

NOTA EXPLICATIVA DA DELIMITAÇÃO DA MANCHA DE INUNDAÇÃO DO RIO NEGRO NA ZONA URBANA DE MANAUS (AM)



**Manaus/AM
2021**

CRÉDITOS TÉCNICOS

RESPONSÁVEL TÉCNICO

Antonio Gilmar Honorato de Souza (Serviço Geológico do Brasil – CPRM)

TEXTO EXPLICATIVO

Antonio Gilmar Honorato de Souza (Serviço Geológico do Brasil – CPRM)

José Luiz Marmos (Serviço Geológico do Brasil – CPRM)

APOIO TÉCNICO

Robson Azevedo de Oliveira (Serviço Geológico do Brasil – CPRM)

Maycon Douglas de Oliveira Castro (Secretaria de Estado do Meio Ambiente – SEMA)

Ana Carolina Gomes Correa (estagiária SEMA)

CARTOGRAFIA DIGITAL E GEOPROCESSAMENTO

Antonio Gilmar Honorato de Souza (Serviço Geológico do Brasil – CPRM)

Maycon Douglas de Oliveira Castro (Secretaria de Estado do Meio Ambiente – SEMA)

Ana Carolina Gomes Correa (estagiária SEMA)

1. INTRODUÇÃO

De acordo com a informação mais recente do IBGE, do ano de 2020, o município de Manaus possui cerca de 2.219.600 habitantes, a maior população de todos os municípios da região Norte e a sétima do Brasil. Ressalta-se que 99% dessa população (2.197.400 habitantes) se concentra na zona urbana, uma área com 484 km², o que representa elevada densidade demográfica para os padrões amazônicos, de 4.540 habitantes/km², a maior da região Norte.

Desde a implantação da Zona Franca de Manaus, em 1967, houve um crescimento populacional acelerado na cidade, que passou de 314.334 habitantes, no censo do IBGE de 1970, para 1.010.544 habitantes em 1991, até atingir os atuais mais de dois milhões de pessoas. A expansão urbana nesse período, normalmente de modo desordenado, principalmente nas décadas de 80 e 90, levou grande parte da população de baixa renda a ocupar áreas impróprias para moradias, como as planícies de inundação e mesmo os canais do rio Negro e dos principais igarapés urbanos: Míndu/São Raimundo, Quarenta, Educandos, Cachoeira Grande, do Franco e Tarumã-Açu.

Eventos de cheia sazonal do rio Negro e os alagamentos/inundações desses igarapés, devido às chuvas torrenciais e assoreamento dos vales, são fenômenos hidrológicos, naturais e induzidos, que atingem a população carente que reside nas margens dos cursos d'água. Desse modo, vários bairros são afetados pelo risco geológico oriundo de processos hidrológicos, com seus moradores sofrendo anualmente as consequências das inundações e alagamentos, com destaque para os bairros do Educandos, São Jorge, Centro, Mauzinho e Raiz.

A enchente ou cheia gradual do rio Negro é um processo lento, com baixa energia cinética, e alcança vários bairros localizados na orla de Manaus e nas proximidades da foz dos igarapés maiores. Atinge de modo especial as moradias situadas abaixo da cota de alerta para inundação, que é de 28,94m, com alta frequência de ocorrência (3 eventos significativos nos últimos 5 anos). Durante as cheias, os setores mais baixos ficam submersos por até dois meses consecutivos e, durante esse período, sua população convive com água contaminada e lixo em suas residências, o que acarreta em perda material bem como exposição às doenças de veiculação hídrica.

O ano de 2021 marca a cheia histórica do rio Negro, a maior registrada desde que se iniciou a série de medições, no ano de 1902. O nível do rio atingiu a cota de 30,02m na régua linimétrica, instalada no Porto de Manaus, no dia 16/06 e permaneceu estável por seis dias, tendo iniciado seu descenso de modo mais expressivo (mais de 4cm/dia) somente a partir do dia 22/07, quando registrava 29,35m, cota que ainda é superior àquela definida como de “inundação severa” (**Figura 1**).

Aqui se faz necessário informar que as leituras efetuadas na régua do Porto referem-se a um sistema de cotas arbitrárias, criado quando da implantação da régua, no início do século XX. Após um levantamento topográfico de detalhe na zona urbana de Manaus, verificou-se que as leituras na régua representavam valores de 6,83m acima da **cota ortométrica**, ou seja, a cheia histórica do rio Negro deste ano atingiu a altitude (cota) de 23,19m acima do nível do mar. No entanto, devido ao uso secular dessas cotas arbitrárias, elas continuam sendo utilizadas como referências das cheias.

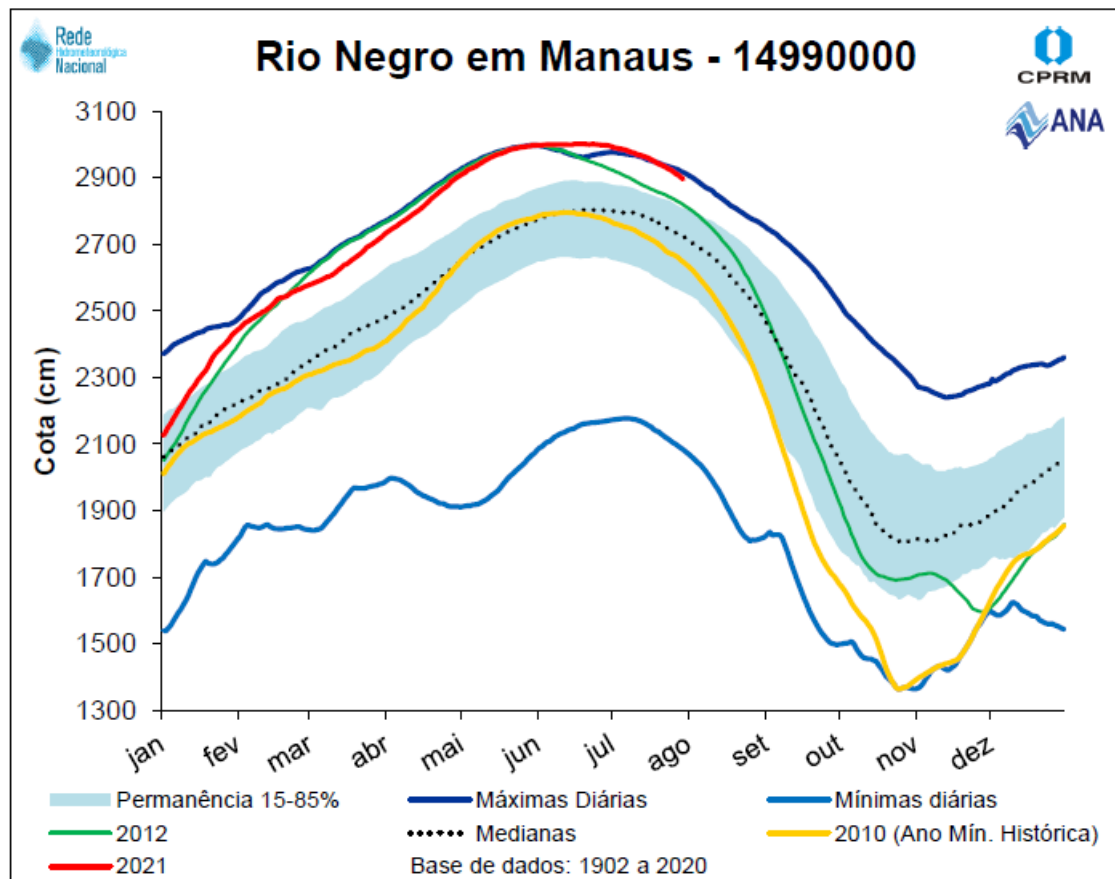


Figura 1: Cotagrama do Rio Negro em Manaus em 30/07/2021, com a cota em 28,96cm. Fonte: 30º Boletim de Monitoramento Hidrometeorológico da Amazônia Ocidental de 2021 (CPRM/ANA/SIPAM).

É importante destacar que as grandes cheias de Manaus estão cada vez mais frequentes nos últimos anos, causando grande transtorno aos moradores e comerciantes da orla do rio Negro, em que o nível da água permanece elevado, acima da **cota de inundação** (27,50m), em pelo menos três meses. Nos últimos 10 anos houve seis grandes cheias (2012, 2013, 2014, 2015, 2019 e 2021), todas elas ultrapassando a **cota de inundação severa** estabelecida para a cidade, que é de 29 metros (Alves *et al*, 2021).

Neste ano, as águas atingiram a cota de 29 metros no dia 30/04 e se mantiveram acima desse valor até o dia 29/07, ou seja, por três meses. Já a cota de inundação (27,50m) foi atingida no dia 04/04 e o rio permaneceu acima desse nível até o dia 23/08, um período de quatro meses e meio,

Adicionalmente, observa-se que chuvas intensas em Manaus impactam negativamente diversas áreas já atingidas pela cheia do rio Negro, pela dificuldade de escoamento dos sistemas de drenagem pluvial durante essas chuvas, como na área próximo ao Edifício Garagem e na esquina das ruas José Clemente com Lobo D'Almada, ambos locais situados no Centro da cidade.

Com intuito de cartografar as áreas atingidas pela cheia histórica de 2021, de modo a delimitar a chamada “mancha de inundação” do rio Negro em Manaus, uma equipe de pesquisadores do Serviço Geológico do Brasil-CPRM e da SEMA – Secretaria de Estado do Meio Ambiente, uniram esforços e realizaram, no auge da cheia, os trabalhos de campo

necessários para tal fim. Esses trabalhos, seguidos por atividades de geoprocessamento, culminaram com a definição da citada mancha de inundação, aqui apresentada, que deverá se constituir numa ferramenta valiosa para os gestores municipais gerenciarem os eventos futuros de tal magnitude.

2. OBJETIVOS

- Delimitação da mancha de inundação do rio Negro em Manaus, de acordo com a maior cheia registrada até o momento, que atingiu a marca de 30,02m.
- Elaboração de uma nota técnica, com os métodos do trabalho realizado e os resultados obtidos por zona administrativa da cidade de Manaus.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

A caracterização do risco hidrológico se dá em função das condicionantes naturais, aspectos climáticos e geomorfológicos (pluviometria, relevo, tamanho e forma da bacia e gradiente hidráulico dos igarapés), frequência de ocorrência, tipologia e a dinâmica do escoamento superficial dos processos de enchentes e inundações resultantes (Ministério das Cidades & IPT, 2004; 2007).

O método utilizado neste estudo consistiu inicialmente de levantamento bibliográfico e jornalístico dos principais eventos de cheia ocorridos em Manaus; posteriormente, foram compilados dados de ocorrências de alagamentos e inundações cadastrados pela Defesa Civil Municipal, além de informações disponibilizadas pelos Boletins Semanais de Monitoramento Hidrometeorológico da Amazônia Ocidental (**Figura 1**), elaborados numa parceria entre o SGB-CPRM, a Agência Nacional das Águas e Saneamento Básico - ANA e o Sistema de Proteção da Amazônia - SIPAM.

A seguir, para um maior detalhamento e delimitação das áreas atingidas pela cheia histórica de 2021, houve trabalhos de campo durante o mês de junho, justamente o período do auge das cheias em Manaus. Esses trabalhos, em parceria com a SEMA, constaram basicamente de visita aos principais locais atingidos, onde foram tomadas fotografias, avaliada a situação das moradias e de estagnação das águas, e feito registro fotográfico aéreo, por meio do aparelho Drone Modelo Mavic 2 Zoom (**Figura 2A**), em bairros previamente selecionados. O registro por drone resulta em fotografias georreferenciadas de excelente resolução (ortofotos), que servem de base para a definição dos polígonos das áreas atingidas pelo evento (**Figuras 2B e 2C**).

Para complementar a obtenção de informações no campo, realizou-se uma vistoria ao longo de toda a orla urbana do rio Negro, tendo uma *voadeira* (barco de alumínio com motor de popa) como meio de transporte, ocasião em que foi possível visualizar com maior precisão os limites da cheia e a tomada de novas fotografias (**Figura 2D**).

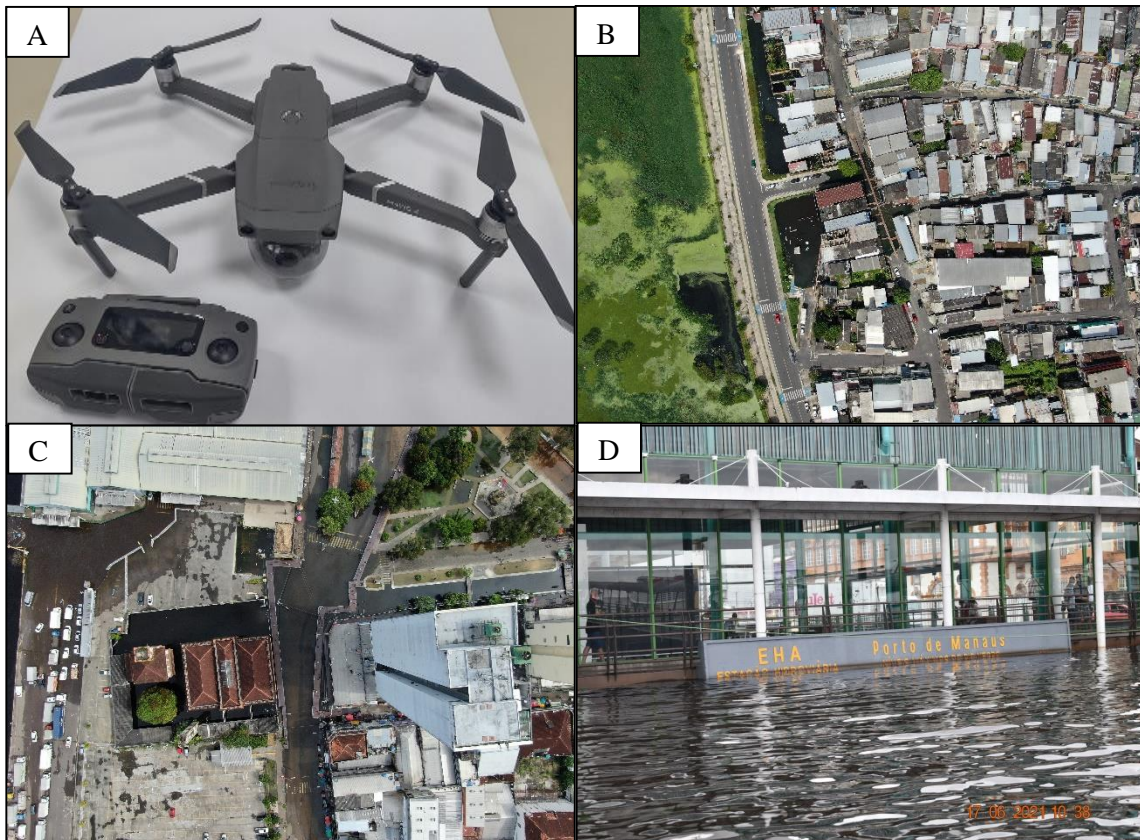


Figura 2: Fotografias do equipamento utilizado e dos produtos gerados. A) Drone Mavic 2 Zoom, utilizado para a obtenção das ortofotos; B) Ortofoto do bairro da Glória, um dos atingidos pela cheia de 2021; C) Ortofoto do Centro, Terminal da Matriz; D) Visão da “placa das cheias” no Porto de Manaus no dia da vistoria fluvial, com cota histórica de 30,02m.

A mancha de inundação foi delimitada a partir das ortofotos obtidas pelo drone e do arquivo digital das curvas de nível fornecidas pela SEMEF-Secretaria Municipal de Finanças e Tecnologia da Informação, do ano de 2017, por meio dos softwares Arc Gis 10.2 e Google Earth Pro e das shapes dos igarapés de Manaus. Assumiu-se, como máximo, a cota ortométrica da cheia deste ano, com valor de 23,19m, e a cota mínima foi definida de acordo com o auge da vazante de 2020, sendo a mancha de inundação desenhada com o auxílio do software Google Earth Pro.

Deve-se ressaltar que as curvas de nível disponibilizadas pela SEMEF, com precisão de 1m, apresentaram inconsistências em alguns locais atingidos pela cheia e, nessas situações, para a delimitação dos polígonos da mancha foram privilegiadas as ortofotos, as observações de campo e o conhecimento prévio desses locais.

Nos resultados expostos no próximo item, as dimensões das áreas atingidas pela cheia histórica, bem como suas respectivas moradias afetadas, são apresentadas por zonas administrativas da cidade. A quantidade de moradias/famílias atingidas foi obtida a partir de um cadastro feito pela Secretaria Municipal de Mulheres, Assistência Social e Cidadania-SEMASC em conjunto com a Defesa Civil Municipal de Manaus-DCM, o qual foi disponibilizado para este estudo.

Para finalizar o método aqui utilizado, ressalta-se que, de modo diferente ao praticado pelo SGB-CPRM na setorização de riscos geológicos de uma determinada região, em que são mapeadas e categorizadas somente as áreas onde existam edificações,

a delimitação da mancha de inundação do rio Negro contemplou todas as áreas inundadas pela cheia deste ano, independentemente de haver ou não edificações nelas.

4. RESULTADOS OBTIDOS

A mancha de inundação delimitada neste estudo contempla uma área total de 12,8 km² que se espalha por quatro das seis zonas administrativas da cidade: Oeste, Sul, Centro-sul e Leste, e 21 dos 63 bairros existentes (**Figura 3**). Segundo o cadastro da SEMASC/DCM, 3.915 moradias/famílias foram atingidas pelas consequências da cheia histórica do rio Negro, cujos detalhes são relatados a seguir.

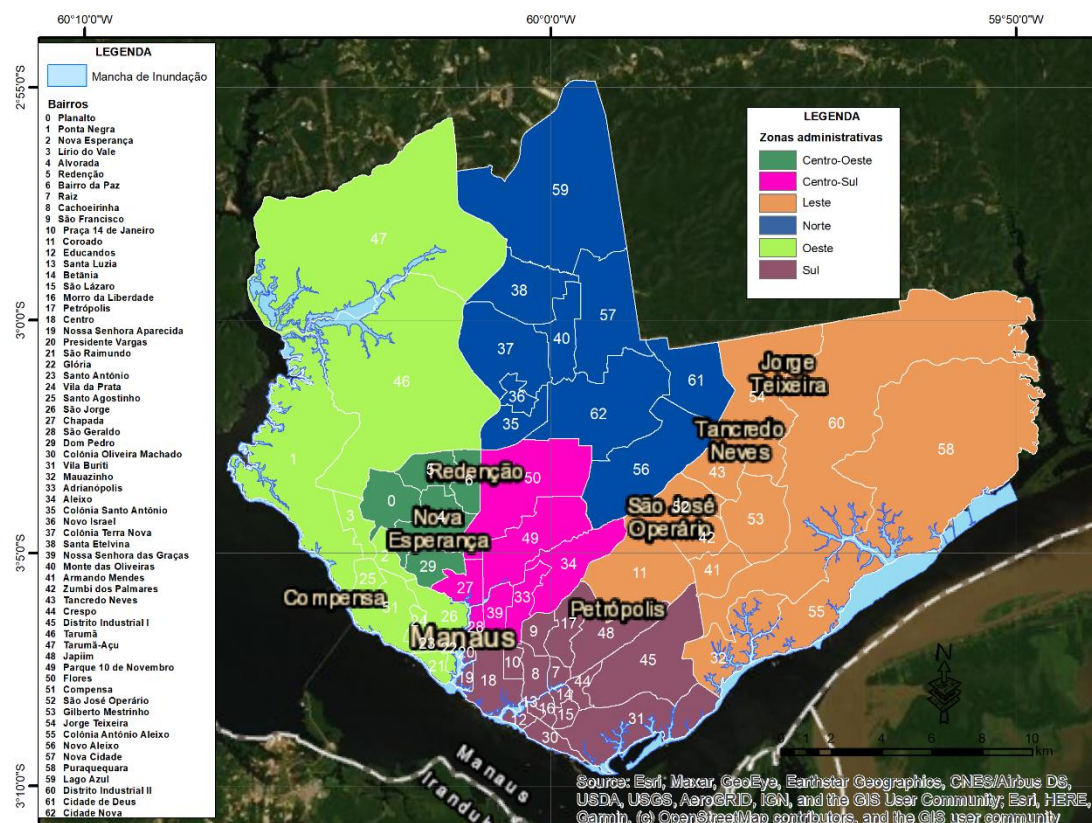


Figura 3: Mapa com a localização das seis zonas administrativas e dos 63 bairros da cidade de Manaus, com a mancha de inundação definida neste trabalho (em azul).

4.1. Zona Oeste

A mancha de inundação do rio Negro na Zona Oeste, representada predominantemente pelas bacias dos igarapés Mindu/São Raimundo e Tarumã, configura uma área de 6,78 km², a maior das quatro zonas afetadas, e abrange parcialmente seis bairros, onde foram atingidas 903 moradias/famílias segundo o cadastro da SEMASC/DCM, com destaque para o São Jorge (**Tabela 1 e Figuras 4 e 5**).

Tabela 1: Relação dos bairros e quantidade de moradias atingidas pela cheia de 2021 na Zona Oeste de Manaus. Fonte: SEMASC/DCM

Bairro	Número de moradias/famílias atingidas
Compensa	43
Glória	48
Santo Antônio	222
São Jorge	552
Tarumã	18
Tarumã-Açu	20

Como se observa na Figura 4, a mancha de inundação também alcança o bairro da Ponta Negra, acompanhando o curso de pequenos tributários do rio Tarumã-Açu, mas na região não foi atingida nenhuma edificação.

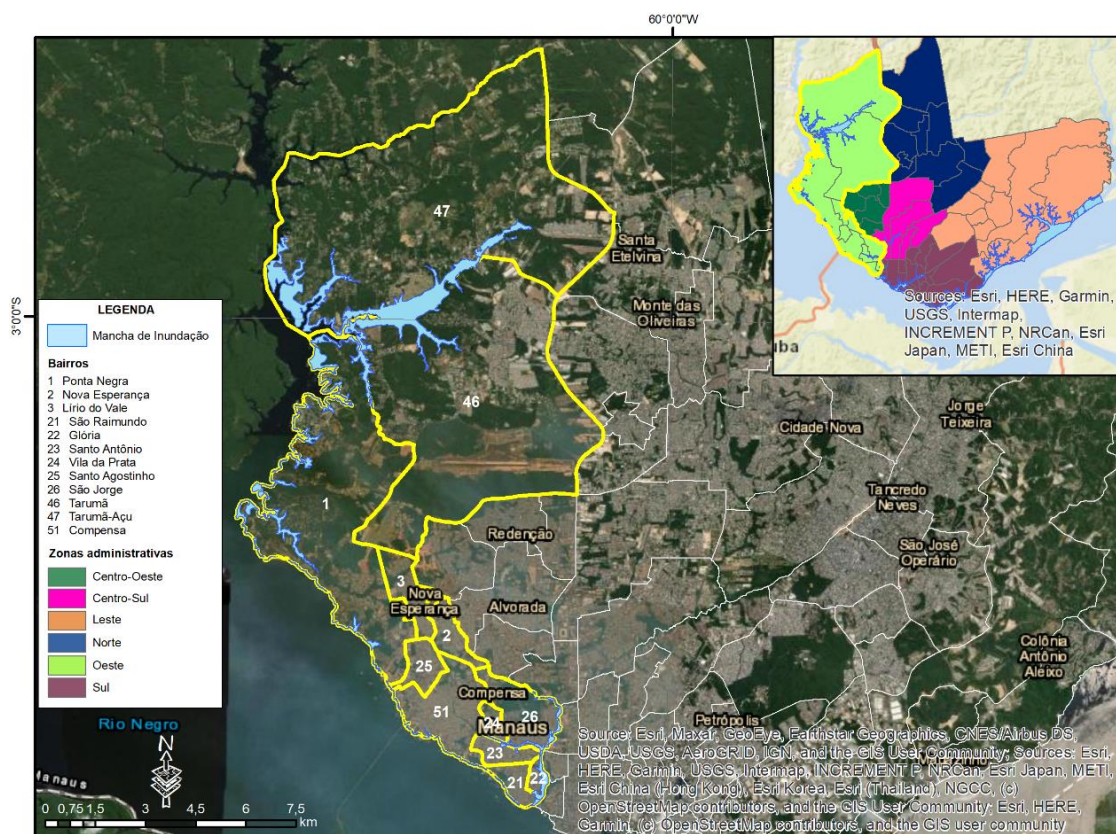


Figura 4: Representação da mancha de inundação na Zona Oeste de Manaus sobre imagem de satélite GeoEye

Destaca-se que, algumas áreas de nascentes aterradas nos bairros Glória (**Figura 5A**), Santo Antônio (**Figura 5D**) e São Jorge, sofreram represamento e inundação na cheia deste ano, o que deixou moradias ilhadas. No São Jorge (**Figura 5C**), além da influência das cheias sazonais, o bairro é frequentemente atingido por enxurradas durante chuvas intensas, potencializando ainda mais a situação de risco alto a muito alto no local.

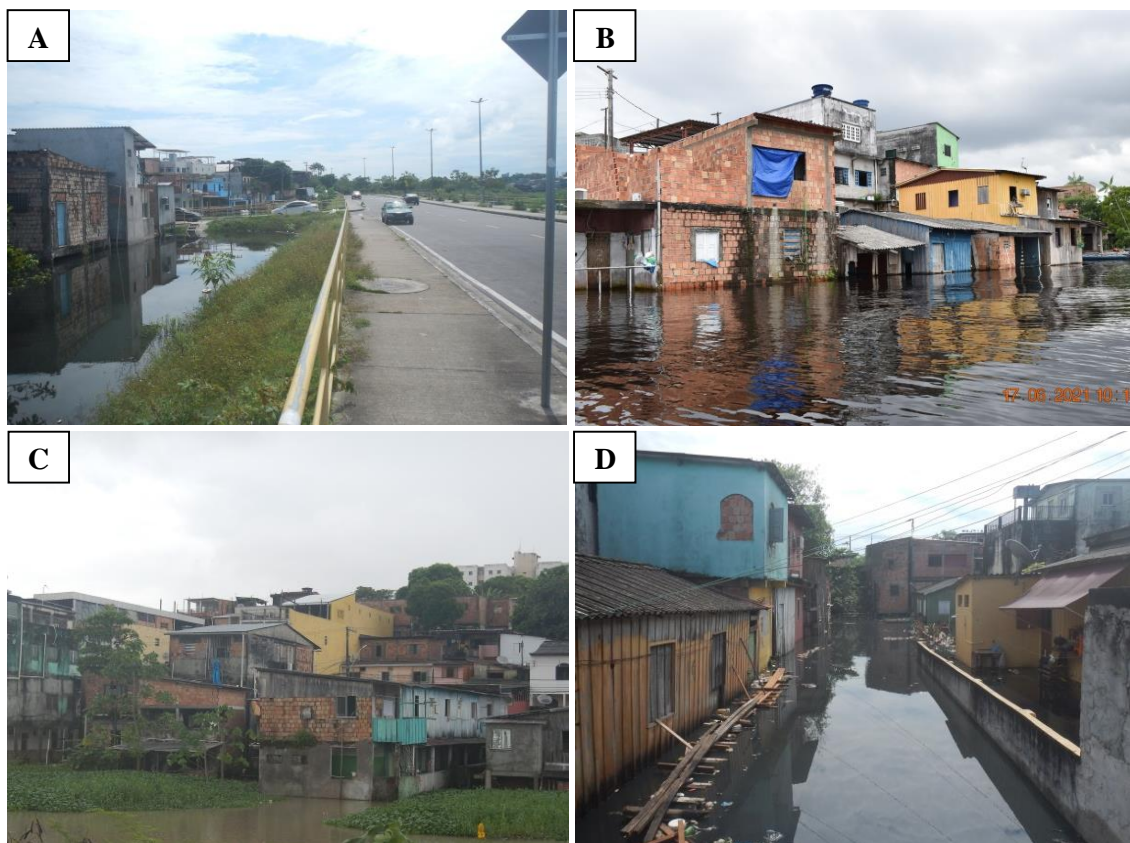


Figura 5: Registros fotográficos no auge da cheia na Zona Oeste de Manaus: A) Bairro da Glória; B) Bairro da Compensa; C) Bairro São Jorge; D) Bairro Santo Antônio.

4.2 Zona Centro-Sul

A mancha de inundação na Zona Centro-Sul (**Figura 6**), inserida na bacia do igarapé Mindu/São Raimundo, configura uma área de apenas 0,24 km², a menor das quatro zonas afetadas, e alcança somente dois bairros: São Geraldo (**Figuras 7A, 7B e 7C**) e Nossa Senhora das Graças (**Figura 7D**). No primeiro, foram cadastradas, pela SEMASC/DCM, 56 moradias/famílias afetadas; no segundo bairro, não há registros no citado cadastro, porém foram observadas residências afetadas às margens do igarapé do Mindu (**Figuras 7D**). Cabe destacar que alguns locais dos dois bairros são afetados tanto pela cheia do rio Negro quanto por enxurradas.

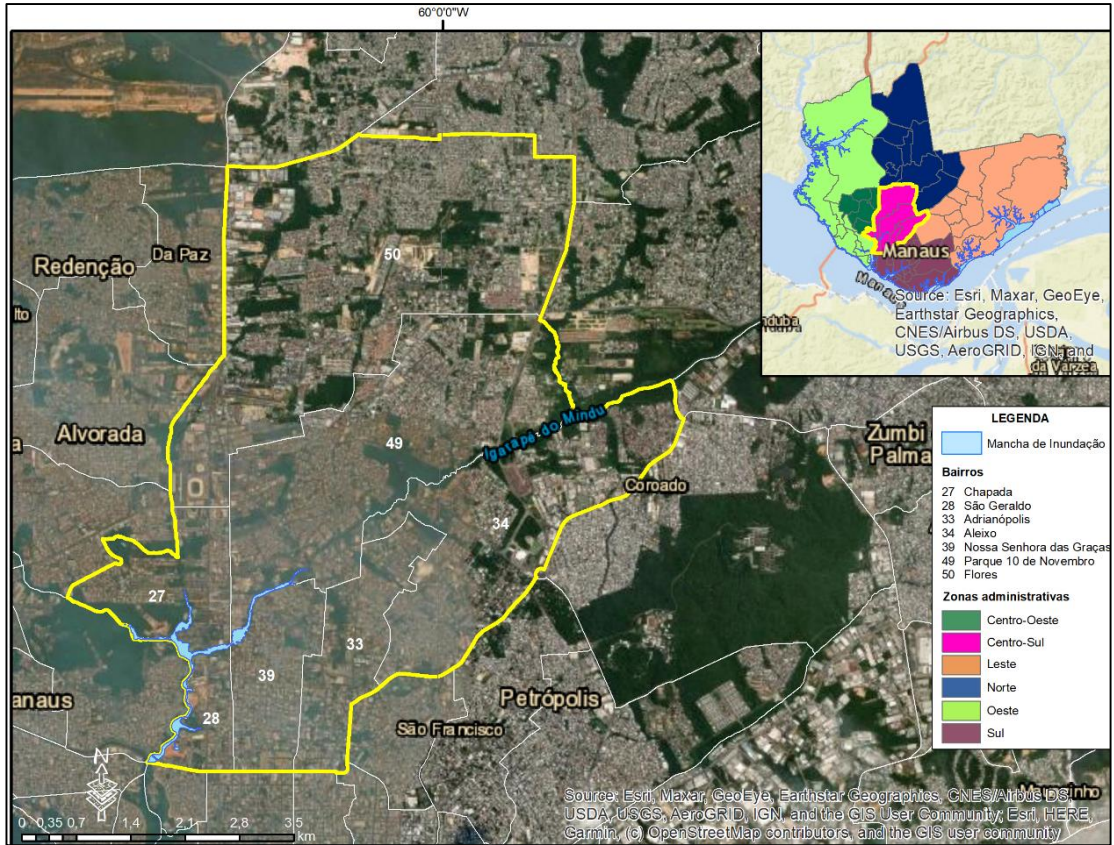


Figura 6: Representação da mancha de inundação na Zona Centro-Sul de Manaus sobre imagem de satélite GeoEye



Figura 7: Registros fotográficos no auge da cheia na Zona Centro-Sul: A) Pátio da Escola Municipal Professor Waldir Garcia, no bairro São Geraldo; B e C) Moradias no igarapé Cachoeira Grande, São Geraldo; D) Moradia na margem esquerda do igarapé Mindu.

4.3 Zona Sul

A mancha de inundação na Zona Sul, representada pela bacia do igarapé Quarenta/Educandos e pela margem esquerda da bacia do igarapé Mindu/São Raimundo, além de pequenos tributários que deságuam diretamente no rio Negro, configura uma área de 2,03 km². Abrange parcialmente oito bairros, onde foram atingidas 1.715 moradias/famílias segundo o cadastro da SEMASC/DCM, com destaque para o bairro de Educandos, aquele com o maior número de pessoas afetadas pela cheia de 2021 (**Tabela 2 e Figuras 8 e 9**).

Assim como o igarapé Cachoeira Grande, na Zona Centro-Sul, o igarapé do Quarenta também sofre forte influência de enxurradas causadas por chuvas intensas, tornando as áreas mais próximas ao igarapé com risco mais alto.

Como se observa na **Figura 8**, a mancha de inundação também alcança o bairro de Vila Buriti, o mais oriental da Zona Sul, acompanhando o curso de cinco pequenos afluentes diretos do rio Negro, com no máximo 1,5km de comprimento, destacando-se que esse é um bairro essencialmente industrial, onde se situa a REMAN – Refinaria da Petrobrás em Manaus, que foi afetada parcialmente.

Tabela 2: Relação dos bairros e quantidade de moradias atingidas pela cheia de 2021 na Zona Sul de Manaus. Fonte: SEMASC/DCM

Bairro	Número de moradias/famílias atingidas
Betânia	100
Cachoeirinha	16
Centro	306
Crespo	190
Educandos	684
Nossa Sra. Aparecida	88
Presidente Vargas	138
Raiz	193

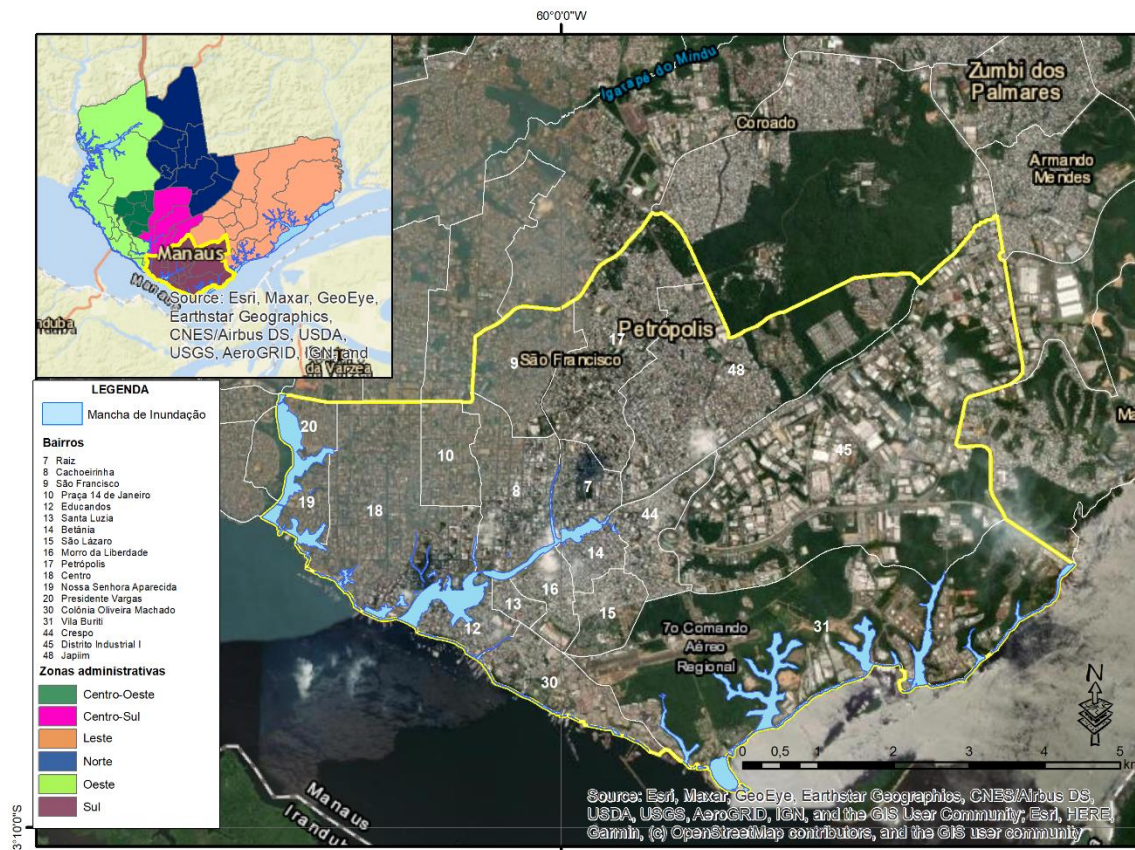


Figura 8: Representação da mancha de inundação na Zona Sul de Manaus sobre imagem de satélite GeoEye

Na região central de Manaus, onde há um comércio intenso, além do grande número de moradias atingidas (**Tabela 2**), inúmeros estabelecimentos comerciais também sofreram as consequências da cheia histórica de 2021, como a conhecida Feira da Manaus Moderna, que foi parcialmente interdita e transferida para uma balsa no rio Negro.





Figura 9: Registros fotográficos no auge da cheia na Zona Sul: A) Bairro de Educandos, onde se observa também área de risco a deslizamentos na encosta íngreme do rio Negro; B) Área inundada no entorno do prédio da antiga Alfândega, Centro de Manaus; C) Rua atingida pela cheia no bairro de Aparecida; D) Aspecto da cheia no bairro de Betânia.

Alguns locais do Centro não são inundados diretamente pelo extravasamento das águas do rio Negro, mas sim pelo refluxo das antigas galerias subterrâneas de esgoto, cuja saída se situa abaixo do nível máximo das águas fluviais, o que acarreta a inversão do fluxo dessas águas contaminadas, agravando mais os problemas da região. Como exemplo dessa situação podem ser citadas a famosa rua dos Barés, o entorno da antiga Alfândega e as Praças do Relógio e da Matriz (**Figuras 9B e 10**).

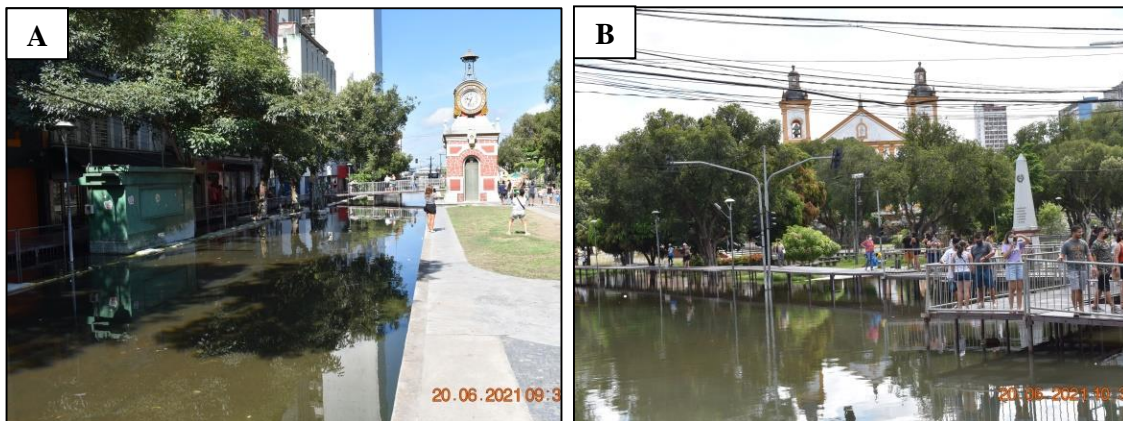


Figura 10: Vistas da Praça do Relógio (A) e da Praça da Matriz (B), no Centro de Manaus, inundadas, no auge da cheia histórica, pelas águas provenientes do refluxo das galerias subterrâneas de esgoto.

4.4 Zona Leste

A mancha de inundação do rio Negro na Zona Leste, representada principalmente pelas bacias dos igarapés Mauzinho, do Aleixo e do rio Puraquequara, configura uma área de 3,70 km² e abrange parcialmente três bairros, onde foram atingidas 521 moradias/famílias segundo o cadastro da SEMASC/DCM, com destaque para o Mauzinho (**Tabela 3 e Figuras 11 e 12**).

Tabela 3: Relação dos bairros e quantidade de moradias atingidas pela cheia de 2021 na Zona Leste de Manaus. Fonte: SEMASC/DCM

Bairro	Número de moradias/famílias atingidas
Colônia Antônio Aleixo	137
Mauazinho	243
Puraquequara	141

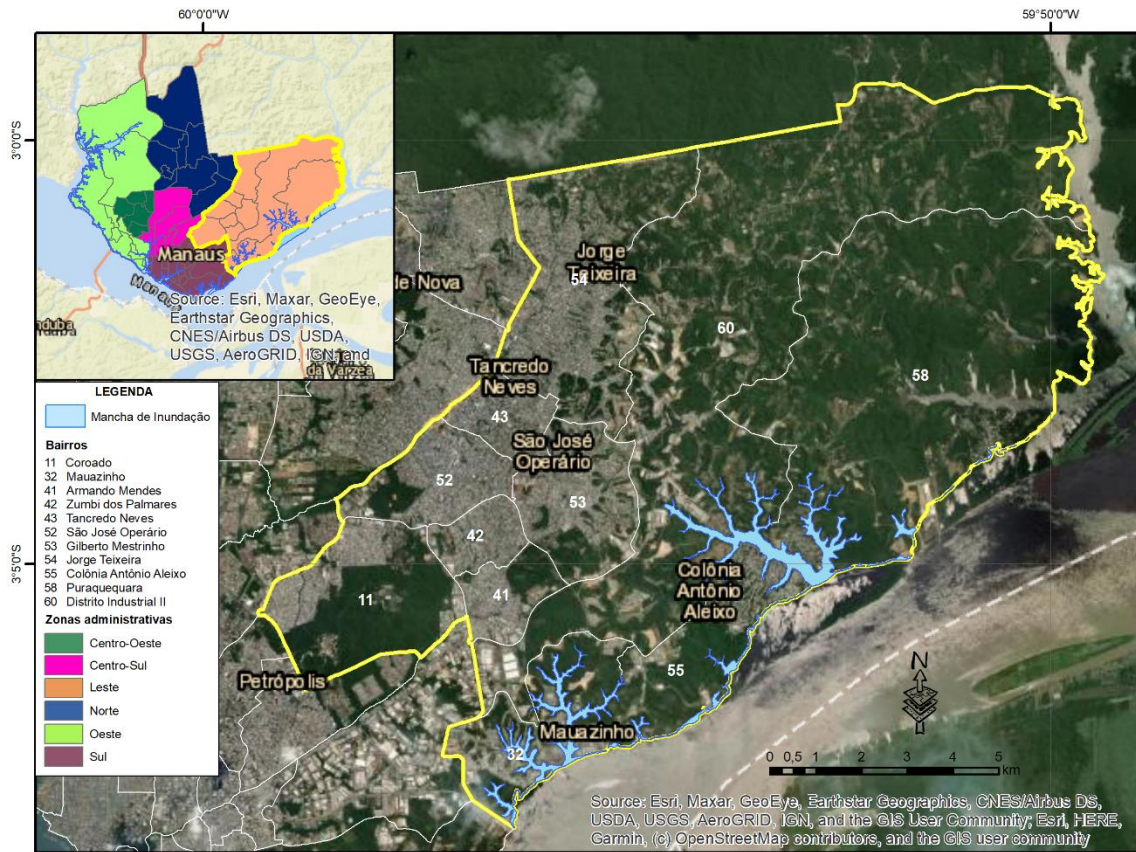


Figura 11: Representação da mancha de inundação na Zona Leste de Manaus sobre imagem de satélite GeoEye





Figura 12: Registros fotográficos no auge da cheia na Zona Leste: A) Bairro do Mauazinho, onde se observa também área de risco a deslizamentos na encosta íngreme do rio Negro; B) e C) Aspectos da cheia em ruas da Colônia Antônio Aleixo; D) Rua inundada no Puraquequara.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos últimos 10 anos houve seis grandes cheias do rio Negro que ultrapassaram a cota (arbitrária) de inundação severa estabelecida para a cidade de Manaus, que é de 29 metros, o que indica que o fenômeno está se tornando mais frequente, com recorrências de menor espaço de tempo.

Assim, considera-se que o produto ora apresentado representa importante ferramenta técnica para que, nas próximas cheias de grande magnitude, o poder público possa ter uma base de dados georreferenciada que permita contabilizar e identificar, com boa antecedência, as moradias em situação de risco. Isso facilitará a resposta ao desastre em tempo hábil, de modo a amenizar o sofrimento da população atingida e mitigar as consequências ambientais associadas ao fenômeno natural.

Como houve inconsistências entre as curvas de nível disponibilizadas para este estudo e o que se observou em alguns locais no campo, em termos de áreas inundadas, sugere-se uma revisão nos valores dessas curvas de nível, sendo necessária uma correção e definição exata das mesmas, provavelmente com novos levantamentos de campo.

Após a definição correta dos valores das curvas de nível será possível fazer um aprimoramento deste estudo, com setorização/classificação das áreas suscetíveis às cheias do rio Negro, delimitando-se as áreas de alto risco (R3) como sendo as primeiras atingidas pela cheia, que anualmente sofrem com esse processo, em que as cotas arbitrárias variam entre 27,50 e 29,00m; as de baixo risco (R1), como aquelas atingidas somente durante as grandes cheias, com cotas arbitrárias acima de 29,50m; e as áreas de risco médio (R2) como aquelas cujos terrenos situam-se em cotas entre 29,50 e 29,00m (cota utilizada na régua do Porto de Manaus).

Devido às referidas inconsistências das curvas de nível disponíveis, ressalta-se que boa parte da mancha de inundação de Manaus foi delimitada levando-se em conta as ortofotos geradas durante o auge da cheia do rio Negro, que ocorreu no mês de junho de 2021, e observações de campo. O fato de o nível do rio permanecer com cota igual ou superior a 30m por 20 dias, em junho, facilitou a delimitação das áreas inundadas com a utilização das ortofotos, obtidas durante esse período.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, L. G. S. Boletim nº 30 de Monitoramento Hidrometeorológico da Amazônia Ocidental, 30 de julho de 2021. Acessado em 30 de agosto de 2021. Disponível em: https://www.cprm.gov.br/sace/boletins/Amazonas/20210730_16-20210730%20-%20165730.pdf

ALVES, L. G. S., SOTÉRIO, 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 & Defesa Civil do Amazonas. Manaus/AM, 2021. 43p.

MINISTÉRIO DAS CIDADES / INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. Treinamento de Técnicos Municipais para o Mapeamento e Gerenciamento de Áreas Urbanas com Risco de Escorregamentos, Enchentes e Inundações. Apostila de treinamento. 2004. 73p.

MINISTERIO DAS CIDADES / INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLOGICAS – IPT. Mapeamento de Riscos em Encostas e Margem de Rios. Celso Santos Carvalho, Eduardo Soares de Macedo e Agostinho Tadashi Ogura, organizadores – Brasília: Ministério das Cidades; Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 2007.