

Integração de geotecnologias para apoiar respostas a eventos hidrológicos críticos: a experiência da Unidade Estadual de Monitoramento Hidrometeorológico durante as inundações de 2015 na bacia do Rio Acre – Acre/Brasil

Alan dos Santos Pimentel¹
Vera Lúcia Reis¹
Ylza Marluce Silva de Lima^{1,3}
Luis Alves dos Santos Neto²
Diana de Souza Bezerra^{1,3}
Tatiane Mendonça de Lima^{1,3}

¹ Sema/ Unidade de Situação de Monitoramento de Eventos Hidrometeorológicos do Acre
Rua das Acácias, 279, Distrito Industrial – CEP: 69.920-175 - Rio Branco, Acre, Brasil
alan.geopimentel@gmail.com
vlreis.reis21@gmail.com

² Serviço de Proteção da Amazônia – Sipam
Avenida Lauro Sodré, 6500 – Aeroporto – CEP: 76803-260 - Porto Velho, Rondônia, Brasil
luis.santos@sipam.gov.br

³ Universidade Federal do Acre – UFAC
BR 364, Km 04 – Distrito industrial – CEP: 69.920-900 – Rio Branco – Acre, Brasil
y.marluce@gmail.com
diannazouza@gmail.com
tati.mlima@hotmail.com

Abstract: The Amazon, in general, and Acre, in particular, have suffered annually with extreme weather events related to variations in rainfall and river levels, and consequently with wet season floods and dry season water supply problems. In Acre, the interannual climate variability and extreme rainfall and drought events have affected river flows, jeopardizing local populations. In the year 2015, data collected from the PCDs indicated values of 335 and 471 mm of precipitation for Assis Brasil and of 408 and 368 mm for Brasileia, in January and February, respectively, considered records for the region, when compared to the mean of precipitation in these localities for the period from 1980 to 2014. The result of these heavy rains was the rise in the level of the river in the capital to 18.37 meters, four meters above flood level, the highest flood on record, affecting 53 districts, 32 rural areas and more than 100,000 people, with a cost estimated at 200 to 600 million reals. The integration of geotechnologies was fundamental to the monitoring of the flow of water during this flood that affected all municipalities along the Acre River Basin. The correlation of accumulated precipitation in river basins with the variation of river levels, supported several institutions, anticipating disasters. The Hydroestimator was adopted to indicate possible flood risk areas in locations without data collection platforms, and was incorporated into the TerraMA2 platform to generate early flood warnings.

Keywords: Acre State, hydroestimator, floods, TerraMA2 platform, hidroestimador, inundação, Estado do Acre, Plataforma TerraMA2

1. Introdução

A Amazônia, em geral, e o Acre, em particular, têm sofrido anualmente com eventos climáticos extremos relacionados à variação da precipitação pluviométrica e sua intrínseca relação com os níveis dos rios, configurando-se essencialmente em inundações no período de inverno amazônico e problemas de abastecimento de água no período de estiagem prolongada.

Segundo Davidson e colaboradores (2012), o uso inadequado da terra, para a expansão da agricultura, pecuária, exploração madeireira, dentre outros aspectos e a variabilidade climática tornaram-se importantes agentes de perturbação na bacia Amazônica.

A variabilidade interanual da precipitação e dos níveis dos rios na Amazônia deve-se em parte, à temperatura da superfície do mar (TSM) e às variações no Pacífico tropical que se manifestam como os extremos do El Niño-Oscilação Sul (ENOS), e com o gradiente meridional SST no Atlântico tropical ou ainda, a uma combinação de ambos (Espinoza et al., 2012 e Marengo et al., 2013).

As secas e inundações são parte da variabilidade natural do clima na Amazônia, no entanto os extremos resultantes desse processo têm se tornando cada vez mais frequentes e de maior intensidade, com consequências desastrosas para a saúde da população, a economia e os ecossistemas locais.

No Acre, a variabilidade climática interanual e os eventos extremos de chuvas e secas determinam aumentos e diminuições das vazões dos rios, que colocam frequentemente em risco a população residente nas planícies de inundação em áreas urbanas e rurais (Duarte, 2011). Os últimos doze anos no estado foram caracterizados por cheias e secas severas nos anos 2005, 2010, 2012, 2015 e 2016, alguns dos quais tidos como extremos sazonais com ocorrência "uma vez por século" (Lewis, 2011 e Marengo et al., 2013).

Considerando a vulnerabilidade da população afetada, especialmente nos últimos sete anos consecutivos de inundações, e a necessidade de lidar com extremos no futuro, o Governo do Estado do Acre, em parceria com a Agência Nacional de Águas-ANA, implantou a Unidade de Situação de Monitoramento Hidrometeorológico como estrutura executiva da Comissão Estadual de Gestão de Riscos Ambientais – CEGdRA que funciona como centro operacional de monitoramento hidrometeorológico. O objetivo desta Unidade é identificar ocorrências de eventos críticos, através do monitoramento diário de tempo, clima, níveis de rios e focos de calor em todo o território do estado, permitindo a busca de ferramentas de geotecnologias para um monitoramento mais confiável e capaz de fornecer dados para a geração de alertas antecipados, como subsídios para a tomada de decisão e resposta rápida das defesas civis estaduais e municipais.

Neste sentido este artigo foca na experiência de integração de geotecnologias diferenciadas, aplicando modelos e dados telemétricos para subsidiar a emissão dos alertas antecipados, em situações de desastres de extremos de precipitação e inundações como subsídio para a tomada de decisão e resposta por parte das instituições de resposta.

2. Material e Métodos

2.1 Área de estudo

A área de investigação é o Rio Acre, cuja bacia situa-se na Amazônia Sul-ocidental, compartilhada pelo departamento peruano de Madre de Dios, os estados brasileiros do Acre e Amazonas e o departamento boliviano de Pando (Figura 1).



Figura 1. Localização do Estado do Acre e da Bacia do Rio Acre

O rio Acre nasce em território peruano, em cotas da ordem de 400 m e corre na direção Oeste-leste, deixando-o na altura da municipalidade de Iñapari, e segue fazendo fronteira com Brasil e Bolívia. Percorre mais de 1.190 km desde suas nascentes até a sua desembocadura, na margem direita do Rio Purus. Drena um substrato formado, em grande parte, por unidades geológicas muito jovens - a Formação Solimões e Terraços aluvionares antigos, que acompanham as principais drenagens e os sedimentos recentes dos rios, constituídos principalmente por rochas argilosas e sílticas, intercaladas por arenitos finos depositados em um sistema de leques aluviais, facilitando processos erosivos, de deslizamentos de terra e consequente assoreamento dos leitos (ACRE, 2004).

A rede de drenagem da bacia do Rio Acre é caracterizada por rios sinuosos e volumosos, escoando suas águas no sentido Sudoeste a Nordeste, e por estreitas planícies fluviais de deposição de sedimentos retirados pela erosividade das águas sobre as margens (Almeida, 2005 e ACRE, 2006).

O avanço e a ocupação desordenada do solo contribuem com grande aporte de sedimentos, e conseqüentemente, com sua instabilidade, em especial nos períodos extremos de inundações. Esse comportamento é típico da evolução de rios não estáveis, onde as margens côncavas sofrem erosão pelas correntes rotacionais e as margens convexas apresentam assoreamento (Almeida, 2005), a exemplo do Bairro Leonardo Barbosa em Brasileira, fragmentado com a força das águas oriundas da inundação de 2015.

2.2 Metodologia de Trabalho

Para análise e obtenção da precipitação acumulada do Hidroestimador no período de estudo, bem como para a emissão dos alertas antecipados, via Plataforma TerraMA2, foram realizadas as seguintes atividades:

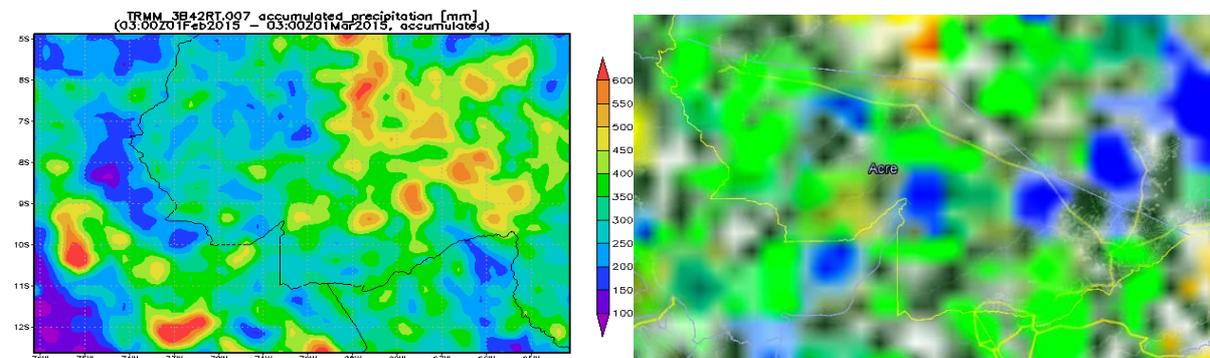
A. Levantamento dos dados: foram adquiridos dados brutos de estimativa de precipitação do modelo hidroestimador que possui grade 4 x 4 km. Este produto é resultado de um método que estima automaticamente a precipitação por meio de uma relação empírica exponencial entre a precipitação estimada por radar e a temperatura de brilho do topo das nuvens extraídas do canal infravermelho do satélite GOES-13, gerando taxas de precipitação acumuladas em 24h. (SCOFIELD, 2001).

B. Processamento: os dados brutos do hidroestimador no formato binário foram adquiridos via FTP (File Transfer Protocol) do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos – CPTEC. Através da plataforma de monitoramento, análise e alerta TerraMA2, desenvolvida no Departamento de Processamento de Imagem (DPI) do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe), adaptada e instalada na Unidade de Situação de Monitoramento Hidrometeorológico do Estado do Acre, realizou-se a aquisição e a conversão dos dados em formato binário para TIFF, possibilitando a manipulação das informações em software SIG. Com os dados no formato TIFF dentro do SIG, uma nova paleta de cores foi aplicada, bem como a inserção de informações adicionais da rede hidrográfica, como a divisão de sub bacia, e a localização das cidades, informações que facilitam o processo de localização das áreas de concentração dos maiores núcleos de precipitação.

C. Análise: nesta etapa os dados brutos foram transformados em mapas temáticos de estimativa de precipitação com enfoque nos maiores núcleos de chuva acumulada no período de 24 horas Assim, foi possível analisar a sua relação com o nível dos rios nas sub bacias mais afetadas. Ao mesmo tempo, a plataforma TerraMA2 ligada a um conjunto de geotecnologias pode interagir com outros bancos de dados, sendo capaz de coletar e analisar dados, gerando informações que puderam ser lidas, processadas e aplicadas para criação e notificação de alertas. No período de análise vários alertas foram gerados e utilizados pelo Comitê de Alagação instalado no Corpo de Bombeiros Militar do Estado do Acre - CBMAC Coordenação Estadual de Defesa Civil - Cedec.

3. Resultados e Discussão

Em 2015, o aumento significativo da vazão e do nível do Rio Acre nos principais municípios ao longo da bacia deveu-se ao grande volume de precipitações em pequeno período de tempo. Durante o mês de janeiro a precipitação acumulada em grande parte do estado do Acre variou de 300 a 400 mm, considerada acima da normalidade. Tanto em janeiro como em fevereiro de 2015, os volumes registrados foram superiores a média dos totais mensais, principalmente nas estações de Assis Brasil (COD 13450000), e Brasileia (COD 13460000), na parte alta da bacia do Rio Acre. Conforme estimativa elaborada a partir do Satélite TRMM (<http://www.esrl.noaa.gov/psd/cgi-bin/data/getpage.pl>), no mês de fevereiro, os volumes de chuva na bacia do Rio Acre oscilaram entre 350 e 450 mm (Figuras 2 e 3).



Figuras 2 e 3. Precipitação acumulada em fevereiro de 2015 estimada pelo satélite TRMM no Acre (esquerda) e a anomalia em relação à média (direita). Fonte: TRMM (Nasa/Jaxa)

Extremos diários de chuva na bacia do Rio Acre e suas contribuições para os acumulados durante semanas e meses implicam em níveis do rio acima da cota de alerta - 13,5 m (Duarte, março de 2015, medida realizada pelo Serviço Geológico do Brasil - CPRM/PV registrou uma vazão de 3.499,0 m³/s para a cota 18,34 m no Rio Acre em Rio Branco, considerada histórica para a região.

As chuvas que promoveram as inundações em Assis Brasil iniciaram na parte mais alta da bacia - na área de influência da Estação Ecológica do Rio Acre, situada na base do Instituto Chico Mendes da Biodiversidade – ICMBio, a aproximadamente 70 km em linha reta, a oeste e montante da cidade de Assis Brasil, no dia 18/02/2015, com acumulados variando de 26 a 150 mm, seguidas por precipitações que superaram os 200 mm acumulados em 24 horas no município, no dia 19/02, conforme dados do Hidroestimador. Nesse intervalo de tempo a plataforma de coleta de dados – PCD instalada em Assis Brasil registrou uma variação de nível no Rio Acre de 4,02 m no dia 17/02 para 13,24 m no dia 19/02/2015 (Figura 6).

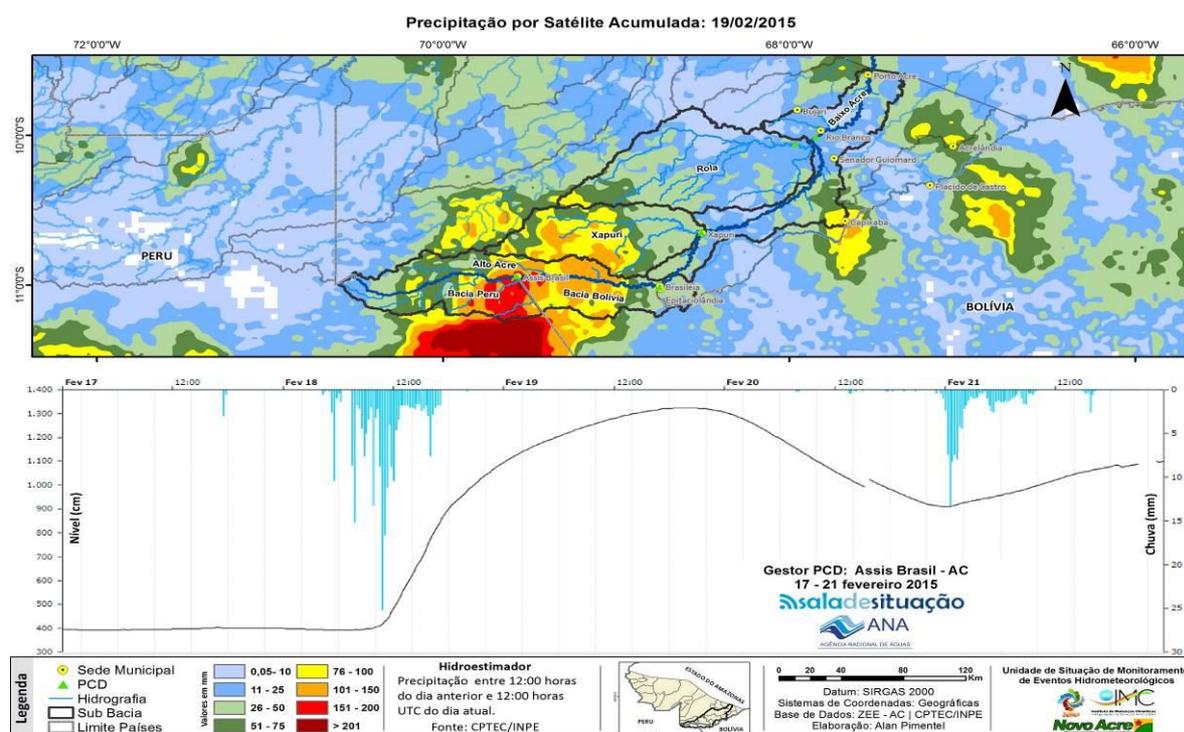


Figura 6. Precipitação acumulada por satélite em 19/02/2015 - dados do Hidroestimador e nível do Rio Acre na PCD de Assis Brasil (COD 13450000), indicado no Gestor PCD. Fonte: <http://gestorpcd.ana.gov.br/Mapa.aspx> e www.cptec.inpe.br

Ainda no dia 18/02 a área de influência dos municípios de Brasileia, Epiaciolândia e Xapuri também foram alvos de grandes volumes de precipitação, com acumulados oscilando entre 50 e 200 mm em 24 horas, segundo dados do Hidroestimador. No dia 19/02 as chuvas continuaram afetando a região com acumulados de até 150 mm em 24 horas (Figura 6).

No dia 21/02 as chuvas voltaram a afetar a região do Alto Acre, chegando com acumulados de 24 horas em torno dos 110 mm em Assis Brasil. A área de influência do Riozinho do Rola, no município de Rio Branco, apresentou valores acumulados de até 150 mm de chuva nessa data (Figura 7). Com a sequência de precipitações desde a ESEC Rio Acre, os níveis do Rio Acre, nas localidades descritas superaram suas cotas de transbordamento: em Assis Brasil o nível do rio chegou a 13,24 m no dia 19/02 (cota de alerta 11,3 m e de transbordo 12,5 m); em Brasileia, com cota de alerta de 9,8 m e de transbordamento 11,4 m, chegou a 15,41m no dia 24/02 – valor considerado histórico para o

município, afetando mais de 80% do perímetro urbano da cidade; em Xapuri o rio chegou aos 16,32 m, para 12,5 m de cota de alerta e 13,4 m de transbordamento (Figura 7).

Com o volume de água oriundo de montante (região do Alto Acre) e as precipitações ocorridas no município a partir de 21/02, o Rio Acre em Rio Branco saiu de sua cota de transbordamento – 14 m no dia 22/02, culminando com o nível histórico de 18,37 m no dia 04/03, segundo dados da plataforma telemétrica da ANA (COD 13600002) (Figura 7).

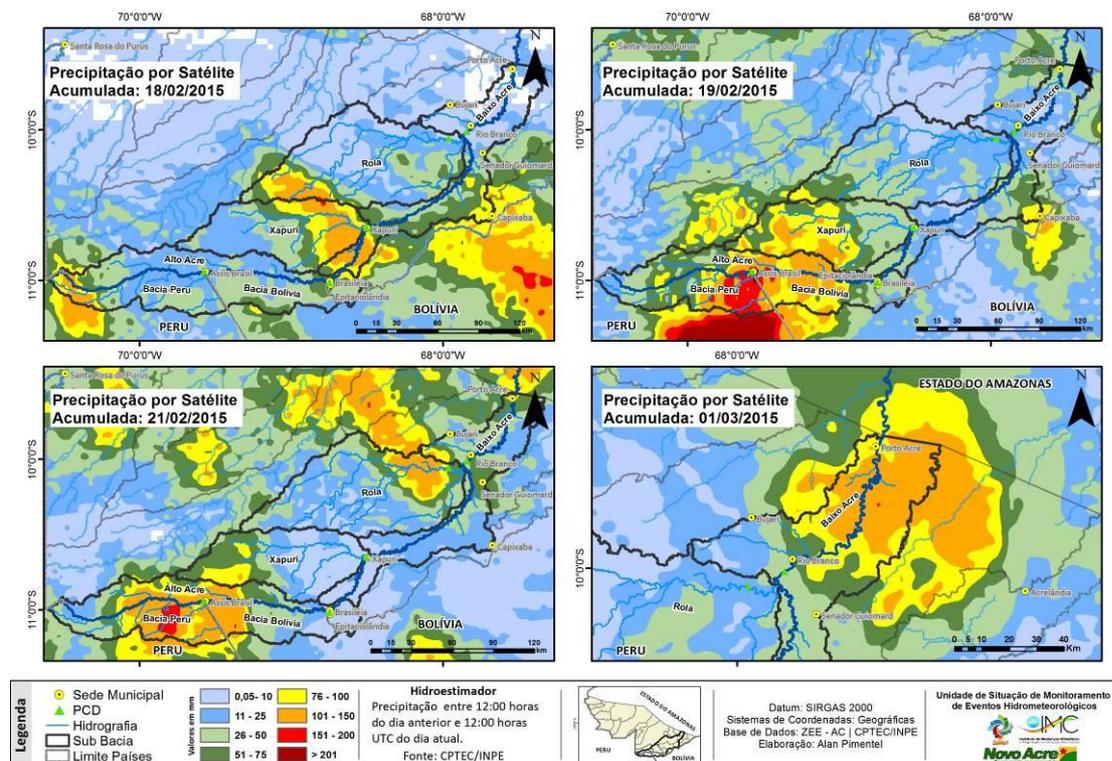


Figura 7. Acumulados de 24 horas de precipitação - por satélite, via dados do Hidroestimador. Fonte: www.cptec.inpe.br

No dia 01/03, o Hidroestimador indicou acumulados de 24 horas de até 150 mm na área de influência do município de Porto Acre, imediatamente a jusante de Rio Branco (Figura 7). Considerando que o município já se encontrava sob a influência dos volumes de água oriundos de montante, e o fato de o mesmo não possuir plataforma de coleta de dados, o Hidroestimador associado aos alertas emitidos pela Plataforma TerraMA2, foi o principal referencial para a resposta da Defesa Civil na localidade.

Os dados de precipitação estimada por satélite são disponibilizados a cada 30 minutos, são adquiridos e analisados pela Plataforma TerraMA2, retornando com a estimativa média de precipitação acumulada para cada sub bacia. Caso o resultado dos valores analisados atinja os limiares de alerta, uma notificação é emitida informando o nível do alerta local e a estimativa de precipitação acumulada.

A Figura 8 contém a série histórica dos alertas emitidos para bacia do Rio Acre no período. O primeiro alerta foi emitido as 02:30h (GMT) do dia 18 de fevereiro de 2015 e nesse mesmo horário as sub bacias do Xapuri e Bolívia entraram em estado de observação. As 11:30 (GMT) todas as sub bacias entram em diferentes níveis de alerta, com destaque para as sub bacias do Alto Acre, Peru e Bolívia, onde localiza-se a tríplice fronteira (Madre de Deus-PE, Acre-BR e Pando-BO), que entraram em alerta máximo, devido ao maior acumulado de precipitação a partir das 14:30 (GMT).

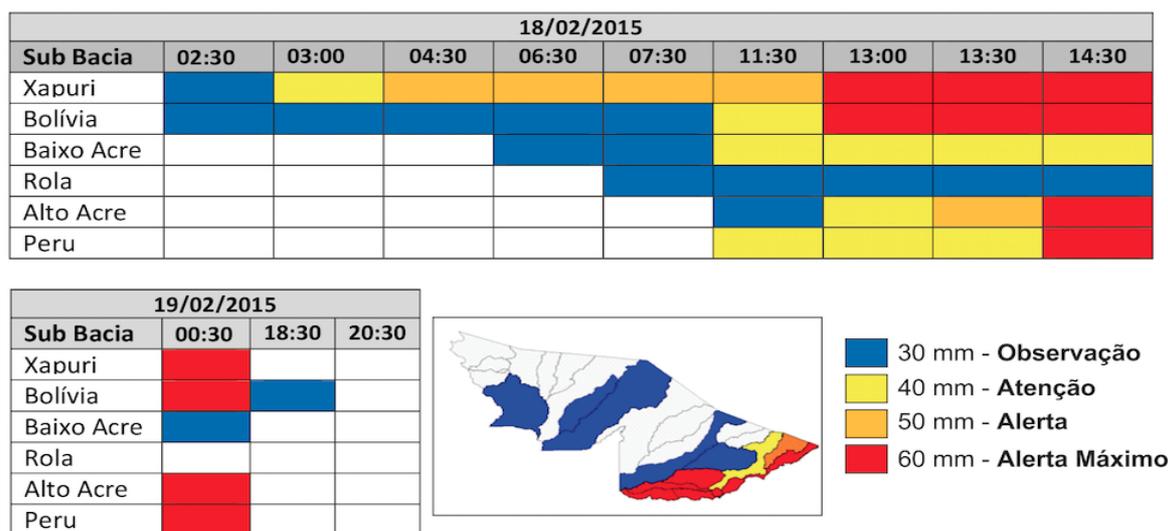


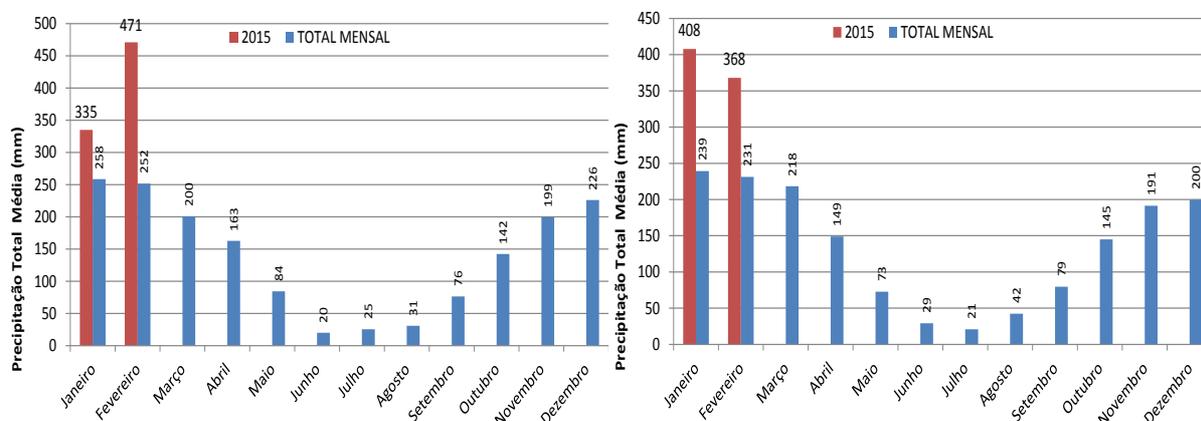
Figura 8. Alertas de estimativa de precipitação emitidos pela Plataforma TerraMA2, horário GMT.

Das 14:30 (GMT) do dia 18 de fevereiro de 2015 o alerta máximo de precipitação acumulada se estendeu até 18:30h (GMT) do dia 19 de fevereiro de 2015 nas áreas das sub bacias do Alto Acre, Peru, Bolívia, Xapuri e Riozinho do Rola, conforme mapa da Figura 8.

Nesse sentido a plataforma TerraMA2, ligada a um conjunto de geotecnologias, pôde interagir com outros bancos de dados, sendo capaz de coletar, processar e analisar dados, gerando informações que puderam ser lidas e aplicadas para a criação e emissão de alertas.

O mapa de distribuição e quantificação das precipitações acumuladas (24 horas) era elaborado toda manhã para uso na Sala de Resposta da Defesa Civil, a partir do qual técnicos da Assessoria Indígena e da Secretaria de Estado de Extensão Agroflorestal e Produção Familiar - Seaprof, faziam buscas ativas de indígenas e produtores rurais afetados pelas inundações no interior do estado, em especial no Gregório e Porto Acre, respectivamente.

No ano de 2015, dados coletados das PCDs indicaram valores de 335 e 471 mm de precipitação para Assis Brasil e de 408 e 368 mm para Brasileia, em janeiro e fevereiro respectivamente, considerados históricos para a região, quando comparados a média da precipitação nessas localidades no período de 1980 a 2014 (Figuras 9 e 10).



Figuras 9 e 10. Precipitação média (1980 a 2014) e total observada em janeiro e fevereiro de 2015, em Assis Brasil (COD 01069000) (esquerda) e em Brasileia (COD 0096800) (direita)

O resultado deste evento elevou o nível do Rio Acre na capital Rio Branco para 18,37 m, quatro metros acima da cota de transbordamento, sendo a maior inundação já registrada na capital, atingindo 53 bairros, 32 áreas rurais e mais de 100.000 pessoas, representando aproximadamente 34% do município de Rio Branco, e uma despesa estimada entre 200 e 600 milhões de reais (Dolman, 2016).

4. Conclusão

O Hidroestimador, associado aos dados das plataformas de coleta de dados, foi fundamental para o monitoramento do caminhamento das águas durante esta inundação que afetou todos os municípios ribeirinhos ao longo da bacia do Rio Acre. A correlação das precipitações acumuladas espacializadas e quantificadas na bacia, com a variação dos níveis dos rios, subsidiou a atuação da Defesa Civil, evitando desastres, evacuando as áreas de risco em tempo hábil.

Assim, passamos a adotar os dados do Hidroestimador no território do estado para indicar possíveis áreas de risco de inundação nas localidades sem plataformas de coleta de dados, associados aos alertas antecipados gerados e emitidos pela Plataforma TerraMA2.

Referências Bibliográficas

- ACRE. Secretaria de Estado de Meio Ambiente – SEMA. **Diagnóstico das bacias do Rio Acre e do Rio Purus**. Rio Branco, Acre. 2004. 84 p.
- ACRE. Governo do Estado do Acre. **Programa Estadual de Zoneamento Ecológico-Econômico do Acre. Fase II**. Documento Síntese. Rio Branco. 2006. 179 p.
- Almeida, H.D.F. **Mineralogia, geoquímica, fertilidade e origem dos sedimentos de praia (barra em pontal) das bacias dos rios Purus e Juruá no Estado do Acre**. 2005. 172 p. Dissertação (Mestrado em Geociências) - Universidade Federal do Pará, Belém. 2005.
- Davidson, E. A., A. C. de Araujo, P. Artaxo, J. K. Balch, I. F. Brown, M. M. C. Bustamante, M. T. Coe, R. S. De Fries et al.. The Amazon basin in transition. **Nature** **481**, p. 321–328. 2012.
- Dolman, D. **O impacto socioeconômico da inundação de 2015: dados preliminares**. Rio Branco, Acre. 2016.
- Duarte, A. F. **Sazonalidade de alagações e secas na capital do Acre, Rio Branco, Amazônia Ocidental**. Disponível em: <http://www.sbmet.org.br/sic2011/arq/75401263981187540126398.pdf>. Acesso em: 12.nov.2016.
- Espinoza, J.C., Ronchail, J., Guyot, J. L., Junquas, C., Guillaume Drapeau, G., Martinez, J.M., Santini, W., Vauchel, P., Lavado, W., Ordoñez, J. and Espinoza, R. From drought to flooding: understanding the abrupt 2010–11 hydrological annual cycle in the Amazonas River and tributaries. **Environ. Res. Lett.** **7**. (024008), p. 1-7. 2012.
- Lewis, S. L., P. M. Brando, O. L. Phillips, G. M. F. Van Der Heijden, And D. Nepstad. The 2010 Amazon drought. **Science**, p. 331- 554, 2011.
- Marengo, J. A., L. Borma, D. Rodriguez, P. Pinho, W. Soares And L. Alves. Recent extremes of drought and flooding in Amazonia: vulnerabilities and Hhuman adaptation. **American Journal of Climate Change** **2** (2), p. 87-96, 2013.
- Scofield, R.A. (2001). Comments on “A quantitative assessment of the NESDIS Auto-Estimador”. **Weather and Forecasting** (16), p. 277-278. 2001.