo de Observações - IOP1 2014

- Estação chuvosa: 1 Fevereiro a 31 Março



Localização dos seis sítios dos projetos GOAmazon e CHUVA.
Fonte: <http://chuvaproject.cptec.inpe.br>

→ Instrumentos utilizados



Radiossonda. Fonte: <http://www.vaisala.co.jp>

Radissonda (RS)

- Lançadas em cinco horários, as 02, 08, 11, 14 e 20 Hora Local (HL);
- Fornece medidas de pressão atmosférica, altitude, temperaturas (do ar e do ponto de orvalho), umidade relativa e determinação da velocidade e direção do vento

Ceilometer

- Fornece medidas do retroespalhamento óptico, com resolução temporal de 16 s;
- Realizadas médias de 30 minutos da altura da CLP, a partir das estimativas da altura da CLP realizadas pelas medidas de retroespalhamento



Ceilometer. Fonte: <https://www.tropos.de>

→ Instrumentos utilizados



LIDAR Doppler. Fonte: <https://www.arm.gov>

LIDAR Doppler

- Fornece medições de velocidade radial e de retroespalhamento atenuado no tempo;
- Através da variância da velocidade vertical ($\sigma_w^2 \sigma_w^2 \sigma_w^2$), fornecida pelo Lidar, foi utilizada para determinar a profundidade da CLP, onde excede um determinado limite $0,1 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$.



Sodar. Fonte: <https://cetesb.sp.gov.br>

Sodar

- Obtidos dados dos perfis vertical da velocidade e direção do vento em intervalos de tempo de 30 min e com um alcance máximo de 400 m de altura;
- foi calculada a altura da CLP, em sua fase noturna (CLN), através da determinação da altura do vento máximo.

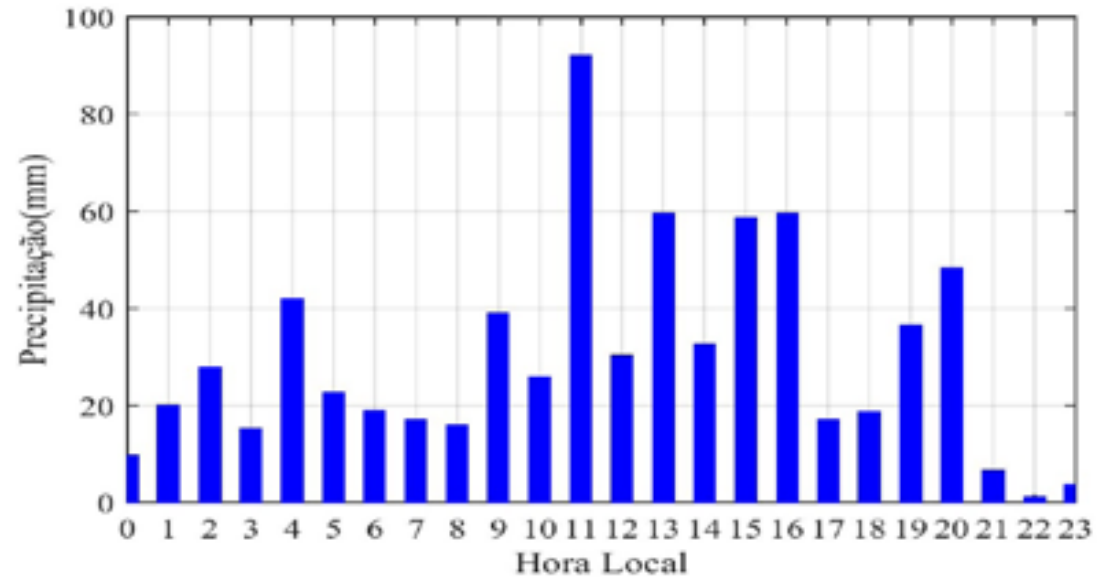


Radar Wind Profiler. Fonte: <https://www.arm.gov>

Radar Wind Profiler (RWP)

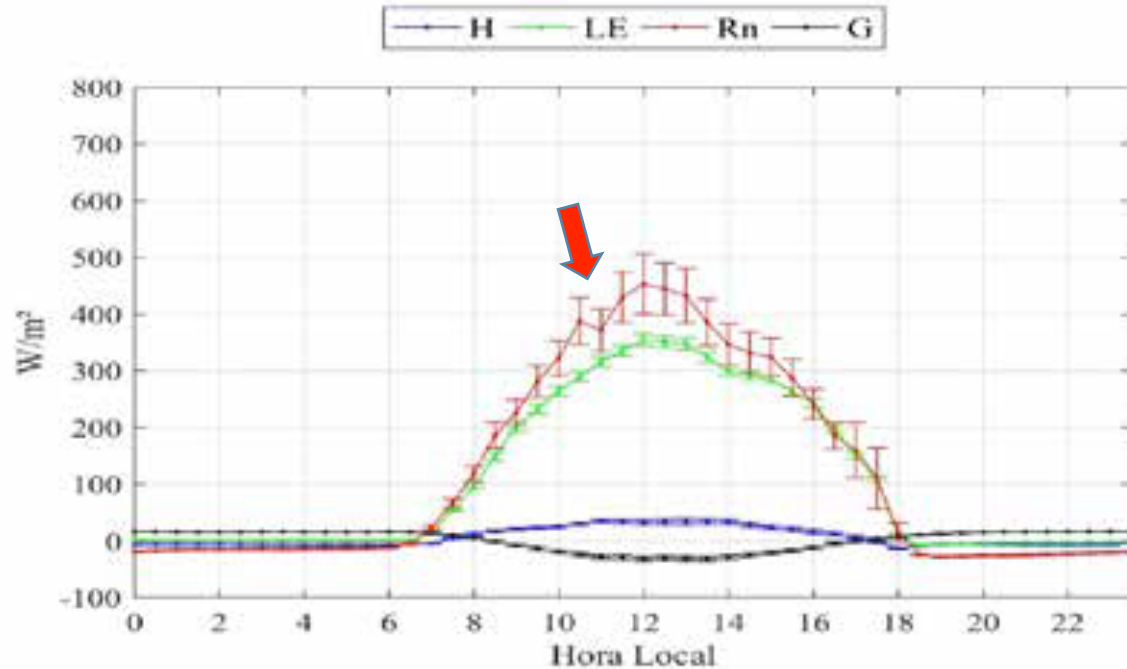
- Os RWP são radares Doppler para detecção do perfil vertical do vento;
- Estima-se a altura da CLP através do perfil vertical do índice de refração eletromagnético do RWP, onde o máximo deste índice ocorre na parte superior da CLP.

→ Precipitação IOP1



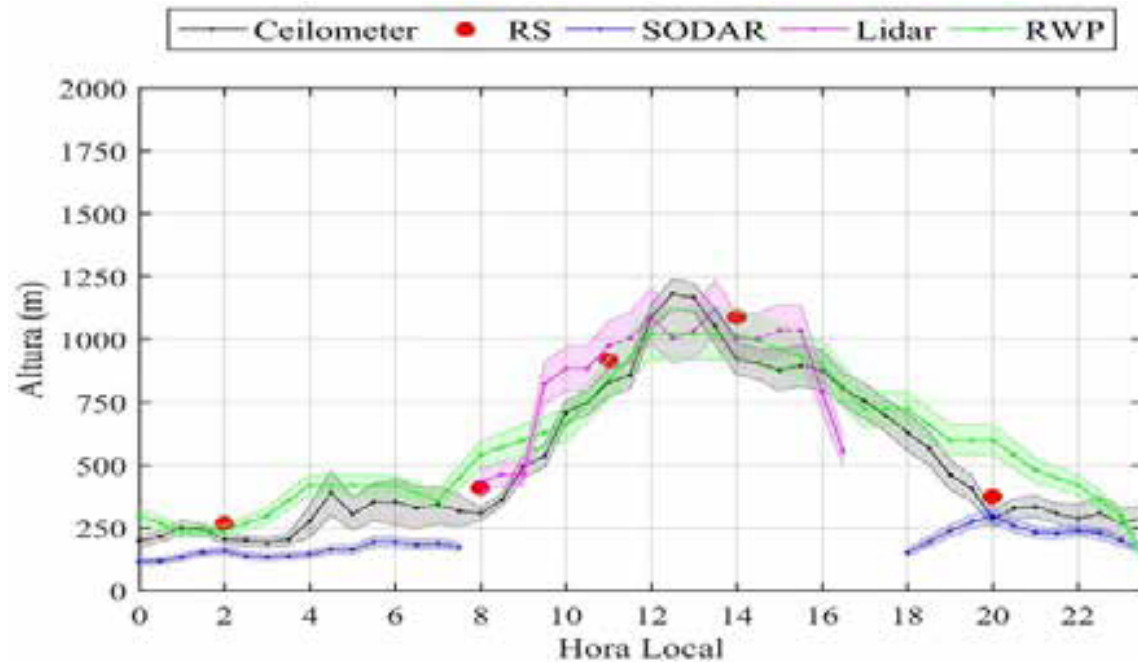
Acumulado horário da precipitação (mm) durante a IOP1.

- IOP1 total pluviométrico acululado de 720 mm;
- Entre 00 e 06 HL, acumulado de 157 mm;
- Entre 06 e 17 HL, acumulado de 450 mm;
- 2014 com precipitação típica para a região.



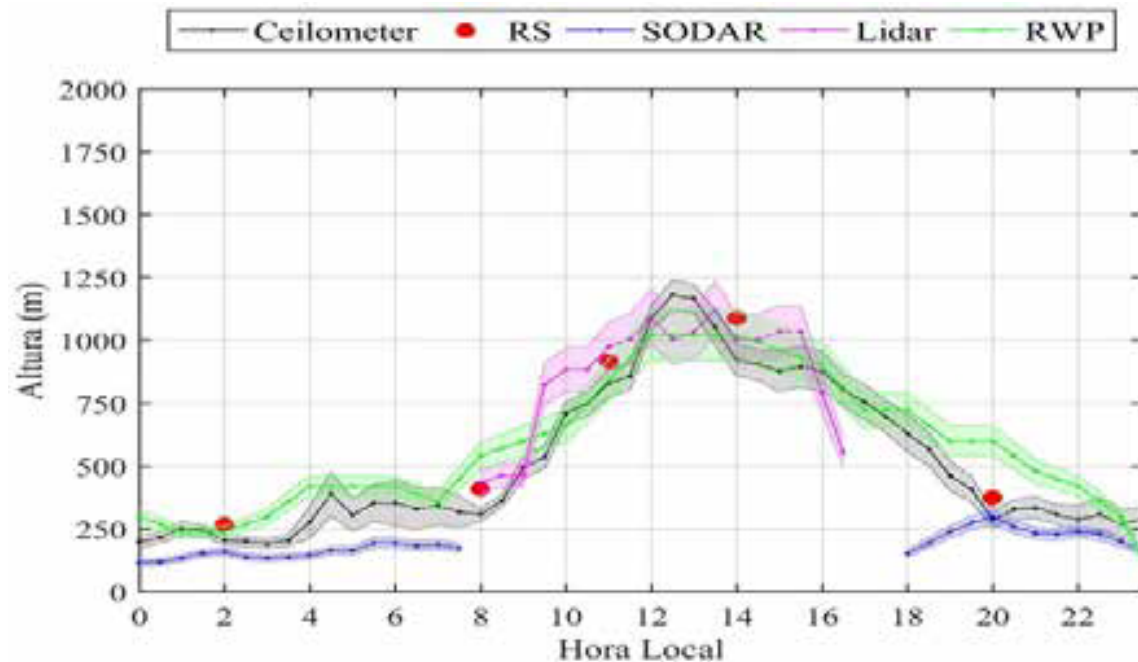
Média do ciclo diário do Rn, H, LE e G durante a fase da IOP1.

- Máximo Rn no período foi verificado às 12 HL;
- Redução na magnitude do Rn entre 10 e 11 HL;
- Mais de 85% da energia disponível é transferida para LE;
- Pequena fração do Rn é transferido para o fluxo de H;
- H é o fluxo que atua fortemente no desenvolvimento da CLP;
- Maior intensidade de G observada às 13 HL.



Média da Altura da Camada Limite Planetária (m) durante a IOP1.

- Entre 00 e 06 HL a CLN está bem estabelecida;
- Verificado entre 00 e 06 HL oscilações na profundidade da CLN, podendo estar relacionada ao cisalhamento mecânico do vento;
- Até às 08 HL não há aumento na profundidade da CLP;
- CLC bem estabelecida às 11 HL, com 850 m de altura;
- CLN começa a se formar a partir das 17 HL;



Média da Altura da Camada Limite Planetária (m) durante a IOP1.

- Ceilometer demonstrou resultados coerentes com as RS;
- O Sodar, devido ao seu alcance vertical baixo, foi utilizado apenas para medidas na fase da CLN;
- Lidar apresentou medições satisfatórias, principalmente, na fase de erosão da CLN e desenvolvimento da CLC;
- O RWP mostrou resultados em conformidade com RS durante a CLN do início do dia (entre 00 e 06 HL);
- O RWP mostrou uma superestimava nas fases de transições.

→ Conclusões

- Os resultados mostraram que o ciclo diário da CLP na estação chuvosa, apresentou uma CLN com pequena oscilação em sua profundidade e uma erosão da ordem de 3 h;
- Na IOP chuvosa, a CLC não apresentou alta profundidade, respondendo aos baixos fluxos de H de superfície;
- Comparando os valores de RS com os resultados obtidos pelos sensores remotos, foi verificado que o ceilometer e o RWP mostraram resultados satisfatórios da CLP.
- O Lidar mostrou bom resultado na fase de erosão da CLN e no desenvolvimento da CLC. Entretanto, o Sodar subestimou os valores da altura da CLN.

- CARNEIRO, R. G.; FISCH, G.; KAUFMANN, T. Determinação da altura da camada limite planetária na floresta amazônica utilizando um ceilometer. *Ciência e Natura*, v. 38, p. 460–466, 2016;
- HUANG, M.; GAO, Z.; MIAO, S.; CHEN, F.; LEMONE M. A.; HU, F. W. L. Estimate of boundary-layer depth over Beijing, china, using doppler lidar data during surf-2015. *Boundary-Layer Meteorology*, v. 162, p. 503–522, 2017;
- MACEDO, A. S.; FISCH, G. Variabilidade temporal da radiação solar durante o experimento GOAmazon 2014/15. *Revista Brasileira de Meteorologia*. 2017. No prelo;
- MARTIN, C.; FITZJARRALD, D.; GARSTANG, M.; OLIVEIRA, A.; GRECO, S.; BROWELL, E. Structure and growth of the mixing layer over the Amazonian rain forest. *Journal of Geophysical Research*, v. 93, n. D2, p. 1361–1375, 1988. ISSN 01480227.



OBRIGADO!
alciney.mtr@gmail.com