



SISTEMA DE ALERTA HIDROLÓGICO



SISTEMA DE MAPEAMENTO DE MANCHAS DE INUNDAÇÕES

MANCHA DE INUNDAÇÃO
ASSOCIADA À COTA DE
29,00 m NA CIDADE DE MANAUS-AM



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA
SECRETARIA DE GEOLOGIA, MINERAÇÃO E TRANSFORMAÇÃO MINERAL
SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL – CPRM
DIRETORIA DE HIDROLOGIA E GESTÃO TERRITORIAL – DHT
Departamento de Hidrologia
Divisão de Hidrologia Aplicada

Programa Gestão de Riscos e de Desastres
AÇÃO LEVANTAMENTOS, ESTUDOS, PREVISÃO E ALERTA DE EVENTOS HIDROLÓGICOS CRÍTICOS

SISTEMA DE MAPEAMENTO DE MANCHAS DE INUNDAÇÕES

**MANCHA DE INUNDAÇÃO
ASSOCIADA À COTA DE
29,00 m NA CIDADE DE MANAUS-AM**

AUTORA

Luna Gripp Simões Alves

Belo Horizonte – MG
Maio, 2024

PROGRAMA DE RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIAIS E DE DESASTRES NATURAIS
Convênio CPRM/ANA – Rede Hidrometeorológica Nacional - RHN**Alerta de Eventos Críticos****Projeto “Sistema de Mapeamento de Manchas de Inundações”, relatório nº 01 – maio de 2024.**

Executado pela Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM – Serviço Geológico do Brasil.

CPRM- Superintendência Regional de Belo Horizonte

Av. Brasil,1731 – Bairro Funcionários

Belo Horizonte – MG – CEP 30.140-002

Telefone: 31.3878.0307

seus@sgb.gov.br

www.sgb.gov.br

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

A474

Alves, Luna Gripp Simões

Sistema de mapeamento de manchas de inundações: mancha de inundação associada à cota de 29,00 m na cidade de Manaus-AM / Luna Gripp Simões Alves. – Belo Horizonte: Serviço Geológico do Brasil, 2024.

1 recurso eletrônico : PDF ; 7.775 kbytes.

Programa Gestão de Riscos e de Desastres.

1- Hidrologia da Amazônia. 2- Hidrologia Manaus. 3- Chuvas intensas. I- Título. II- Alves, L.G.S.

CDU 551.577.37 (811.3 A/Z)

Ficha Catalográfica elaborada pela Bibliotecária M. Madalena Costa Ferreira CRB/MG1393

Biblioteca Regional da CPRM de Belo Horizonte-MG

Disponível em: <https://rigeo.sgb.gov.br/>

Direitos desta edição: Serviço Geológico do Brasil - CPRM

É permitida a reprodução desta publicação, desde que mencionada a fonte.



MINISTÉRIO DE
MINAS E ENERGIA



REALIZAÇÃO

Divisão de Hidrologia Aplicada

AUTORA

Luna Gripp Simões Alves

FOTO DA CAPA: Alfândega de Manaus em evento de inundação histórica do rio Negro na cidade de Manaus, junho de 2021. Autoria: Michele Pitarello.

APRESENTAÇÃO

As “Manchas de Inundação” são importantes ferramentas na gestão de eventos de inundação, à medida que indicam quais são as áreas dos municípios afetadas por determinados eventos de cheia. Assim, fornecem informações essenciais para o estabelecimento de medidas preparatórias e preventivas em diversas etapas dessa gestão, como a prevenção da construção de estruturas em áreas de risco, a redução de riscos já existentes e adaptações a modificações nos fatores de riscos.

No Serviço Geológico do Brasil, o projeto “Sistema de Mapeamento de Manchas de Inundação” está integrado aos “Sistemas de Alerta Hidrológico (SAH)”, ambos vinculados à Divisão de Hidrologia Aplicada. Através desta integração, é possível associar os dados hidrológicos de monitoramento e previsão gerados pelos Sistemas de Alerta a informações de níveis de terreno, constantes nas manchas de inundação. Assim, gerando informação de qualidade, subsidiando de forma responsável a tomada de decisão por parte dos órgãos atuantes na minimização dos impactos relacionados aos eventos hidrológicos extremos.

INTRODUÇÃO

A cidade de Manaus, capital do estado do Amazonas, é reconhecida nacionalmente pela alta frequência com a qual é afetada por inundações, principalmente, do rio Negro, que banha a cidade. Ao longo dos últimos anos, a frequência com que a 'Cota de Inundação Severa' (29,00 m) vem sendo observada na estação do Porto de Manaus (Código RHN 14990000) tem aumentado expressivamente. Em um intervalo de 14 dos recentes anos (2009 a 2022), o rio superou este nível 9 vezes. No século anterior, haviam sido necessários 100 anos para que esta cota fosse superada também 9 vezes (Alves *et al.*, 2022).

No recente evento de inundação, em que a cota máxima histórica do rio foi atingida (30,02m, em 16 de junho de 2021), o Serviço Geológico do Brasil, em parceria com a Secretaria de Estado do Meio Ambiente do Amazonas (SEMA Amazonas), realizou um levantamento *in loco* para definição desta mancha. A delimitação da mancha de 30,02 m foi realizada com base em registros fotográficos aéreos obtidos com VANTE (Veículo Aéreo Não Tripulado), visitas aos bairros mais atingidos e à orla de Manaus (SGB & SEMA, 2021). Os resultados encontram-se disponíveis em <https://rigeo.sgb.gov.br/jspui/handle/doc/23747>.

Atualmente, ficou evidente a importância de definir também a área atingida por inundação associada ao marco de 29,00 m, que representa a cota de inundação severa do município (Alves *et al.*, 2020).

O presente relatório apresenta a metodologia, e uma síntese dos resultados obtidos para a caracterização da região afetada por inundação da cidade de Manaus-AM, quando o nível do rio atinge tal marco.

MATERIAL E MÉTODOS

Para a caracterização da área afetada quando o rio Negro atinge os 29,00 m foram utilizadas distintas base de dados, sendo elas (Figura 1):

- Mancha de inundação de 30,02 m (SGB e SEMA, 2021)
- Imagens disponíveis no software Google Earth (Tabela 1)
- Pontos de GPS coletados em levantamento realizado pelo SGB em 2017, em dias em que o rio estava no nível de 29,00 m (Oliveira et al., 2017)

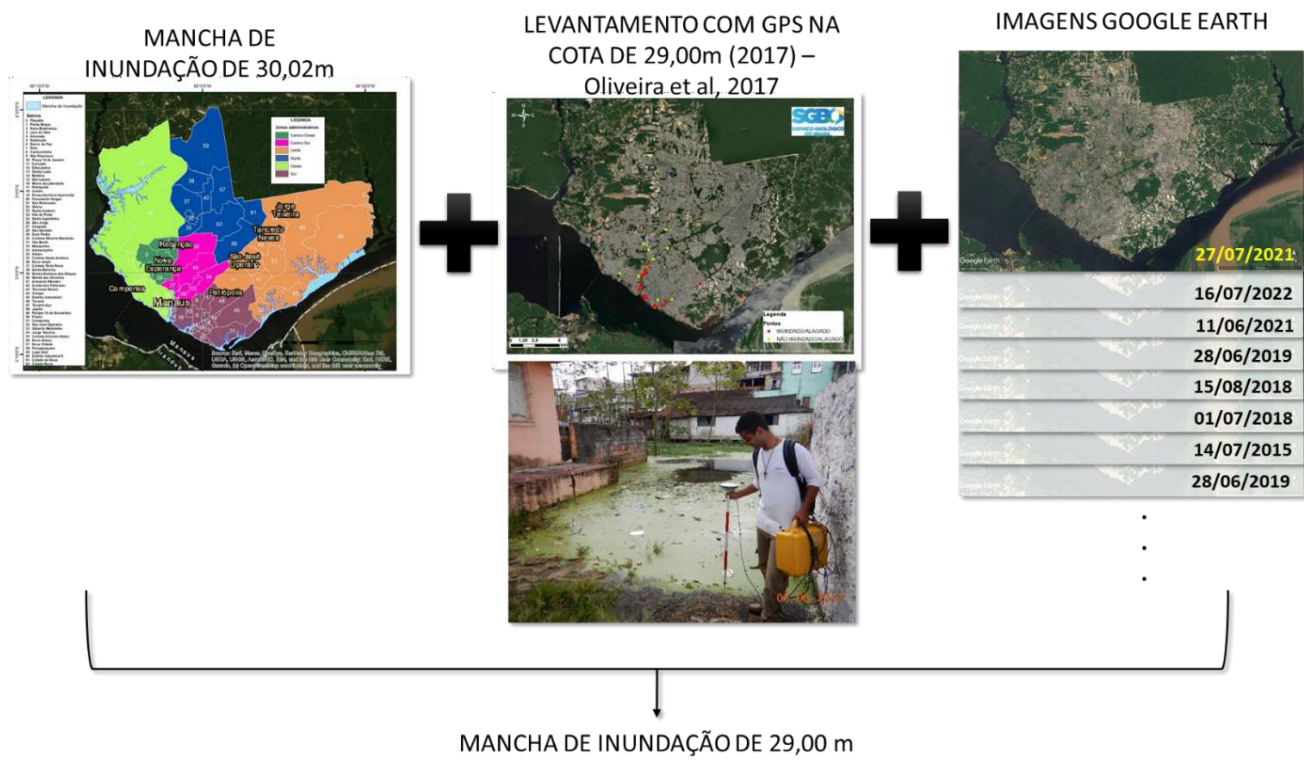


Figura 1. Resumo das informações utilizada na geração da Mancha de Inundação de 29,00 m de Manaus-AM

Tabela 1. Datas das imagens obtidas no Google Earth e cota do rio Negro na data correspondente

DATA DA IMAGEM	COTA RIO NEGRO (cm)
16/07/2022	29,22
04/07/2022	29,62
27/07/2021	29,12
11/06/2021	30,00
28/06/2019	29,36
15/08/2018	27,02
01/07/2018	28,34
12/06/2018	28,22
14/07/2015	29,41
01/07/2015	29,64
17/06/2015	29,61
13/07/2014	29,49
17/06/2014	29,46
08/06/2006	28,81

A mancha de 29,00 m foi gerada a partir da delimitação de um polígono sobre as áreas inundadas nas imagens de satélite apresentadas na Tabela 1, principalmente, na obtida no dia 26 de julho de 2021, quando o nível do rio Negro encontrava-se na cota 29,12 cm. O polígono associado à mancha de 30,02 m, assim como os pontos de GPS coletados como limites de inundação da cota 29,00 m, foram utilizados complementarmente, direcionando o traçado do polígono.

Ambos os produtos utilizados apresentam como resultado a identificação de áreas molhadas sobre a superfície urbana, independentemente da origem desta água. De acordo com a Classificação e Codificação Brasileira de Desastres (COBRADE), as 'inundações' são definidas como *“Submersão de áreas fora dos limites normais de um curso de água em zonas que normalmente não se encontram submersas”* (BRASIL, 2012). Segundo as *“Diretrizes Europeias para Inundações”*, essas águas advêm de rios, cursos d'água efêmeros, ou do mar, em áreas costeiras, sendo excluídas águas advindas de sistemas de esgotamento (EXCIMAP, 2007). Quando a água acumulada advém da *“extrapolação da capacidade de escoamento de sistemas de drenagem urbana e consequente acúmulo de água em ruas, calçadas ou outras infraestruturas urbanas, em decorrência de precipitações intensas”*, a COBRADE classifica este evento como 'alagamento' (BRASIL, 2012).

Na cidade de Manaus, é comum a ocorrência dos dois eventos de forma conjunta. O acúmulo de água na região central da cidade ocorre quando o rio Negro atinge a cota de 29,00 m, devido à restrição das saídas das tubulações de águas residuárias, ocasionada pela subida do nível do rio Negro. Assim, as águas acabam se acumulando, por exemplo, na *“Rua dos Barés”*, mesmo sendo a cota do terreno superior a 30,00 m (referência arbitrária, da estação Porto de Manaus). Por esta natureza de dupla causa, e pelos grandes impactos causados por estes eventos na

cidade, esta situação de inundação/alagamento do centro da cidade foi considerada na definição da “Cota de Inundação Severa”, para o valor de 29,00 m (Alves et al, 2020). No caso da elaboração da mancha de inundação, como a área de abrangência do alagamento varia em função das chuvas e da vazão de águas residuárias escoada, e não apenas em função do nível do rio, o seu registro se torna inviável.

Assim, para fins de delimitação da mancha de 29,00 m, no presente estudo, foram registradas apenas as áreas superficialmente conectadas direta, ou indiretamente ao rio Negro, que fazem jus à definição de “inundação”.

Por ‘áreas indiretamente conectadas ao rio Negro’ entende-se as áreas inundadas pela subida do nível de outros cursos d’água afluentes a ele. O efeito de represamento do rio Negro afeta não só as saídas das tubulações de drenagem e de esgotamento, mas também todo o escoamento dos cursos d’água da região, denominados localmente como “igarapés”. Por ser uma região de relevo notadamente plano, a subida do nível do rio Negro, é acompanhada proporcionalmente pela subida do nível de todos os igarapés da região, entre eles o Igararé Tarumã-Açú, o Igarapé do Mindú, Igarapé do Franco, o Igarapé do São Raimundo e o Igarapé do Quarenta. Portanto, no presente estudo, foram consideradas também as áreas inundadas por todos os cursos d’água adjacentes.

RESULTADOS

Os resultados obtidos compõem a mancha de inundação associada à cota de 29,00 m na cidade de Manaus – AM. A Tabela 2 apresenta algumas informações importantes, relacionadas a este resultado.

Tabela 2. Informações importantes relacionadas à mancha de inundação

Nível do rio Negro (referência local, Estação RHN 14990000)	29,00 m
Nível do rio Negro (referência ortométrica - nível do mar)	22,20 m
Período de retorno considerando a série não estacionária (Metodologia descrita em Alves, et al. 2022)	3,1 anos

Uma ilustração da mancha é apresentada na Figura 2. A mancha vetorizada, em formato utilizável em Sistema de Informações Geográficas, pode ser baixada no portal RIGEO, e sua visualização *online* pode ser acessada em https://www.sgb.gov.br/sace/index_manchas_inundacao.php# (Figura 3).



Figura 2. Mancha de Inundação associada à cota 29,00 m (Estação Porto de Manaus, Código RHN 14990000)

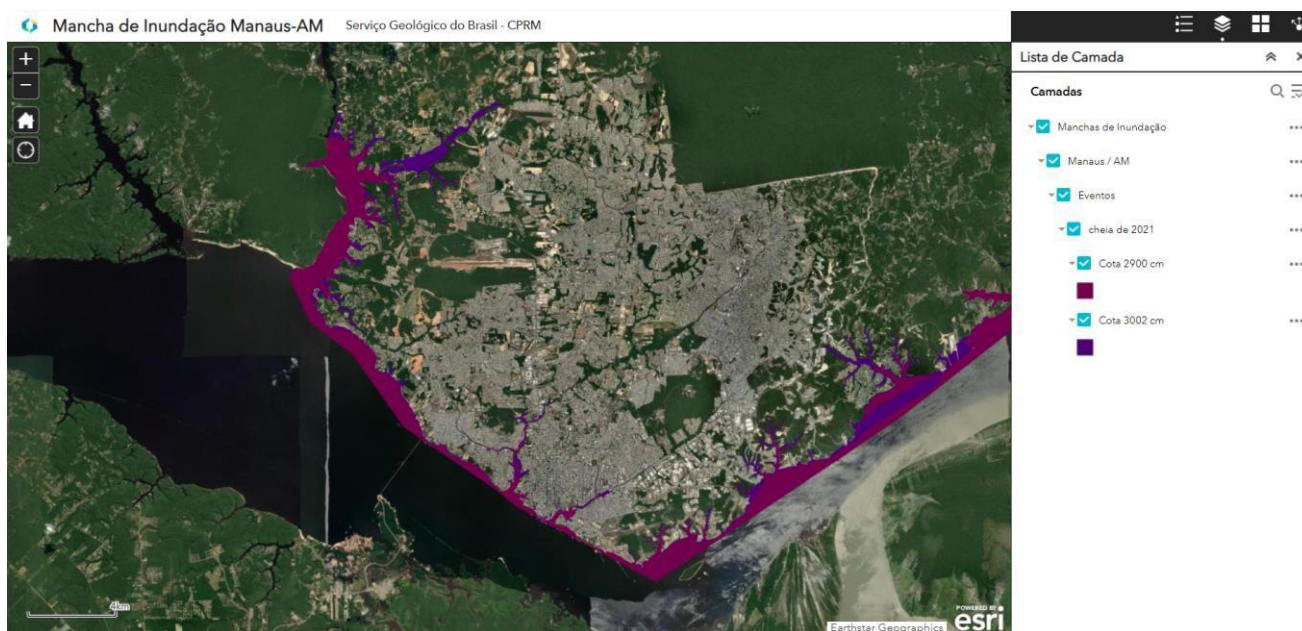


Figura 3. Visualização das Manchas de Inundação de Manaus no Portal SACE <https://www.sgb.gov.br/sace/index_manchas_inundacao.php#>

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O resultado do presente trabalho consiste no mapeamento específico associado à observação da Cota de Inundação Severa na cidade de Manaus. Embora de natureza simples, esta informação pode se apresentar de grande utilidade como base para o estabelecimento de produtos mais elaborados como os mapas de risco e perigo, para o planejamento de uso do território urbano, e para o desenvolvimento de gestão do risco à inundação. Ainda, pode se mostrar uma importante ferramenta para conscientização da população e dos entes envolvidos na minimização dos desastres sócio-naturais.

REFERÊNCIAS

ALVES, L. G. S.; SOTERIO, P. W.; DIAS, F. L. **Relatório para estabelecimento de cotas de referência para alerta hidrológico em municípios da Amazônia ocidental**. Serviço Geológico do Brasil-CPRM. Manaus-AM, 2021.

ALVES, L. G. S.; SENNA, R.; SANTOS, M. S.; ROCHA, C. B. **INUNDAÇÃO DO ESTADO DO AMAZONAS EM 2021**. In: ZANANDREA, F.; KOBAYAMA, M.; MICHEL, G. P.; FLEISCHMANN, A. S.; COLLISCHONN, W). (Org.). **Desastres e Água: Eventos históricos no Brasil**. 1ed. Porto Alegre: ABRHidro, 2023, v. 1, p. 133-157.

BRASIL. Ministério do Desenvolvimento Regional. **Classificação e codificação brasileira de desastres (Cobrade)**: categoria, grupo, subgrupo, tipo, subtipo. Brasília: Secretaria Nacional de Proteção e Defesa Civil, 2012.

EXCIMAP. **Handbook on Good Practices for Flood Mapping in Europe**. Bruxelas (Bélgica): European Exchange Circle on Flood Mapping, 2007.

OLIVEIRA, I. S.; ALARCÃO, E. B.; ALVES, L. G. S. **Áreas da cidade de Manaus (AM) afetadas pela enchente do rio Negro em 2017**. In: **III Seminário de Pesquisas em Meio Ambiente e Conservação**. Belém-PA, 2017.

SGB - Serviço Geológico do Brasil; SEMA - e Secretaria do Estado de Meio Ambiente do Amazonas. **NOTA EXPLICATIVA DA DELIMITAÇÃO DA MANCHA DE INUNDAÇÃO DO RIO NEGRO NA ZONA URBANA DE MANAUS (AM)**. Manaus-AM, 2021. Disponível em < <https://rigeo.sgb.gov.br/jspui/handle/doc/23747> >.

SISTEMAS DE MAPEAMENTO DE MANCHAS DE INUNDAÇÕES

https://www.sgb.gov.br/sace/index_manchas_inundacao.php#