

**Instituto Saúde e
Sustentabilidade**



Iniciativa Acre de Monitoramento da Qualidade do Ar

Implementação e
impactos de uma rede de
monitoramento do ar com
equipamentos de
baixo custo

© Instituto Saúde e Sustentabilidade – ISS, 2021
ISBN 978-65-995953-5-6



Autores

Evangelina da M. P. A. de Araújo Vormittag
Hélio Wicher Neto
Patrícia Ferrini Rodrigues
Bruna Lima

Esta obra está licenciada com uma Licença
Creative Commons Atribuição 4.0 internacional.

Realização

Instituto Saúde e Sustentabilidade

Coordenação geral

Evangelina da M. P. A. de Araújo Vormittag

Coordenação de projeto

Helio Wicher Neto

Coordenação editorial

Camila Acosta Camargo

Projeto gráfico e diagramação

Editora Schoba

Edição de Mapas

Letícia Lindenberg Lemos

Agradecimentos

Foster Irving Brown – Woodwell Climate Research
Center | UFAC
Gabriel Pires – UFAC
Liana Anderson – CEMADEN
Rita de Cássia – MPAC | CAOP-MAPHU
Sonaiara Silva – UFAC
Vângela Nascimento – MPAC | CAOP-MAPHU
Vera Reis – SEMAPI-AC
Willian Flores – UFAC

Apoio

Este relatório foi desenvolvido no âmbito do projeto “Saúde e meio ambiente: incidência para implementação das políticas públicas em defesa da qualidade do ar e mitigação da mudança do clima” com o apoio do Instituto Clima e Sociedade.

Imagens de capa:

www.purpleair.com
www.brasilbiofuels.com.br/acre/

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP) Bibliotecária responsável – Simone da Rocha Bittencourt – 10/1171

I56 Iniciativa Acre de Monitoramento da Qualidade do Ar: implementação e impactos de uma rede de monitoramento do ar com equipamentos de baixo custo [recurso eletrônico] / Evangelina da M. P. A. de Araújo Vormittag, Hélio Wicher Neto, Patrícia Ferrini Rodrigues, Bruna Lima. – Salto, SP: Ed Schoba., 2021.
61 p. ; formato A4.

Livro eletrônico.
Modo de acesso: World Wide Web.
ISBN 978-65-995953-5-6

1. Meio ambiente. 2. Qualidade do ar. 3. Monitoramento. 4. Políticas públicas. 5. Organização não governamental. I. Vormittag, Evangelina da M. P. A. de Araújo. II. Wicher Neto, Hélio. III. Rodrigues, Patrícia Ferrini. IV. Lima, Bruna.

CDU: 504.03
CDD: 574

Realização



Apoio



SUMÁRIO

1. APRESENTAÇÃO, 4

1.1 Metodologia, 6

2. CONTEXTO DA POLÍTICA DE QUALIDADE DO AR NO BRASIL, 8

2.1 A importância da qualidade do ar como política pública, 9

2.2 Ambiente regulatório: Pronar/Rede de monitoramento, 11

2.2.1 O Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar (Pronar), 12

2.3 Estado atual do monitoramento da qualidade do ar no Brasil, 13

2.4 A Amazônia Legal e o monitoramento da qualidade do ar via satélite e modelagem, 15

2.5 Advento dos sensores de baixo custo no horizonte de monitoramento, 16

3. CONCEPÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DA REDE DE MONITORAMENTO DE QUALIDADE DO AR DO ACRE, 18

3.1 Contextualização da motivação, 19

3.2 Arranjo de implementação: o papel do Ministério Público do Estado do Acre, 22

3.3 Arranjo de implementação: o papel da Fundape, 24

3.4 Governança do projeto, 25

4. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO EQUIPAMENTO DE MONITORAMENTO – O SENSOR *PURPLEAIR* PA-II-SD, 27

4.1 Descrição do material particulado, 28

4.2 Capacidade de monitoramento (pontos positivos e negativos), 29

4.3 Localização e instalação das estações, 30

5. GOVERNANÇA DE DADOS, 34

5.1 Acesso aos dados não tratados, 35

5.2 Acesso aos dados tratados: Acre BioClima e Acre Qualidade do Ar, 38

6. IMPACTOS E DESDOBRAMENTOS, 41

6.1 Produção de conhecimento e divulgação da iniciativa, 42

6.1.1 Projetos de pesquisa MAP-Fire, Acre Queimadas e a Plataforma Acre Qualidade do Ar, 42

6.1.2 Boletim diário do monitoramento de queimadas e qualidade do ar do Acre, 44

6.1.3 Relatório da qualidade do ar do Estado do Acre – 2019, 44

6.1.4 Relatório “Monitoramento de Queimadas e Qualidade do Ar” da SEMAPI-AC, 46

6.2 Impacto sobre a tomada de consciência sobre o problema da qualidade do ar, 47

6.2.1 Relação entre as queimadas, os incêndios e a qualidade do ar para fins de atuação estatal, 47

6.2.2 Ações de órgãos públicos, 48

6.2.3 Nota Técnica do Conselho Nacional do Ministério Público, 48

6.3 Prêmio INNOVARE, 49

6.4 Ampliação da rede de monitoramento para a Amazônia Legal, 49

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS, 51

REFERÊNCIAS, 54

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES, 59

Figuras, 60

Tabelas, 60

1. APRESENTAÇÃO

Sabemos que o Brasil enfrenta dificuldades na constituição de uma rede de monitoramento da qualidade do ar de abrangência nacional, um problema que vem de longa data. Com a intenção de se aprofundar no tema, quantificar e qualificar as características da rede nacional em funcionamento e avaliar o acesso aos dados monitorados, o Grupo de Trabalho (GT) de Qualidade do Ar no âmbito da 4ª Câmara de Coordenação e Revisão do Meio Ambiente e Patrimônio Cultural do Ministério Público Federal (MPF), e do qual o Instituto Saúde e Sustentabilidade (ISS) é membro oficial, decidiu conduzir um estudo a respeito. Assim, em 2019, foi solicitado às Secretarias de Meio Ambiente de todas as unidades federativas, por meio de um questionário, a prestação de informações sobre a situação atual da rede de monitoramento da qualidade do ar em seus respectivos territórios.

No contexto deste estudo, o estado do Acre informou realizar o monitoramento da qualidade do ar nos seus 22 municípios por uma rede baseada em equipamentos de baixo custo, que medem a concentração de material particulado, conectados a um sistema internacional com disponibilização de dados em tempo real na internet¹. Tratando-se, portanto, da única rede de monitoramento da qualidade do ar da região da Amazônia Legal.

Essa iniciativa chamou a atenção dos pesquisadores do Instituto Saúde e Sustentabilidade e nos motivou a investigar sua origem e os arranjos que permitiram sua implementação. Assim, nasceu a pesquisa “Iniciativa Acre de Monitoramento da Qualidade do Ar”, com objetivo de relatar o projeto de monitoramento da qualidade do ar

realizado no estado do Acre com monitores de baixo custo. A pesquisa é uma das ações do projeto “Saúde e Meio Ambiente: Incidência para Implementação das Políticas Públicas em Defesa da Qualidade do Ar e Mitigação da Mudança do Clima”, em parceria com o Instituto Clima e Sociedade.

Neste relatório procuramos destacar as informações e narrar a experiência do estado do Acre como um estudo de caso, buscando ressaltar as estratégias utilizadas para a viabilização de um arranjo institucional que permitisse o financiamento da compra dos sensores, a instalação, a manutenção e a integração a uma rede global de sensores com acesso livre e seus desdobramentos.

Trata-se de uma iniciativa desenvolvida em parceria pelo Ministério Público do Acre (MPAC) e a Universidade Federal do Acre (UFAC), com o aval do Poder Judiciário e outras entidades participantes², que permitiu a instalação de 30 sensores de baixo custo nos 22 municípios do Acre e na região fronteiriça de Madre de Diós no Peru e Pando na Bolívia, conjuntamente conhecidas como MAP^{3,4,5}.

2. Esta ação foi realizada pelo Ministério Público do Estado do Acre em parceria com a Universidade Federal do Acre, Tribunal de Justiça, Prefeitura de Assis Brasil, Secretaria de Meio Ambiente de Tarauacá, Batalhão da Polícia Militar de Capixaba, Instituto Federal do Acre/Campus Tarauacá, Prefeitura de Rodrigues Alves, Prefeitura de Jordão, Prefeitura de Santa Rosa do Purus, Prefeitura de Porto Acre, Defesa Civil de Tarauacá, Prefeitura de Xapuri, Prefeitura de Marechal Thaumaturgo, Instituto Federal do Acre/Sena Madureira, Prefeitura de Santa Rosa do Purus, 8.º Batalhão de Educação, Proteção e Combate a Incêndios Florestais/Urbanos de Xapuri e IMAC/Núcleo de Representação em Feijó/Envira

3. Iniciativa MAP - acrônimo resultante da junção das iniciais dos nomes dos três estados/departamentos que abrangem a área: Madre de Dios (Peru), Acre (Brasil) e do Departamento de Pando (Bolívia)

4. Sant’Ana D. Q de. A “Iniciativa MAP” e a emergência de um espaço público transfronteiriço: integração regional, cooperação internacional e participação popular na fronteira da Amazônia Sul-Occidental. Universidade Federal de Santa Catarina; 2008.

5. PurpleAir Map. Disponível em: <<https://www.purpleair.com/map?opt=1/MAQI/a10/cC0#6.57/-9.248/-71.036>>. Acesso em 31. ago 2021.

1. Os dados da rede de sensores de monitoramento estão disponíveis em <<https://www2.purpleair.com/>>. Acesso em: 25 ago. 2021.

Sua efetividade resultou no nascimento da rede de monitoramento da qualidade do ar de baixo custo no estado do Acre. Ressalte-se que não há equipamentos de monitoramento tradicionais de responsabilidade do poder executivo em nenhum estado da Amazônia Legal, a despeito da importância do papel desses estados no controle do desmatamento e o aquecimento global no país⁶.

Chama a atenção que esta rede de monitoramento não seja fruto de uma política pública, mas sim capitaneada por procuradores e pesquisadores com financiamento de multas ambientais. Nosso objetivo, com o lançamento desta análise, é que este feito exitoso, que revelou a viabilidade e utilidade deste tipo de rede com base em equipamentos de baixo custo, possa servir para que outros estados da Amazônia legal e do Brasil se inspirem na iniciativa acreana e iniciem o trabalho fundamental de monitorar a qualidade do ar.

Empreendimentos como este abrem as portas para uma discussão mais aprofundada sobre o papel dos estados e da União na criação de um programa de monitoramento que seja efetivo, regulamentado e integrado para fins de uma política pública robusta de gestão da qualidade do ar no país.

1.1 Metodologia

Para realizar a tarefa de descrever a trajetória e arranjo de implementação do projeto, foi utilizada a metodologia de pesquisa exploratória descritiva em razão da baixa disponibilidade bibliográfica e ineditismo da iniciativa do “Projeto da Rede de Monitoramento da Qualidade do ar do Estado do Acre”, assim denominado pelos seus idealizadores.

A primeira etapa consistiu no mapeamento de partes interessadas ou *stakeholders* primários, que foram os responsáveis pela idealização da rede de monitoramento da qualidade do ar no estado utilizando-se de monitores de baixo custo. Realizaram-se buscas no portal de comunicação institucional do MPAC⁷, onde foram levantadas matérias e publicações a respeito e a identificação nominal das instituições responsáveis pela criação da rede.

No segundo momento, foram realizadas reuniões com os dois *stakeholders* primários institucionais, o MPAC⁸ e a UFAC – os proponentes para a criação da rede de monitoramento. As reuniões foram cruciais para que se pudesse compreender com mais profundidade a complexidade do objeto investigado – que não se tratava de uma política pública do estado, e sim de um projeto idealizado entre sociedade civil e MPAC e viabilizado a partir de um acordo de cooperação. Em seguida houve o acesso a outros vários documentos que instruíram a criação da rede e a identificação de outros *stakeholders* (primários e secundários),

6. Vormittag, Evangelina da Motta P. A. de Araújo; Cirqueira, Samirys Sara Rodrigues; Wicher Neto, Hélio; Saldiva, Paulo Hilário N. Análise do monitoramento da qualidade do ar no Brasil. Estudos Avançados Ago 2021, Volume 35 N° 102 Páginas 7 – 30. Disponível em: <https://se-arch.scielo.org/?lang=pt&q=au:Vormittag.%20Evangelina%20da%20Motta%20P.%20A.%20de%20Ara%C3%BAjo>. Acesso em 28 ago. 2021.

7. Ministério Público do Estado do Acre. Disponível em: <<https://www.mpac.mp.br/>>. Acesso em: 25 ago. 2021.

8. Ministério Público do Estado do Acre. Caop discute parceria para divulgar projeto de monitoramento da qualidade do ar. Disponível em: <<https://www.mpac.mp.br/caop-discute-parceria-para-divulgar-projeto-de-monitoramento-da-qualidade-do-ar/>>. Acesso em: 25 ago. 2021.

aplicando-se a metodologia “bola de neve” para obter informações acerca de outros atores.

Elaborou-se um questionário com 40 perguntas qualitativas para aplicação durante as entrevistas, com base no levantamento primário de informações sobre a iniciativa. O roteiro de entrevista teve o objetivo de capturar a linha cronológica da iniciativa e de dimensionar o papel de diferentes atores. A sua aplicação foi modulada de acordo com a relação institucional e função no projeto de cada entrevistado.

Os entrevistados foram informados que as entrevistas seriam gravadas e transcritas e assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido permitindo o uso das informações para os fins aqui descritos.

Os diálogos serviram de importante material exploratório e descritivo. Ao final foram selecionados *stakeholders* primários e secundários das seguintes instituições: MPAC, UFAC, Secretaria do Estado de Meio Ambiente e das Políticas Indígenas (SEMAPI), Centro Nacional de Monitoramento e Alertas de Desastres Naturais (Cemadem) – uma unidade de pesquisa do Ministério de Ciência e Tecnologia – além da Vigilância Epidemiológica da Secretaria do Estado de Saúde e Prefeituras. Entre estes atores, foram realizadas seis entrevistas, que em seu conjunto foram determinantes para o entendimento do processo.

A transcrição das entrevistas e a análise, aliadas aos documentos obtidos, permitiram a reconstrução do percurso do processo de implementação do projeto da rede de monitoramento de baixo custo no Acre e a identificação de particularidades relativas aos apoios institucionais, governança de dados, sustentabilidade financeira e seus desdobramentos.

Previamente ao relato do projeto, o próximo item faz uma breve incursão sobre a política de qualidade do ar no Brasil e da rede de monitoramento nacional. O objetivo é traçar um quadro da base legal e normativa que regulam a política e do seu estágio de implementação.

2. CONTEXTO DA POLÍTICA DE QUALIDADE DO AR NO BRASIL

2.1 A importância da qualidade do ar como política pública

O monitoramento de qualidade do ar é relevante, pois mensura as concentrações dos poluentes atmosféricos, gera dados sobre as condições atuais da qualidade do ar, constrói um histórico de dados e habilita os tomadores de decisão a planejar ações e políticas públicas no sentido de assegurar a boa qualidade do ar.

No entanto, os benefícios vão além – no caso da região amazônica, a principal fonte de poluição do ar são as queimadas para limpeza de áreas recém desmatadas ou de reforma de pastagens e áreas de agricultura anual⁹, portanto a detecção da pior qualidade do ar local (em solo) e em áreas de pequena escala, como é o caso da grande maioria das cidades¹⁰, constituirá evidência imediata e acessível, hoje inexistente – para a ação, em apoio ao freio do aquecimento da temperatura e da descarbonização da floresta.

Ademais, além da atenção citada à mudança do clima, destaca-se o peso e a relevância do monitoramento da qualidade do ar quando se olha a mortalidade anual estimada em toda a América do Sul devido às queimadas associadas às práticas locais de desmatamento da Amazônia¹¹: entre 1065 e 4714 mortes. Isto por que o ma-

terial particulado viaja na atmosfera, atingindo grandes extensões territoriais. Ou seja, o impacto em saúde e ao meio ambiente das queimadas por desmatamento é transfronteiriço, para outras regiões no Brasil e América do Sul.

Do ponto de vista da saúde, os dados do monitoramento indicam se um local está em conformidade com os níveis de qualidade do ar considerados seguros em termos de exposição do ser humano. Nesse sentido, a Organização Mundial de Saúde (OMS) recomendou que os países estabelecessem uma rede de monitoramento de qualidade do ar e a utilizassem para o planejamento da gestão de controle de emissões de poluentes na prevenção de ocorrências em saúde pública¹².

A má qualidade do ar pode prejudicar a saúde por toda a vida, destacando-se seus efeitos, principalmente em doenças pulmonares, cardiovasculares, cerebrovasculares, câncer e diabetes. Causam também problemas reprodutivos, como o baixo peso ao nascer e a prematuridade; prejuízo no desenvolvimento cognitivo das crianças e a demência em idosos, entre outras. Esses impactos são desproporcionais, afetando muito mais as populações mais vulneráveis, como crianças, idosos e as que vivem na periferia das grandes cidades ou próximas a fontes emissoras, como rodovias, indústrias, pontos de incineração de lixo ou próximas a zonas agrícolas onde o fogo é utilizado no preparo do solo ou na colheita¹³.

9. Morello, T., Martino, S., Duarte, A.F., Anderson, L., Davis, K.J., Silva, S., Bateman, I.J.. Fire, Tractors, and Health in the Amazon: A Cost-Benefit Analysis of Fire Policy. *Land Econ.* 95, 409–434, 2019.

10. Natali L. Utilização dos produtos obtidos por sensoriamento remoto na caracterização da qualidade do ar na Região Metropolitana de São Paulo [Dissertação de mestrado]. Universidade de São Paulo; 2008. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/14/14133/tde-07122008-151154/publico/Dissertacao_Luciene_Natali_2008.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2021.

11. Reddington, C. L.; Butt, E. W.; Ridley, D. A.; Artaxo, P.; Morgan, W. T.; Coe, H.; Spracklen, D. V.. Air quality and human health improvements from reductions in deforestation-related fire in Brazil. *Nature Geoscience*, [S.L.], v. 8, n. 10, p. 768–771, 16 set. 2015. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/ngeo2535>

12. Organização Mundial da Saúde (OMS). WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide: global update 2005. 2006. Disponível em: <https://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/outdoorair_agg/en/>. Acesso em: 25 agosto de 2021.

13. OMS. Escritório Regional Europeu. Addressing the social determinants of health: the urban dimension and the role of local government. 2012. Disponível em: <https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/166136/UrbanDimensions.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2021.

O conhecimento do nível de poluição do ar e seus impactos, os fatores de risco e os mecanismos pelos quais as pessoas adoecem face à exposição aos poluentes apresentam um alto grau de compreensão científica. Estima-se, segundo a OMS, que 92% da população mundial esteja exposta aos riscos da poluição atmosférica¹⁴, resultando em cerca de 1 morte a cada 10, totalizando 5 milhões de mortes anuais e, dentre elas, 600 mil crianças. Tão grave para a saúde e relevante chamar a atenção para o problema, que a Organização das Nações Unidas, ONU, elegeu, em 2019, a poluição atmosférica e a mudança do clima, juntas, como o principal tema de atenção à saúde, pouco antes de eclodir a pandemia pela Covid-19.

A poluição do ar é um grande desafio também para cidades e estados em todo o Brasil, sendo responsável por mais de 51 mil mortes anuais (ultrapassam o número de mortes por acidente de trânsito no país), de acordo com o relatório publicado pela Organização Pan-Americana da Saúde (Opas), o braço da OMS para a América Latina¹⁵. Segundo o órgão, em 2016, todas as 40 cidades brasileiras apontadas apresentavam níveis de qualidade do ar acima do preconizado como mais seguros para a população.

Uma série de estudos nacionais apontam os impactos em saúde da poluição atmosférica por diferentes tipologias de fontes de emissões no país, como em áreas urbanas, por atividades que queimam combustíveis fósseis seja no transporte motorizado, na geração de energia ou nas atividades industriais. Mas aqui se destacam os estudos na região Norte e Centro-Oeste que mostram esses

efeitos, provenientes das atividades agrossilvopastoris, associadas às queimadas, aos incêndios florestais e à movimentação do solo, tão ou mais danosos à saúde do que visto em grandes metrópoles^{16,17,18,19, 20, 21, 22,23}, revelando um acúmulo de conhecimento e evidências suficientes para embasar ações de controle da poluição e gestão da qualidade do ar na Amazonia Legal.

E não são apenas os impactos em saúde que chamam a atenção para o problema da poluição. Há também aspectos econômicos. Além dos custos decorrentes de problemas ambientais, como chu-

14. OMS. Ambient Air Pollution: A global assessment of exposure and burden of disease. 2016. Disponível em: <<https://apps.who.int/iris/handle/10665/250141>>. Acesso em: 25 ago. 2021.

15. OPAS. Não polua o meu futuro! O impacto do ambiente na saúde das crianças. 2018. Disponível em: <<https://iris.paho.org/handle/10665.2/49123>>. Acesso em: 25 ago. 2021.

16. Silva, A. M. C. da; Mattos, I. E.; Freitas, S. R.; Longo, K. M.; Hacon, S. S. Material particulado (PM2.5) de queima de biomassa e doenças respiratórias no sul da Amazônia brasileira. **Revista Brasileira de Epidemiologia**, [S.L.], v. 13, n. 2, p. 337-351, jun. 2010. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1415-790x2010000200015>

17. Mascarenhas, M. D. M.; Vieira, L. C.; Lanzieri, T. M.; Leal, A. P. P. R.; Duarte, A. F.; Hatch, D. L. Poluição atmosférica devida à queima de biomassa florestal e atendimentos de emergência por doença respiratória em Rio Branco, Brasil - Setembro, 2005. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, [S.L.], v. 34, n. 1, p. 42-46, jan. 2008. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1806-37132008000100008>

18. Jacobson, L. da S. V.; Hacon, S. de S.; Castro, H. A. de; Ignotti, E.; Artaxo, P.; Leon, A. C. M. P. de. Association between fine particulate matter and the peak expiratory flow of schoolchildren in the Brazilian subequatorial Amazon: a panel study. **Environmental Research**, [S.L.], v. 117, p. 27-35, ago. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2012.05.006>

19. Nunes, K. V. R.; Ignotti, E.; Hacon, S. de S. Circulatory disease mortality rates in the elderly and exposure to PM2.5 generated by biomass burning in the Brazilian Amazon in 2005. **Cadernos de Saúde Pública**, [S.L.], v. 29, n. 3, p. 589-598, mar. 2013. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-311x2013000300016>

20. Alves, L. Surge of respiratory illnesses in children due to fires in Brazil's Amazon region. **The Lancet Respiratory Medicine**, [S.L.], v. 8, n. 1, p. 21-22, jan. 2020. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s2213-2600\(19\)30410-2](http://dx.doi.org/10.1016/s2213-2600(19)30410-2)

21. Human Rights Watch, IPAM, IEPS 2020. "O Ar é Insuportável" Os impactos das queimadas associadas ao desmatamento da Amazônia brasileira na saúde. Disponível em: <https://www.hrw.org/pt-report/2020/08/26/376135>. ISBN: 9781623138479

22. Ignotti, E.; Hacon, S. de S.; Junger, W. L.; Mourão, D.; Longo, K.; Freitas, S.; Artaxo, P.; Leon, A. C. M. P. de. Air pollution and hospital admissions for respiratory diseases in the subequatorial Amazon: a time series approach. **Cadernos de Saúde Pública**, [S.L.], v. 26, n. 4, p. 747-761, abr. 2010. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-311x2010000400017>

23. Silva, P. R. de S.; Ignotti, E.; Oliveira, B. F. A. de; Junger, W. L.; Moraes, F.; Artaxo, P.; Hacon, S. (2016). High risk of respiratory diseases in children in the fire period in Western Amazon. *Revista de Saúde Pública*, 50, 29. Epub June 10, 2016. <https://doi.org/10.1590/S1518-8787.2016050005667>

va ácida, poluição do solo, destruição de monumentos e edificações, perda de produtividade agrícola²⁴, entre outros. Há também os impactos econômicos ligados à mortalidade e ao adoecimento das pessoas. São custos hospitalares, custos com improdutividade ou ausência no trabalho, perda de capacidade intelectual, custos com medicamentos, cuidadores domiciliares, aposentadorias precoces e perda de anos saudáveis de vida^{25,26,27}.

Além das mais de 51 mil mortes anuais reportadas pela OPAS no Brasil, o Instituto Saúde e Sustentabilidade fez um levantamento prevendo que até 2025 cerca de 128 mil mortes precoces podem ocorrer devidas aos efeitos da poluição por material particulado em seis regiões metropolitanas (onde vivem 23% da população do país), representando um custo de R\$ 51,5 bilhões em perda de produtividade. Foram previstas ainda 69 mil internações públicas a um custo de R\$ 126,9 milhões para o Sistema Único de Saúde (SUS)²⁸.

Todos estes dados ambientais, econômicos e de saúde são alarmantes e mostram a importância do estabelecimento de políticas públicas que visem a gestão da qualidade do ar com objetivo de viabilizar o controle de emissões das fontes, o monitoramento da qualidade do ar e de se estabelecer medidas para a manutenção da concentração de poluentes atmosféricos dentro das prerrogativas da OMS.

Os principais poluentes atmosféricos são o material particulado, o monóxido de carbono, dióxido de enxofre, óxidos de nitrogênio, ozônio e carbono negro. Alguns deles, como o ozônio e o carbono negro contribuem também para acelerar as mudanças climáticas, sendo então importante conectar o tema da redução da poluição às medidas de mitigação dos impactos destas mudanças, entendido em termos de cobenefícios.

2.2 Ambiente regulatório: Pronar/Rede de monitoramento

O Brasil possui leis e normas que dispõem a política de gestão da qualidade do ar e do controle da emissão de poluentes atmosféricos. Trata-se de produção legislativa para regulamentar e assegurar os direitos fundamentais à saúde e ao meio ambiente equilibrado previstos na Constituição Federal²⁹. No entanto, praticamente toda a base normativa que regulamenta a gestão da qualidade do ar, inclusive o próprio Programa Nacional de Qualidade do Ar, melhor explicitado a seguir, constam em Resoluções do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama).

24. Simoni W, André S, Alencar A, Pineiro B, Araújo C, Vormittag E, et al. O Estado da Qualidade do Ar no Brasil. São Paulo; 2021. (Janeiro). Relatório No.: 01. Disponível em: <<https://wribrasil.org.br/pt/publicacoes/o-estado-da-qualidade-do-ar-no-brasil>> . Acesso em: 25 ago. 2021.

25. Pimpin L, Retat L, Fecht D, dePreux L, Sassi F, Gulliver J, et al. Estimating the costs of air pollution to the National Health Service and social care: An assessment and forecast up to 2035. *PLoS Med*. 2018;15(7):1-16. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1002602>

26. Rodrigues-Silva F, Santos U de P, Saldiva PHN, Amato-Lourenço LF, Miraglia SGEK. Health Risks and Economic Costs of Absenteeism Due to Air Pollution in São Paulo, Brazil. *Aerosol Air Qual Res*. 2012;12(5):826-33. <https://doi.org/10.4209/aaqr.2011.12.0235>

27. Rodrigues PF, Alvim-Ferraz MCM, Martins FG, Saldiva P, Sá TH, Sousa SIV. Health economic assessment of a shift to active transport. *Environ Pollut*. 2020 Mar;258:113745. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113745>

28. Instituto Saúde e Sustentabilidade. Avaliação do impacto da implementação da fase P-8 do PROCONVE para a frota de veículos pesados na saúde pública com sua respectiva valoração econômica em seis regiões metropolitanas brasileiras. São Paulo; 2019. Disponível em: <https://www.saudeesustentabilidade.org.br/wp-content/uploads/2019/06/PROCONVE_ISS_ICSS_2019.pdf>. Acesso em 25 ago. 2021.

29. O direito ao meio ambiente equilibrado está previsto no art. 225 da Constituição Federal e o direito à saúde no art. 196.

Esse apanhado de normas de natureza infralegal dificulta a implementação de uma política pública nacional de gestão da qualidade do ar que seja segura em sua dimensão prática e jurídica, integrada e transparente. Embora o programa em vigor exija dos entes federados e dos estados a implementação de ações como o próprio monitoramento e o controle de fontes poluidoras, estas não se traduzem em realidade, ou pelo menos não para a maior parte dos estados da federação.

Apesar de não ser o único fator explicativo, a fragilidade jurídica das resoluções, sujeitas à alteração ou revogação em procedimentos relativamente simples e em espaço controlado pelo governo³⁰ resulta em um ambiente de forte insegurança jurídica. Da mesma forma, a regulamentação por resoluções tem impacto na baixa capacidade de implementação da política de qualidade do ar, especialmente por não trazerem estratégias e mecanismos capazes de induzir os órgãos públicos responsáveis por sua implementação.

Diante deste cenário, avançar com um marco legal é um desafio estrutural para a gestão da qualidade do ar no país e para viabilizar um programa abrangente de monitoramento, inventário de poluentes, modelagem e previsão da qualidade do ar³¹, além do controle a toxicidade do ar para a proteção da população brasileira.

30. O Conama, após as alterações operadas pelo Decreto nº. 10.003/2019, reduziu drasticamente a representação da sociedade civil, além de alterar a forma de escolha entre as Organizações da Sociedade Civil dispostas a atuar no conselho. As alterações foram objeto de questionamento pela Procuradoria Geral da República (PGR), por meio da Ação Direta de Descumprimento de Preceito Fundamental (ADPF) nº 623. Julgamento de ação idêntica questionando as alterações ocorridas no Conselho Nacional dos Direitos da Criança e do Adolescente já obteve maioria favorável do plenário da Corte à tese da PGT, mas encontra-se suspenso em razão de pedido de vistas do ministro Kassio Nunes.

31. Simoni W, André S, Alencar A, Pineiro B, Araújo C, Vormittag E, et al. O Estado Da Qualidade do Ar No Brasil. Sao Paulo; 2021. (January). Report No.: 01. Disponível em: <<https://wribrasil.org.br/pt/publicacoes/o-estado-da-qualidade-do-ar-no-brasil>>. Acesso em: 25 ago. 2021.

2.2.1 O Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar (Pronar)

A primeira legislação federal mais efetiva de controle da poluição atmosférica no Brasil data da década de 70 e visa a estabelecer padrões nacionais de qualidade do ar para material particulado, dióxido de enxofre, monóxido de carbono e oxidantes fotoquímicos. Na década de 80, a partir da Política Nacional de Meio Ambiente, criada pela Lei nº 6.931/1981, que estabeleceu os principais conceitos e medidas jurídicas para a proteção do meio ambiente, e com o crescimento do número de veículos, o Governo Federal propôs o estabelecimento de um programa de controle de poluição veicular, o que foi feito por meio da resolução Conama nº 18, de 06 de maio de 1986. Nesta mesma época, percebeu-se ainda a necessidade de incluir as fontes fixas³² de poluição no programa de controle e do estabelecimento de ações de monitoramento atmosférico.

Assim, por meio da resolução do CONAMA de nº 05, de 15 de junho de 1989, foi criado o Pronar, com o intuito de promover a gestão da qualidade do ar por meio das seguintes ações: controlar a poluição do ar no país; estabelecer os padrões nacionais de qualidade do ar e de emissão nas fontes; implementar uma política de prevenção; implementar uma rede nacional de monitoramento; e desenvolver inventários de fontes poluidoras.

A Rede Nacional de Monitoramento da Qualidade do Ar, prevista como objetivo de médio prazo na Resolução nº 05 de 1989, não foi implementada conforme determinado.

32. Fontes fixas: qualquer instalação, equipamento ou processo produtivo, situado em local fixo, que libere ou emita matéria para a atmosfera, segundo artigo 3º, inciso I, alínea g da Resolução Conama 382/2006. Disponível em: <<http://conama.mma.gov.br/atos-normativos-sistema>>. Acessado em: 25 ago. 2021.

Em 2009, o Ministério do Meio Ambiente fez uma avaliação crítica acerca dos resultados do PRONAR, nos 20 anos posteriores à sua publicação nos seguintes termos:

Uma realidade de poucos ganhos na gestão da qualidade do ar no país decorrentes do PRONAR. Alguns avanços outrora obtidos agora se limitam a ações emergenciais do Governo Federal, ou isoladas, comandadas por alguns estados e municípios, prioritariamente voltadas à aplicação de instrumentos de comando e controle, mas que não refletem o planejamento setorial, territorial ou ambiental em sua forma mais ampla³³.

Em 2014, o Instituto Saúde e Sustentabilidade realizou uma primeira pesquisa sobre a situação do monitoramento da qualidade do ar vigente no país, considerando as informações publicadas em *websites* dos órgãos ambientais estaduais. Esta iniciativa foi motivada pela ausência de dados compilados que apresentassem o cenário nacional de monitoramento. Os dados encontrados eram referências individualizadas por estado, sem qualquer padronização que permitisse análises comparativas³⁴.

Os resultados chamaram a atenção para a baixa cobertura e a inexistência de uma rede integrada de monitoramento na grande maioria dos estados: o monitoramento de qualidade do ar no país ocorria em quatro regiões, excetuando-se a Região Norte, e em apenas 11 das 27 unidades federativas – o Distrito Federal e 10 estados (Bahia,

Espírito Santo, Goiás, Mato Grosso, Minas Gerais, Paraná, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, São Paulo e Sergipe). No total, foram identificadas 252 estações no país, que cobriam o monitoramento de apenas 1,7% dos seus municípios. A Região Sudeste representava 78% dos municípios monitorados no país e 76% das estações de monitoramento.

2.3 Estado atual do monitoramento da qualidade do ar no Brasil

Em 2019, o GT de Qualidade do Ar no âmbito da 4ª Câmara de Coordenação e Revisão do Meio Ambiente e Patrimônio Cultural do MPF³⁵, como mencionado, propôs a atualização deste levantamento por meio da solicitação às Secretarias de Meio Ambiente de todas as unidades federativas a prestação de informações, por questionários, sobre a situação da rede de monitoramento da qualidade do ar³⁶.

Dentre as 27 unidades federativas, 26 responderam a solicitação. O único estado a não responder foi o Maranhão. Dentre os respondentes, 12 não realizam o monitoramento de qualidade do ar e apresentaram as seguintes justificativas: i) consideraram o ar não ser poluído no território (sem fontes industriais e veiculares de grande monta); ii) não terem recursos para obtenção de equipamentos ou contarem com dificuldade de

33. Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar – Pronar. Brasília, DF. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/estruturas/163/_arquivos/pronar_163.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2021.

34. Instituto Saúde e Sustentabilidade. Monitoramento da qualidade do ar no Brasil. 2014. Disponível em: < <https://www.saudeesustentabilidade.org.br/site/wp-content/uploads/2014/07/Monitoramento-da-Qualidade-do-Ar-no-Brasil-2014.pdf> >. Acesso em: 25 ago. 2021.

35. Trata-se do Grupo de Trabalho de Qualidade do Ar, da 4ª Câmara de Coordenação e Revisão de Meio Ambiente e Patrimônio Cultural do MPF, sob a coordenação do Procurador Regional da República José Leonidas Bellém de Lima. O ISS é membro oficial do GT Qualidade do Ar.

36. Vormittag, Evangelina da Motta P. A. de Araújo; Cirqueira, Samirys Sara Rodrigues; Wicher Neto, Hélio; Saldiva, Paulo Hilário N. Análise do monitoramento da qualidade do ar no Brasil. Estudos Avançados Ago 2021, Volume 35 N° 102 Páginas 7 – 30. <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2021.35102.002>

sua manutenção; e iii) terem a dificuldade em acessar recursos humanos para sua gestão.

Embora 14 estados tenham informado realizar o monitoramento, uma análise mais criteriosa das respostas dos estados, entretanto, levou à decisão de computar Amazônia, Bahia e Mato Grosso como estados que não realizam o monitoramento, pelas seguintes razões: i) no caso do Amazonas, o monitoramento é realizado por 4 estações localizadas em universidades públicas (Universidade Federal do Amazonas e Universidade do Estado do Amazonas) e gerenciadas por elas para fins acadêmicos e não há divulgação de seus dados; ii) a Bahia adota um sistema descentralizado de gestão da qualidade do ar, não sendo assim o monitoramento de responsabilidade do estado, além dos dados não serem divulgados; e, iii) o Mato Grosso possui um único equipamento de monitoramento que se encontra inativo.

Após 32 anos de existência do Pronar, a rede nacional de monitoramento de qualidade do ar – instrumento básico para a implementação do programa – está ativa em apenas 11 das 27 unidades federativas, sendo: Acre, Distrito Federal, Espírito Santo, Goiás, Minas Gerais, Mato Grosso do Sul, Paraná, Pernambuco, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul e São Paulo.

Mesmo nesses estados, segunda a pesquisa³⁷, a rede se mostrou incompleta, inapropriada ou desatualizada em termos de poluentes monitorados. A incompletude se revela no baixo número de equipamentos, agravados por sua concentração territorial. Segundo dados coletados diretamente junto aos órgãos ambientais estaduais, há

no país apenas 371 estações de monitoramento ativas, para mais de 5 mil municípios em todo o território, 80% concentradas na região sudeste. Destaque para a ausência de monitoramento na região norte, onde se concentra o território da Amazônia Legal. Foi nessa pesquisa que houve a constatação de que apenas o AC realiza o monitoramento de qualidade do ar, quando adotou, em 2019, o modelo de monitoramento com equipamentos de baixo custo.

A inapropriação se dá em termos de titularidade do equipamento: se público ou privado, uma vez que impacta na capacidade de gestão dos órgãos ambientais. Do total de estações 58,8% são públicas (pertencentes aos órgãos executivos estaduais), as demais são de empreendimentos privados e os dados utilizados pelos órgãos ambientais. Destacam-se neste recorte sobre titularidade, SP, PR, GO e o DF – com 100% de suas estações públicas. E, em sentido oposto, MG e PE – cujo total de suas estações são privadas. O estado do RJ tem o dobro das estações que SP, porém 59,6% delas são privadas.

A análise do monitoramento por poluente identifica uma situação mais preocupante e desatualizada: todos os poluentes são monitorados em menos de 40% das estações em todo país, exceto o MP_{10} , monitorado em 62,8% delas. O NO_x e o ozônio são monitorados em 37% das estações. O diagnóstico do $MP_{2,5}$, um dos mais nocivos para a saúde, acontece em apenas 26% das estações do Brasil. E o carbono negro em apenas 4 estações em São Paulo. Outro poluente que tem fornecido evidências sobre a desatualização do sistema de monitoramento no Brasil é o PTS, monitorado na década de 70, e que não tem sido utilizado mais em vários países. Como herança do passado, dentre os estados analisados, GO, por exemplo, monitora exclusivamente o poluente PTS. RJ e MG o monitoram em, respectivamente, 37,8% e

37. Vormittag, Evangelina da Motta P. A. de Araújo; Cirqueira, Samirys Sara Rodrigues; Wicher Neto, Hélio; Saldiva, Paulo Hilário N. Análise do monitoramento da qualidade do ar no Brasil. Estudos Avançados Ago 2021, Volume 35 N° 102 Páginas 7 – 30. <https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2021.35102.002>

53,1% do total de suas estações – o que o torna o poluente mais monitorado após o MP_{10} nesses estados.

Ademais, o acesso público à informação dos dados de monitoramento de qualidade do ar em tempo real se dá em tão somente 5 estados – AC, ES, MS, RJ e SP. A principal utilidade pública da informação é dotar os cidadãos do conhecimento sobre as condições da poluição do ar a que estão expostos e a sua defesa, em caso de exposição à alta concentração de poluentes. Ademais há o prejuízo i) do diagnóstico da poluição do ar; ii) da gestão imediata para a redução de emissões; e, iii) da devida proteção da saúde – que configuram violações a direitos fundamentais à saúde e ao meio ambiente. Mas não apenas. A falta do monitoramento prejudica, especialmente, toda a estruturação dos demais instrumentos previstos e necessários à gestão da qualidade do ar e no combate à poluição no país.

Em 2020 o Ministério do Meio Ambiente iniciou um processo de compra³⁸ de sensores de monitoramento com objetivo de dotar todas as Unidades Federativas com pelo menos um equipamento (informações atuais públicas do processo não disponíveis). Além disso, muito recentemente, em agosto de 2021, foi criado o Sistema Nacional de Gestão da Qualidade do Ar (MonitorAr)³⁹, que consiste em uma plataforma nacional única hospedada pelo Ministério do Meio Ambiente, e disponível por meio do endereço eletrônico⁴⁰ com objetivo de integrar, consolidar

e disponibilizar dados atualizados gerados pelas estações de monitoramento da qualidade do ar do país. No entanto, não constam todas as estações nacionais dos órgãos ambientais das unidades federativas, apenas aquelas que expressam em tempo real seus resultados.

2.4 A Amazônia Legal e o monitoramento da qualidade do ar via satélite e modelagem

A Amazônia Legal é a região composta por 9 estados e o seguinte quantitativo de municípios: 52 municípios de Rondônia; 22 municípios do Acre; 62 do Amazonas; 15 de Roraima, 144 do Pará; 16 do Amapá; 139 do Tocantins; 141 do Mato Grosso; e por 181 Municípios do Estado do Maranhão. É administrada pela Superintendência de Desenvolvimento da Amazônia – Sudam, e corresponde a cerca de 58,9% do território brasileiro⁴¹. Como reportado pelo Instituto Saúde em Sustentabilidade em 2014, nenhum destes estados possuía rede de monitoramento oficial de qualidade do ar. Na pesquisa de 2019, o estado do Amazonas declarou realizar o monitoramento de qualidade do ar por 4 estações localizadas em universidades e para fins acadêmicos.

A importância socioambiental na área que compreende a Amazônia legal levou à criação de iniciativas desenvolvidas pelo Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos (CPTEC), como o programa do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (Inpe) para monitoramento da qualidade

38. Pregão eletrônico nº 00012/2020, do Ministério do Meio Ambiente (UASG: 440001). Edital disponível <<http://www.comprasnet.gov.br/aceso.asp?url=/edital-440001-5-00012-2020>>. Acesso em: 25 ago. 2021.

39. Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Portaria nº 386, de 23 de agosto de 2021. Institui o Sistema Nacional de Gestão da Qualidade do Ar – MonitorAr e o Programa Nacional Ar Puro. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-mma-n-386-de-23-de-agosto-de-2021-340732559>>. Acesso em: 25 ago. 2021.

40. Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Portal MonitorAr. Disponível

em: < <http://portalmonitorar.mma.gov.br/>. Ou <http://monitorar.mma.gov.br>>. Acesso em: 25 ago. 2021.

41. IBGE. Amazônia Legal. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/mapas-regionais/15819-amazonia-legal.html?=&t=o-que-e>>. Acesso em: 25 ago. de 2021.

do ar⁴² via satélite e modelagem, através de um modelo chamado Brams⁴³. Este modelo, também conhecido como Catt-Brams é resultado de uma parceria entre a Universidade de São Paulo, a Nasa (*National Aeronautics and Space Administration*), o próprio CPTEC-Inpe e a Universidade de Orleans.

As fontes de emissões de gases e partículas associadas com a queimada em floresta tropical, cerrado e pastagem são parametrizadas e introduzidas no modelo. As fontes são distribuídas espacial e temporalmente e assimiladas todos os dias conforme os focos de queimada obtidos por sensoriamento remoto, em especial através do sensor AVHRR (*Advanced very-high-resolution radiometer*), integrado primeiramente nos satélites da Noaa (*National Oceanic and Atmospheric Administration*) Noaa-6 a Noaa-14 e o modelo mais recente nos satélites Noaa-15 a Noaa-19; e do sensor Modis (*Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer*), a bordo dos satélites Terra e Aqua, operados pela Nasa.

Essa combinação de satélite e modelagem permite que a qualidade do ar seja monitorada, o que se mostra particularmente importante para grandes áreas como a Amazônia, para o monitoramento de queimadas, ou para fenômenos de transporte de partículas, como no estudo feito em 2019 que mostra que os anos mais poluídos no estado de São Paulo foram aqueles com maior transporte de fumaça da região da Amazônia para a região sudeste⁴⁴.

Entretanto, isoladamente, o monitoramento por satélite é uma medida indireta, e avaliações e adequações regionais dos seus produtos são necessárias através de medidas feitas em solo, principalmente quando se trata de áreas em pequena escala, como é o caso da grande maioria das cidades⁴⁵. Daí depreende-se a importância da realização do monitoramento em solo e o potencial da rede de baixo custo feita no estado do Acre.

2.5 Advento dos sensores de baixo custo no horizonte de monitoramento

Existem novas ferramentas e tecnologias que podem ser implementadas para o avanço na qualidade e no alcance do monitoramento da poluição do ar no Brasil, hoje ainda muito ultrapassado, como ciência de dados, uso de sensoriamento remoto e modelagem. Neste campo específico, ascendeu um entusiasmo com as novas possibilidades que o uso de sensores de baixo custo para monitoramento da qualidade do ar podem propiciar. Como o nome diz, estes equipamentos têm como sua principal vantagem o fato de possuírem um custo bastante reduzido em relação às estações de monitoramento convencionais. Apesar de promissoras, há ainda muitos desafios na implementação de redes de baixo custo, sendo o principal deles o que diz respeito à qualidade dos dados monitorados.

42. INPE. Qualidade do ar. Disponível em: <<http://meioambiente.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: 25 ago. 2021.

43. INPE. Monitoramento do Transporte de Poluição Antropogênica e de Queimada na América do Sul. Disponível em: <http://meioambiente.cptec.inpe.br/modelo_cattbrams.php?lang=pt#model_comparison>. Acesso em: 25 ago. 2021.

44. Araujo JM de. Estudo da poluição atmosférica no estado de São Paulo associada ao material particulado a partir de satélite. [Dissertação de mestrado]. UNIFESP; 2019. Disponível em: <<https://repositorio.unifesp.br/handle/11600/55936>>. Acesso em: 25 ago. 2021.

45. Natali L. Utilização dos produtos obtidos por sensoriamento remoto na caracterização da qualidade do ar na Região Metropolitana de São Paulo [Dissertação de mestrado]. Universidade de São Paulo; 2008. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/14/14133/tde-07122008-151154/publico/Dissertacao_Luciene_Natali_2008.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2021.

O ambiente em estações oficiais de monitoramento é controlado, seus instrumentos são regularmente verificados, e as medições estão sujeitas a procedimentos rigorosos de controle de qualidade e calibração. No caso dos sensores de baixo custo, instalados em ambientes não controlados, pode haver sensibilidade a condições meteorológicas (velocidade do vento, temperatura, umidade) e dificuldades em distinguir poluentes. Por essas razões seu uso para o monitoramento regulatório ainda é impossibilitado. Ao adotar sensores, as medições devem ser cuidadosamente avaliadas e validadas. E mesmo se uma medição for realizada corretamente, pode ser apenas representativa para uma área muito pequena.

Todavia, devido ao custo reduzido, os sensores podem ser ferramentas bastante úteis, principalmente em regiões remotas ou onde não existe nenhuma informação de dados de qualidade do ar, como no caso de não haver medidas nem por estações tradicionais nem por outras formas, como modelagem ou sensoriamento remoto. Além disso, mesmo em locais onde já há medidas feitas por outras metodologias, a instalação de sensores de baixo custo pode trazer informações adicionais, como por exemplo medidas em pontos específicos de interesse, permitindo ações focadas em locais estratégicos, como o entorno de escolas e hospitais, por exemplo.

Nesse sentido, não há sobreposição entre as diferentes abordagens de monitoramento. Métodos mais tradicionais, como equipamentos robustos, auxiliam também na validação das medidas feitas pelos sensores de baixo custo, melhorando a sua qualidade e calibração. Se a qualidade das medições puder ser melhorada, os sensores podem se tornar um divisor de águas no monitoramento da poluição do ar, gerenciamento de tráfego, exposição pessoal e avaliação de saúde, ciência cidadã e avaliação da poluição do ar em países em desenvolvimento⁴⁶.

46. Comissão Europeia. Measuring air pollution with low-cost sensors. Vol. 2, Measuring Air Pollution With Low-Cost Sensors. 2018.

3. CONCEPÇÃO E IMPLEMENTAÇÃO DA REDE DE MONITORAMENTO DE QUALIDADE DO AR DO ACRE

3.1 Contextualização da motivação

A ausência de dados específicos e públicos sobre a qualidade do ar nos estados que compõem a Amazônia Legal e em toda a Amazônia, em um contexto fortemente marcado pela degradação ambiental em razão das queimadas que ocorrem anualmente e de forma intensificada no período de secas, evidencia a importância da criação da rede de monitoramento da qualidade do ar resultante da articulação da sociedade civil, centros de pesquisa da Universidade Federal do Acre e do Ministério Público do Acre.

As queimadas são impulsionadas pelo aumento do desmatamento, que por sua vez, depois de um período de redução entre 2004 e 2012, começaram a aumentar novamente.

A situação se agravou recentemente com os aumentos das queimadas e do desmatamento na região. Segundo dados da plataforma de monitoramento de focos de queimadas do INPE, no ano de 2019, na Amazônia Legal, foram detectados 126.089 focos de queimadas. Em 2020, registraram-se 150.783 mil focos ativos. Até o mês de julho de 2021 já eram contabilizados 19.804 focos⁴⁷. Nesse ano, foram registrados 180.209 ha (1.802 km²) de queimadas em áreas antropizadas. O ano foi marcado por um aumento dramático do desmatamento na Amazônia, quando cresceu 85% em relação ao ano anterior – sendo 40% relativos a novos desmatamentos⁴⁸, de acordo com

alertas do Sistema de Detecção do Desmatamento em Tempo Real (DETER), do INPE⁴⁹.

O “Relatório Executivo Queimadas 2019 – Acre”⁵⁰, produzido em 2019 no âmbito do “Projeto Acre Queimadas: incêndios florestais e queimadas no Acre”, aponta que o Acre foi o segundo estado na Amazônia com maior aumento do desmatamento em comparação ao ano de 2018, segundo dados do INPE, consequência do aumento das queimadas.

Como se sabe, o estado do Acre possui localização estratégica no centro da Amazônia Sul-Ocidental, região fronteira com o Peru e a Bolívia. Os três países compartilham não somente a bacia do Rio Acre, mas uma rica diversidade sociocultural e econômica que tornam a região um espaço singular em sua dimensão social. Trata-se de uma das zonas mais ricas em biodiversidade da América do Sul, mas, contraditoriamente, uma das zonas economicamente mais pobres.

Enxergando as similaridades socioambientais, econômicas e culturais e especialmente os desafios representados pelos grandes projetos de infraestrutura previstos para fins de integração regional e as oportunidades de um desenvolvimento sustentável entre os povos que habitam a região amazônica, em 1999 nasceu a Iniciativa MAP. Trata-se de uma articulação transfronteiriça promovida por organizações da sociedade

47. INPE. Dados da Plataforma do Programa Queimadas. Disponível em: <https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal-static/estatisticas_estados/>. Acesso em: 25 ago. 2021.

48. Silva, Sonaira; Anderson, Liana; Costa, Jéssica; Souza, Francisco Salatiel; Nascimento, Eric; Silva, Ismael; Pereira, Moises; Silva, Felipe; Almeida, Rafael; Xaud, Haron; Xaud, Maristela; Melo, Antonio. (2020). Queimadas 2019 no Estado do Acre. 10.13140/RG.2.2.29291.69927

49. Human Rights Watch (HRW), Instituto de Estudos para Políticas de Saúde (IEPS) e Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia (IPAM). O ar é insuportável: Os impactos das queimadas associadas ao desmatamento da Amazônia brasileira na saúde. Agosto de 2020. Disponível em: <<https://www.hrw.org/pt/report/2020/08/26/376135>>. Acesso em: 25 ago. 2021.

50. Silva SS, Anderson LO, Costa JG, Nascimento FSCSES, Silva IS, Pereira MP, et al. Relatório Executivo Queimadas 2019 – ACRE. Cruzeiro do Sul; 2020. Disponível em: <<https://ipam.org.br/wp-content/uploads/2020/02/RelatorioQueimadas2019.pdf>>. Acesso em: 25 ago. 2021.



Figura 1: Foto de incêndio florestal na região amazônica.

civil, instituições de pesquisa, universidades e órgãos governamentais dos três países.

A iniciativa estruturou-se a partir de encontros anuais rotativos entre as cidades que integram a região denominados Fórum Trinacional MAP ou apenas Forum MAP. Dentre suas prioridades está a de pautar a implementação de políticas públicas de gestão de risco e encontrar soluções conjuntas para problemas socioambientais urgentes como os incêndios e o desmatamento ilegal⁵¹.

Buscando cada vez mais uma gestão participativa e colaborativa para a região, a Iniciativa MAP aprovou o Projeto “Gestão Integrada Sustentável

dos Recursos Hídricos transfronteiriços na Bacia do Rio Acre”, com atividades voltadas para a adaptação às mudanças climáticas na região transfronteiriça do MAP, financiado pela Organização do Tratado de Cooperação Amazônica (OTCA), organismo multilateral que reúne os países que partilham o território amazônico⁵². Os resultados do projeto indicaram que os prin-

51. Sant’Ana D. Q. de. A “Iniciativa MAP” e a emergência de um espaço público transfronteiriço: integração regional, cooperação internacional e participação popular na fronteira da Amazônia Sul-Ocidental. Universidade Federal de Santa Catarina; 2008.

52. A OCTA é o único organismo multilateral com orçamento próprio cuja sede da secretaria permanente é no Brasil. Ela é resultado do bloco socioambiental formado pelos Estados que partilham o território Amazônico: Brasil, Bolívia, Colômbia, Equador, Guiana, Peru, Suriname e Venezuela. As origens da organização remontam a 1978, quando, por iniciativa brasileira, os oito países amazônicos assinaram, em Brasília, o Tratado de Cooperação Amazônica (TCA), com o objetivo promover o desenvolvimento integral da região e o bem-estar de suas populações, além de reforçar a soberania dos países sobre seus territórios amazônicos. A organização internacional dotada de secretaria permanente e orçamento próprio. Em dezembro de 2002 foi assinado, no Palácio do Planalto, Acordo de Sede entre o Governo brasileiro e a OTCA, que estabeleceu em Brasília a sede da Secretaria Permanente da Organização. Vale notar que, até hoje, a OTCA é a única organização internacional multilateral sediada no Brasil.



Figura 2: Localização dos estados que compõe a região MAP.

cipais estressores da bacia do Rio Acre, na tríplique fronteira, são o desmatamento, a pecuária e as estradas.

Com base nos indicadores deste projeto, em meados de 2017, o governo do estado do Acre, através da SEMAPI-AC, elaborou uma proposta visando a continuidade dos trabalhos com financiamento da OTCA, para promoção da gestão da região MAP. A proposta de projeto visava a criação de salas de Situação e Sistema de alerta, com componente de monitoramento de desmatamento e

queimadas. Esta proposta já previa a instalação de sensores de baixo custo para monitoramento da qualidade do ar, mas o recurso contemplado viabilizou tão somente a estruturação da Sala de Situação de Monitoramento Hidrometeorológico do Centro Integrado de Geoprocessamento e Monitoramento Ambiental (Cigma) no âmbito da SEMAPI-AC.

3.2 Arranjo de implementação: o papel do Ministério Público do Estado do Acre

O MPAC, em seu planejamento estratégico de 2016/2021, definiu dentre seus objetivos a atuação no combate às queimadas, desmatamento e no monitoramento das diversas formas de poluição, visando o desenvolvimento sustentável⁵³. Na estrutura do MPAC, o Centro de Apoio Operacional de Defesa do Meio Ambiente, Patrimônio Histórico e Cultural e Habitação e Urbanismo⁵⁴ (CAOP/MAPHU ou somente CAOP) tem, dentre suas competências, colaborar com a formulação do planejamento e a execução de programas estratégicos do MPAC.

Em março de 2018, o CAOP-MAPHU realizou uma reunião com o representante da Universidade Federal do Acre e Pesquisador do *Woodwell Climate Research Center* (WHRC), Prof. Dr. Foster Brown, para tratar de uma possível parceria entre MPAC e UFAC para consecução do objetivo estratégico do MPAC de monitorar as mudanças climáticas e atuar em situações de desastre natural.

O encontro contou com a participação da Procuradora de Justiça Rita de Cássia Nogueira Lima, coordenadora do CAOP, e Vângela Maria Lima do Nascimento, chefe do Setor de meio ambien-

te do CAOP. O Prof. Foster Brown, que é um ativo colaborador do MPAC, membro da Comissão Estadual da Gestão de Riscos do Estado e também da Iniciativa MAP, tratou de temas relacionados à mudança climática e à sustentabilidade, especialmente as questões que afligem a região de forma mais aguda no período da seca – o desmatamento e as queimadas.

Uma das sugestões do professor foi a implantação dos medidores de poluição de baixo custo, com valores aproximados de USD 500,00, como forma de acompanhar a efetividade das políticas públicas e das ações para o combate ao desmatamento e queimadas irregulares. Dessa forma, com um valor relativamente baixo, seria possível equipar todos os municípios acreanos com pelo menos um equipamento. A iniciativa se apoiava na experiência do Prof. Brown com sensores de baixo custo para monitoramento de qualidade do ar instalados nos campi de Rio Branco e Cruzeiro do Sul da UFAC, inclusive valendo-se de recursos próprios. Na sequência, dois sensores foram instalados, um em Pando (Bolívia) e outro em Madre de Dios (Peru). Os dados do primeiro ano de monitoramento, inclusive, foram objeto de artigo de autoria de pesquisadores liderados pelo Prof. Brown⁵⁵.

O MPAC avaliou positivamente a experiência relatada bem como a proposta para instalação de equipamentos em todos os 22 municípios acreanos. Assim, para viabilizar sua implantação, foi indicada a possibilidade de utilização de recursos advindos de multas pecuniárias que resultassem

53. Mais informações disponíveis em: <<https://www.mpac.mp.br/planejamento-estrategico-mpac-alcanca-100-de-excelencia-em-ranking-nacional/>>. Acesso em 25 ago. 2021.

54. Os Centros de Apoio Operacionais das Promotorias de Justiça têm atribuições de auxílio da atividade do MP. Cabem aos CAOPs levantar informações e produzir conhecimentos que sejam úteis para os órgãos de execução do MP, e para o desenvolvimento institucional. Além disso, os CAOPs também cumprem uma função estratégica de ser a ponte entre MP e atores externos ao MP, como poder público e sociedade civil, em diálogos extraprocessuais que tratam de políticas públicas relacionadas à proteção de direitos difusos, coletivos ou individuais. Como se verá, o CAOP-MAPHU do MPAC foi fundamental para a concretização do projeto de monitoramento da qualidade do ar no estado do Acre.

55. Brown IF, Duarte AF, Torres M, Ascorra C, Reyes JF, Rioja-ballivián G, et al. Monitoramento de fumaça em tempo real mediante sensores de baixo custo instalados na Amazônia Sul-Occidental. In: Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. 2019. p. 2658–61. Disponível em: <https://proceedings.science/sbsr-2019/papers/monitoramento-de-fumaca-em-tempo-real-mediante-sensores-de-baixo-custo-instalados-na-amazonia-sul-occidental>. Acesso em 25 ago. 2021.

de transação penal – espécie de acordo entre promotor e infrator de crime ambiental de pequeno potencial ofensivo firmados com objetivo de evitar ou encerrar os processos, homologadas pelos juízes. Outra possibilidade seria submeter o projeto junto ao Fundo Estadual de Defesa dos Direitos Difusos (FUNDIP), para onde são destinados os recursos à reparação dos danos ao meio ambiente, aos bens de valor artístico etc.

A estratégia eleita foi a de solicitação pelo CAOP aos promotores locais da indicação do projeto para destinação direta de recursos. Dessa forma, após a solicitação e homologação pelos juízes à frente dos processos, o projeto de monitoramento passou a receber os valores mensais das multas pecuniárias depositadas pelos infratores.

Alguns elementos garantiram e respaldaram juridicamente esta ação, dentre eles destaca-se a Recomendação⁵⁶ Conjunta nº 01/2018, do CAOP orientando os Órgãos de Execução para que os projetos contemplados com os recursos oriundos das transações penais em crimes ambientais guardassem pertinência/adequação com o bem jurídico tutelado, ou seja, com o meio ambiente. Dessa forma, estaria garantida a vinculação direta entre recursos provenientes de pagamentos de multas aplicadas por crimes ambientais com projetos que visassem recuperar e preservar o meio ambiente. A partir de então, o projeto passou a ser divulgado aos promotores e promotoras do estado do Acre com objetivo de que integrassem a lista de projetos recomendados a receberem os recursos das transações penais.

56. As recomendações são documentos emitidos pelos membros dos ministérios públicos geralmente a órgãos públicos de outros poderes para que cumpram determinados dispositivos constitucionais ou legais. No caso em tela, a recomendação visava orientar os próprios órgãos de execução do MPAC

Paralelamente, o CAOP instaurou, em 2018, um procedimento administrativo⁵⁷ para acompanhar, no estado do Acre e nos respectivos municípios, a Política Nacional sobre Mudanças do Clima – PNMCM, instituída pela Lei Federal nº 12.187/09, no que toca à elaboração e implementação do Plano Estadual e dos Planos Municipais de Prevenção e de Controle de Desmatamento e Queimadas (PPCDQ e PPCDQm). Também foram instaurados procedimentos nas Promotorias de Justiça para acompanhamento dos planos municipais.

Diante da necessidade de monitorar e criar indicadores precisos para o acompanhamento dessas políticas, foi elaborado o “Projeto Observatório das Políticas Públicas de Variações Climáticas do Estado do Acre” – OBCLIMAC, com objetivo de fomentar a implementação dos PPCDQ estadual e municipais.

Dentre as ações do OBCLIMAC, em 2019, foi incluído o “Projeto Medidores de Qualidade do Ar do Acre”, a partir da compreensão de que o monitoramento da qualidade do ar é um componente estratégico para o monitoramento de queimadas, permitindo, inclusive, ações de combate aos incêndios pelos órgãos de fiscalização e a responsabilização dos envolvidos, além da evidente importância de fornecer dados objetivos sobre as condições da qualidade do ar.

O financiamento desta iniciativa foi possível graças ao entendimento vigente à época de que seria possível aos membros do Ministério Público a autonomia decisória na destinação de recursos provenientes de indenizações pecuniárias referentes a danos a direitos ou interesses difusos ou coletivos de multas, conforme preconizado

57. Trata-se do Procedimento Administrativo n.º 09.2018.00000216-8 do MPAC.

na Resolução nº 179 do Conselho Nacional do Ministério Público (CNMP), § 1º, do artigo 5º.

Apesar do êxito desse arranjo de financiamento, atualmente ele não poderia ser replicado. Em fevereiro de 2021, em decisão proferida pelo Ministro Alexandre de Moraes, do Supremo Tribunal Federal⁵⁸ (STF), foi proibido aos membros do Ministério Público determinar destinação de valores referentes a condenações penais e acordos administrativos ou judiciais.

Segundo o ministro Alexandre de Moraes, essas receitas, como toda e qualquer receita pública, devem ter sua destinação definida por lei orçamentária editada pelo Congresso Nacional. A decisão também veda que os montantes sejam distribuídos de maneira vinculada no âmbito de procedimentos judiciais, estabelecida ou determinada pelo Ministério Público por termos de acordo firmado entre este e o pagador ou por determinação do órgão da justiça em que tramitam esses procedimentos.

3.3 Arranjo de implementação: o papel da Fundape

Para a execução do projeto, em maio de 2018, foi firmado um Termo de Cooperação Técnica entre a Fundação de Apoio, Desenvolvimento ao Ensino, Pesquisa e Extensão (Fundape) da Universidade Federal do Acre e o MPAC, cuja idoneidade e expertise eram comprovadas por parcerias anteriores com o próprio MPAC.

58. Supremo Tribunal Federal. Arguição de Descumprimento de Preceito Fundamental 569. Distrito Federal. A íntegra do acórdão do STF está disponível em: <<http://www.stf.jus.br/arquivo/cms/noticiaNoticiaStf/anexo/ADPF569MC.pdf>>. Acesso em: 25 ago. 2021.

O objetivo da cooperação era “a implantação de medidores de fumaça – *PurpleAir PA-II-SD Dual Laser Air Sensor* em todos os municípios acreanos”. Sob a coordenação técnica do Prof. Brown, a escolha deste aparelho se deu por parte da equipe do projeto já conhecê-lo; pela sua qualidade; por seu baixo custo para aquisição e pela fácil implementação e manutenção e por sua integração e conectividade a uma rede global com os dados em nuvem e de acesso público e aberto.

Após a assinatura do Termo de Cooperação entre MPAC e Fundape, foi realizado o trabalho de campo pela equipe do CAOP, junto aos promotores e promotoras dos 22 municípios do estado com atuação no Juizado Especial Criminal, já mencionado acima. Para este trabalho foi utilizada a Recomendação Conjunta do CAOP acima mencionada e um ofício do CAOP que contextualizava a ação de monitoramento no âmbito do planejamento estratégico do MPAC e das políticas nacional, estadual e municipais sobre mudança do clima e de prevenção e controle de desmatamento e queimadas.

O objetivo era demonstrar a relevância do projeto para aferir o cumprimento de um dos objetivos estratégicos do MPAC para o período 2016/2021, bem como sua relação direta com a prevenção, combate e recuperação de danos ambientais. Nessa comunicação, o CAOP também informava aos promotores e promotoras que a adesão ao projeto seria comunicada à Corregedoria do MPAC, como forma de evidenciar sua importância para o Centro de Apoio e à própria instituição.

A concordância e apoio ao projeto por parte dos promotores e promotoras era fundamental, pois eles recomendavam aos juízes quais projetos guardavam pertinência com o interesse comum e preservação do meio ambiente. Isto porque,

mesmo com a recomendação expedida pelo CAOP, os promotores públicos possuem uma elevada discricionariedade em sua atuação em razão de independência funcional garantida pela Constituição Federal.

A ação garantiu a arrecadação de recursos suficientes para a aquisição de 30 sensores (valor por sensor à R\$ 1.327,06, com cotação do dólar de R\$ 3,74), e o pagamento pelos serviços de assessoria aduaneira e despachante, necessários para a importação dos equipamentos que não são fabricados ou comercializados no Brasil. Segundo documentos de prestação de contas apresentados pela Fundape, o valor total arrecadado foi de R\$ 49.929,80, com o qual puderam ser adquiridos 30 sensores, a um custo de R\$ 39.507,49 (já incluindo o valor dos sensores e impostos e encargos aduaneiros).

Mesmo com o comprometimento de todos os envolvidos no projeto, o processo, entre a formalização do convênio, a compra e a chegada dos equipamentos ao Acre, somou mais de 290 dias. O longo período se deu, especialmente, devido ao fato de as multas ambientais serem pagas de forma parcelada, o que levou a um período maior para arrecadar o montante suficiente para realizar uma compra única e viabilizar os custos de desembaraço na importação.

Com a soma dos esforços conjuntos e a chegada dos sensores no estado do Acre, em 23 e 24 de abril de 2019, durante o “Seminário Secas e Inundações: Construindo Soluções Globais a partir da Região MAP”, foi realizada a cerimônia simbólica de entrega dos equipamentos, que contou com a participação da maioria dos promotores e promotoras de Justiça do interior do estado e de representantes de órgãos do poder executivo estadual.

3.4 Governança do projeto

Como delineado no capítulo anterior, o arranjo de implementação que viabilizou o projeto de monitoramento da qualidade do ar no estado do Acre nasceu no bojo do movimento da sociedade civil denominado “Iniciativa MAP” e do papel proativo de atores chave que permitiram a parceria entre MPAC e UFAC.

Sua governança, contudo, poderia ser descrita como relativamente frágil do ponto de vista de estrutura de gestão e restrita em termos de permeabilidade à participação. Alguns fatores podem explicar esta condição.

Um deles, apesar de contar com o componente essencial da participação da sociedade civil, é a forma de implementação do projeto, a partir do financiamento via MPAC, com a destinação de recursos oriundos de transações penais, e sua execução pela Fundape – basicamente restrita à aquisição dos equipamentos, formalizado pelo Termo de Cooperação Técnico. Isso porque a governança do projeto espelha os termos estabelecidos no Termo de Cooperação que o formaliza. Ou seja, a governança dá-se quase que exclusivamente entre os membros do CAOP e da Fundape diretamente envolvidos no projeto, sendo permeável a outros atores apenas pela liberalidade destes. O instrumento do termo de parceria, aliás, é o único documento que traz as intenções e o objetivo do projeto, circunscrito a viabilizar a implantação dos medidores, revelando o seu caráter prático, que é próprio deste tipo de parceria.

Outro fator diz respeito à própria natureza e funções institucionais do Ministério Público que, por se tratar de órgão cujas atividades estão relacionadas à prestação da atividade jurisdicional, não há, dentre suas competências, a formulação e gestão de políticas públicas. Nesse sentido, há uma impossibilidade alheia à vontade dos atores de estabelecer mecanismos e instrumentos de gestão democrática, como os conselhos setoriais deliberativos que incidem no poder executivo das diferentes esferas de governo, instrumentos próprios da gestão de ações e políticas públicas de competência do poder executivo.

Um outro ponto a destacar é a inexistência de recursos previstos para a gestão do sistema de monitoramento, e também relacionado à ausência de instrumentos próprios de órgãos voltados à gestão para políticas públicas e que contribuem para a baixa permeabilidade na governança do projeto e para sua fragilidade institucional. Como relatado, o objeto do Termo de Cooperação restringe-se à transferência de recursos para a aquisição dos equipamentos. Nesse sentido, em que pese o apoio da Fundape por meio dos pesquisadores envolvidos no projeto para viabilizar a instalação dos equipamentos e o treinamento de funcionários nos pontos de instalação nos municípios para garantir sua mínima manutenção, o trabalho de gestão do sistema é feito de forma voluntária.

Na prática, o monitoramento do funcionamento da rede é realizado pelos pesquisadores da UFAC, especialmente os do Laboratório de Geoprocessamento Aplicado ao Meio Ambiente⁵⁹ (LabGama) do Campus Floresta em Cruzeiro do Sul, e pelos técnicos do CAOP, que acionam a rede de funcionários nos pontos de instalação

dos equipamentos via aplicativos de mensagens (*i.e. whatsapp*) quando identificam uma falha no sistema da *PurpleAir*. Estas e outras atividades, como, eventualmente, coletar os cartões de memória dos equipamentos para salvar os dados, foram incorporadas nas rotinas de trabalho dos profissionais, mas não há uma estrutura de gestão própria com recursos destinados à essas atividades fim, tampouco a previsão de instrumentos de avaliação do projeto.

Apesar da facilidade operacional, a avaliação dos atores revelou ser fundamental a previsão de recursos específicos para a manutenção, calibração e backup dos cartões de memória dos equipamentos para fins de integridade dos dados registrados. Atualmente há tão somente pontos de contato responsáveis pela resolução de ocorrências simples, de caráter operacionais, como a interrupção da conexão do sensor por uma queda de energia, por exemplo. Nesse sentido, a maior institucionalização do projeto junto aos gestores municipais seria um passo a consolidação do projeto e seu desdobramento em termos de ações voltadas à gestão da qualidade do ar.

59. Laboratório de Geoprocessamento Aplicado ao Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.ufac.br/labgama>>. Acesso em: 25 ago. 2021.

4. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS DO EQUIPAMENTO DE MONITORAMENTO – O SENSOR *PURPLEAIR* PA- II-SD

4.1 Descrição do material particulado

O dispositivo PA-II-SD é um sensor de qualidade do ar que mede a concentração de partículas – o poluente material particulado (MP) de tamanho entre 0,3 e 10 μm em suspensão no ar. Baseado nestes dados, pode-se estimar as concentrações por tamanho de partículas de diâmetro em três dimensões: o material particulado ultrafino (menores que o diâmetro de 1 μm - $\text{MP}_{1,0}$); material particulado fino (entre 1 e 2,5 μm - $\text{MP}_{2,5}$) e material particulado inalável (entre 2,5 e 10 μm - MP_{10}). A cada 80 segundos o sensor registra e transfere os dados quantitativos, que são disponibilizados em tempo real. Há também a estimativa do índice de Qualidade do Ar – IQAr, uma medida qualitativa categorizada em cores que sugere impactos em saúde. A partir destas informações é possível inferir sobre a qualidade do ar seguindo as recomendações da OMS, a qual estabeleceu limites máximos aceitáveis de concentração de material particulado, para não comprometer a saúde coletiva. As recomendações da OMS para $\text{MP}_{2,5}$ é 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para média em 24 horas e 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para média anual. No entanto, no Brasil, os padrões de qualidade do ar não correspondem a recomendação pelo órgão, encontram-se desatualizados.

O equipamento mede também umidade e temperatura, mas não mede outros poluentes. No entanto, a escolha deste poluente é certa. O MP é considerado o poluente mais nocivo para a saúde, e, portanto, de extrema importância para o monitoramento⁶⁰.

São uma mistura de partículas líquidas e sólidas em suspensão no ar, uma mistura complexa de componentes com diferentes características físicas e químicas. Devido ao seu pequeno diâmetro aerodinâmico, esse material não só permanece em suspensão na atmosfera por longos períodos, como também, ao ser inalado, pode transportar gases adsorvidos e componentes tóxicos em sua superfície até as porções mais profundas das vias aéreas. Quanto menor o seu diâmetro, maior o seu dano no organismo – além do pulmão, alcança outros órgãos. As partículas adsorvidas com elementos metálicos oxidam as células pulmonares, podendo danificar o DNA e aumentar o risco de câncer. A interação com as células pode causar também inflamação, irritação e prejuízo do fluxo de ar, aumentando o risco ou agravamento de doenças pulmonares que dificultam a respiração, como as doenças pulmonares obstrutivas crônicas (DPOC). As partículas $\text{MP}_{2,5}$ ou $\text{MP}_{1,0}$ – por serem menores, conferem maiores riscos, pois alcançam os alvéolos – pontos mais profundos do pulmão, onde ocorre a troca gasosa e podem entrar na corrente sanguínea, restringirem os vasos sanguíneos ou desencadear um trombose, o infarto do miocárdio ou acidentes vasculares cerebrais⁶¹.

Recentes pesquisas sobre a exposição prolongada ao MP apontam prognósticos mais graves e piores. As estimativas globais de mortalidade atribuíveis à poluição atmosférica por $\text{MP}_{2,5}$ foram 120% maiores que as estimativas anteriores⁶². Ademais, novos dados apontam para a associação

60. GREENSTONE, M.; FAN, C. Q. Introducing the Air Quality Life Index: Twelve Facts about Particulate Air Pollution, Human Health, and Global Policy. Air Quality Life Index, November, 2018. Disponível em: <https://aqli.epic.uchicago.edu/wp-content/uploads/2018/11/AQLI-Report.111918-2.pdf> Acesso em: 25 ago. 2021

61. Organização Mundial da Saúde (OMS). WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide: global update 2005. 2006. Disponível em: < https://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/outdoorair_agg/en/ />. Acesso em: 25 agosto de 2021.

62. Burnett, R. et al. Global estimates of mortality associated with longterm exposure to outdoor fine particulate matter. Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America – PNAS, v. 115, n. 38, p. 9592-9597, 2018. <https://doi.org/10.1073/pnas.1803222115>

independente entre a exposição a curto prazo ao MP_{10} e $MP_{2,5}$ e a mortalidade diária – um aumento de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de $MP_{2,5}$ foi associado a uma estimativa de aumento de 0,55% na mortalidade cardiovascular diária e de 0,74% na mortalidade respiratória diária⁶³.

Na região da Amazônia Legal, Artaxo et al. (1994)⁶⁴ mostraram que o MP é o poluente mais consistentemente elevado em áreas afetadas pela fumaça do fogo no Centro-Oeste, com níveis de MP_{10} até $700 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $MP_{2,5}$ até $400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e encontrados até mesmo a 3 mil km de distância.

O sensor é um contador a laser de partículas. As medições das concentrações de massa de $MP_{1,0}$, $MP_{2,5}$ e MP_{10} são calculadas a partir das contagens, em $\mu\text{g}/\text{m}^3$, com eficiência maior que 98%. O aparelho possui dois lasers integrados e vem calibrado de fábrica.

As medidas do PA-II-SD são para uso residencial, comercial ou industrial. O *wi-fi* integrado permite que o detector de qualidade do ar transmita dados para o mapa *PurpleAir*, onde são armazenados em nuvem e acessíveis publicamente. Para locais com acesso *wi-fi* limitado ou nenhum, o detector de medição PA-II-SD incorpora um cartão SD e relógio em tempo real, permitindo que o sensor registre e armazene dados localmente.

4.2 Capacidade de monitoramento (pontos positivos e negativos)

Existe uma grande discussão sobre a qualidade dos dados das medidas realizadas por sensores de baixo custo. No entanto, não é apenas a qualidade dos dados que norteia a escolha ou a utilização de um equipamento de aferição. O conjunto de características técnicas e a acessibilidade desempenha um papel importante na tomada de decisão, como exemplificado na Tabela 1. Isto porque a qualidade dos dados aferidos pode sempre ser aprimorada pelo avanço das tecnologias utilizadas nos sensores e pela calibração dos equipamentos, comparando-se aos equipamentos de referência, através de modelagem numérica etc.

Em um esforço para informar o público em geral sobre o desempenho atual dos sensores de qualidade do ar de “baixo custo” comercialmente disponíveis, o *South Coast AQMD*⁶⁵ estabeleceu o programa Centro de Avaliação de Desempenho do Sensor de Qualidade do Ar (AQ-SPEC)⁶⁶. O programa AQ-SPEC visa realizar uma caracterização completa dos sensores de baixo custo atualmente disponíveis em condições ambientais (campo) e controladas (laboratório).

A Universidade de Berkeley (*Lawrence Berkeley Lab*) também conduziu testes independentes específicos com os sensores da *PurpleAir* e concluiu que estes sensores têm um desempenho surpreendentemente bom quando comparados

63. Liu, C et al. Ambient Particulate Air Pollution and Daily Mortality in 652 Cities. *New Engl Journal of Medicine*, 2019 Aug . v. 381 (8), p.705–715. <http://dx.doi.org/10.1056/NEJMoa1817364>

64. Artaxo et al. Fine mode aerosol composition at three long-term atmospheric monitoring sites in the Amazon Basin. *Journal of Geophysical Research*, v. 99, n. D11, p. 22,957–22,868, 1994. Paper number 94JD01023. <https://doi.org/10.1029/94JD01023>

65. South Coast AQMD é a agência reguladora responsável por monitorar a qualidade do ar em grandes áreas dos condados de Los Angeles, Orange County, Riverside e San Bernardino, incluindo Coachella Valley. A região abriga mais de 17 milhões de pessoas – cerca de metade da população de todo o estado da Califórnia.

66. Air Quality Sensor Performance Evaluation Center. Maiores informações disponíveis em: <<http://www.aqmd.gov/aq-spec>>. Acesso em: 25 ago. 2021.

	Monitores de referência	Sensores de baixo custo
Faixa típica de custo de compra	\$ 15.000 a \$ 50.000	\$ 100 a \$ 2500
Despesa operacional	Cara	Barata
Localização	Fixa (construção / trailer necessário)	Portátil (proteção básica contra intempéries)
Treinamento de pessoal	Equipe técnica altamente treinada	Pouco ou nenhum treinamento
Qualidade dos Dados	Qualidade conhecida e consistente em uma variedade de condições	Menos conhecida e pode variar em diferentes condições climáticas
Vida útil operacional	10+ anos	Curto (1 ano) ou desconhecida
Uso para medidas regulatórias	Sim	Não

Tabela 1: Conjunto de características de sensores de baixo custo comparados às estações de referência.

Fonte: EPA⁶⁸

com monitores de referência⁶⁷ para medidas de material particulado.

No caso específico do sensor PA-II, o programa aqui em relato, comparou as medidas do equipamento com as medidas realizadas nas mesmas condições por um monitor de referência. Para MP_{1,0} e MP_{2,5}, o PA-II apresentou acurácia de moderada a boa, dependendo da concentração medida, e acurácia moderada para MP₁₀. Os testes também mostraram que diferentes condições climáticas têm pouco ou nenhum impacto nas medidas de umidade relativa e temperatura⁶⁹.

Vale lembrar que a portabilidade dos sensores de baixo custo e sua facilidade de instalação são fatores que por si estimulam seu contínuo uso

e contínua melhoria. Eles podem ser instalados em qualquer local que tenha um ponto de energia e uma conexão com a internet, permitindo monitoramento também da qualidade do ar interior, como em hospitais e escolas. Além disso, as lacunas espaciais na rede de monitoramento regulatório deixam grandes falhas no entendimento/monitoramento da qualidade do ar em nível local. A revolução do sensor de baixo custo acessível para o consumidor final permite o acesso a pessoas físicas e/ou entidades organizativas variadas, democratizando o conhecimento sobre a importância das medidas de qualidade do ar e permitindo monitoramento em escalas locais.

4.3 Localização e instalação das estações

Uma vez que o arranjo do projeto não comportava a previsão de orçamento para infraestrutura dedicada às atividades de gestão e manutenção dos equipamentos, a escolha dos pontos de instalação das estações se deu basicamente pelo

67. Singer BC, Delp WW. Response of consumer and research grade indoor air quality monitors to residential sources of fine particles. *Indoor Air*. 2018;28(4):624–39. <https://doi.org/10.1111/ina.12463>

68. EPA. How to Evaluate Low-Cost Sensors by Collocation with Federal Reference Method Monitors. 2018. Disponível em: https://www.epa.gov/sites/default/files/2018-01/documents/collocation_instruction_guide.pdf. Acesso em: 25 ago. 2021

69. South Coast AQMD. PurpleAir PA-II PM Sensor Background. 2018. Disponível em: <http://www.aqmd.gov/docs/default-source/air-spec/field-evaluations/purple-air-pa-ii-field-evaluation.pdf?sfvrsn=2>. Acesso em: 25 ago. 2021.

critério de viabilidade. Assim, a maior parte dos sensores foram instalados nas sedes do MPAC e em prédios públicos municipais e de instituições de ensino. As atividades relativas à manutenção periódica que, basicamente, estão relacionadas à garantia da operação dos sensores e da conectividade à rede, recaem sobre o corpo de funcionários dos órgãos sediados nos imóveis.

Os critérios básicos utilizados para a escolha dos locais de instalação dos equipamentos foram as condições para garantir seu bom funcionamento: (i) energia elétrica; (ii) internet com boa conexão; (iii) fácil acesso para o profissional capacitado realizar manutenções; e, (iv) condições ambientais adequadas para seu armazenamento.

Para a instalação, os pesquisadores da Fundape capacitaram os responsáveis pelos equipamentos em cada município e funcionários do MPAC, das

Secretarias de Meio Ambiente, Saúde e Educação e da Defesa Civil dos municípios, indicados após a solicitação pelo CAOP-MAPHU. No cenário ideal, as capacitações aconteceriam presencialmente, mas devido ao contexto de isolamento social imposto pela pandemia, elas ocorreram de forma virtual para 4 turmas e carga horária de 4 horas com a utilização de material de apoio elaborado pelos pesquisadores da UFAC. Após a capacitação, os sensores foram enviados para as sedes dos pontos de instalação, junto aos termos de recebimento e o documento tratando do passo a passo para a instalação dos sensores, feita a partir de agendamento junto ao CAOP para contar com apoio da equipe técnica da Fundape.

A tabela a seguir traz os locais dos equipamentos nos 22 municípios acreanos:

un	UNIDADE MPAC	Local de Instalação
1	Rio Branco	Sede do MP- Rio Branco
2	Mâncio Lima	Promotora de Mâncio Lima
3	Cruzeiro do Sul	Promotora de Cruzeiro
4	Feijó	Promotora de Feijó
5	Manoel Urbano	Promotora de Manoel Urbano
6	Sena Madureira	Promotora de Sena Madureira
7	Bujari	Promotora do Bujari
8	Brasileia	Promotora de Brasília
9	Senador Guiomard	Promotora de Senador Guiomard
10	Plácido de Castro	Promotora de Plácido de Castro
11	Acrelândia	Promotora de Acrelândia
12	Assis Brasil	Promotora de Assis Brasil
13	Xapuri	Promotora de Xapuri

UNIDADE FORA MPAC		
14	Assis Brasil	Delegacia de Polícia
15	Cruzeiro do Sul	CIOSP
16		UFAC
17	Epitaciolândia	Câmara Municipal
18		Escola João Pedro
19	Xapuri	Corpo de Bombeiro
20	Capixaba	Quartel
21	Brasileia	Rádio FM
22	Tarauacá	IFAC
23	Porto Acre – Vila do INCRA	Secretaria de Infraestrutura
24	Rodrigues Alves	Prefeitura Municipal
25	Marechal Thaumaturgo	Secretaria de Educação
26	Jordão	Prefeitura Municipal
27	Santa Rosa do Purus	Prefeitura Municipal
28	Sena Madureira	IFAC

Tabela 2: Localização dos sensores.

A partir da distribuição dos equipamentos e qualificação de equipe responsável pela implementação, foi iniciada a fase da instalação dos 28 sensores nos 22 municípios do estado do Acre. A atividade se revelou complexa, pois no escopo do projeto apresentado pela Fundape não houve a previsão dos insumos necessários, tais como fios elétricos, cabo coaxial, parafusos, suportes e recursos para transporte/deslocamento e alimentação. Como alternativa de enfrentamento ao problema e prova de comprometimento, novamente a interlocução com os promotores e promotoras

das comarcas e parceiros institucionais resultou na obtenção dos insumos adicionais, viabilizando assim a implementação do programa com cobertura total dos municípios.

O mapa a seguir traz os municípios do Estado do Acre e a quantidade de sensores em cada um deles.

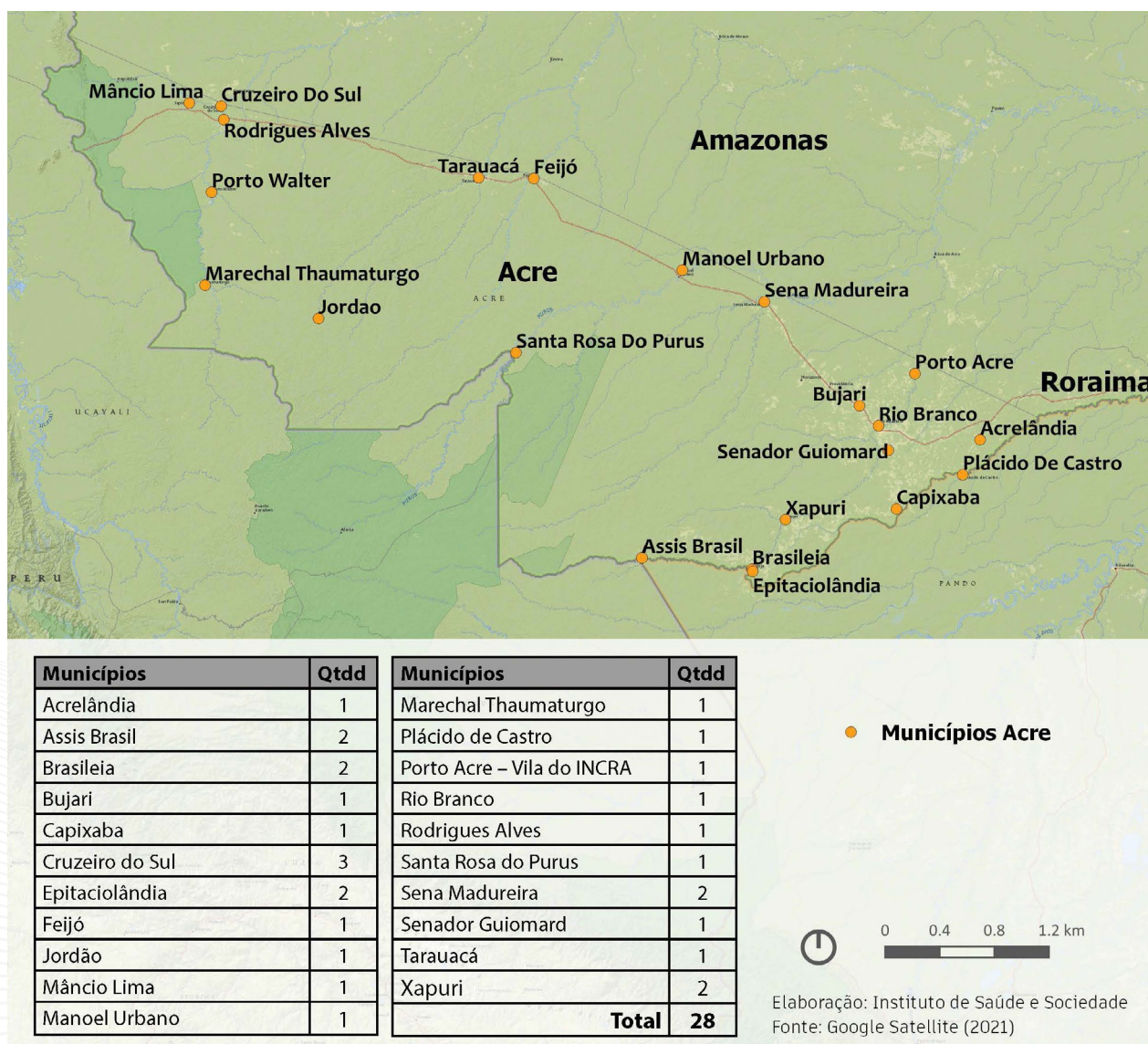


Figura 3: Municípios acreanos e quantidade de sensores de monitoramento.

5. GOVERNANÇA DE DADOS

5.1 Acesso aos dados não tratados

Os dados dos sensores são disponibilizados primariamente na plataforma criada pela empresa fabricante dos sensores⁷⁰, de forma pública, sendo possível visualizar dados de todos os equipamentos que estão conectados à internet e em tempo real. Além disso, a plataforma traz um mapa global, pois está conectada a todos os sensores em funcionamento no mundo, sendo necessário buscar aqueles de interesse. A interação, portanto, está condicionada à capacidade do usuário de lidar com esses elementos. Somado a isso, as informações estão em inglês, dificultando o acesso ao brasileiro. Por fim, não há dados sistematizados com série histórica disponíveis para pesquisa.

Há uma série de informações disponíveis sobre o monitoramento: a medida quantitativa em concentração por poluente e para os 3 poluentes; medidas de umidade e temperatura; o IQAr segundo os parâmetros – que podem ser escolhidos: da agência americana, canadense, mexicana, europeia e outras, mas não brasileira); e a orientação de saúde correspondente. Fornecem gráficos de médias de 10 minutos, 30 minutos, 1 hora, 1 dia e 1 semana em períodos que variam de dias a meses (Figura 5 e 6). Há a possibilidade de marcar os sensores de interesse ou se são de localização interna e externa.

Na Figura 5 observa-se a média das medidas a cada 10 minutos de $MP_{2,5}$, em 7 dias e de 4 estações, segundo o IQA da agência ambiental americana EPA. A Figura 6 mostra a média diária das medidas de $MP_{2,5}$, em um ano e de 6 estações, segundo o IQAr da agência europeia que possuem valores mais restritivos que o americano. Destaca-se os altíssimos níveis de concentração do poluente neste mês, agosto, que em quaisquer dos regulamentos dos países citados – Estados Unidos, países da Europa e mesmo o Brasil – trata-se de episódios críticos de poluição de ar a nível de Emergência. Diante de um episódio crítico, geralmente as autoridades locais devem ter um plano de ações para a imediata proteção da população.

70. Dados e mapas disponíveis em: <<http://www.purpleair.com/>>. Acesso em: 25 ago. 2021.

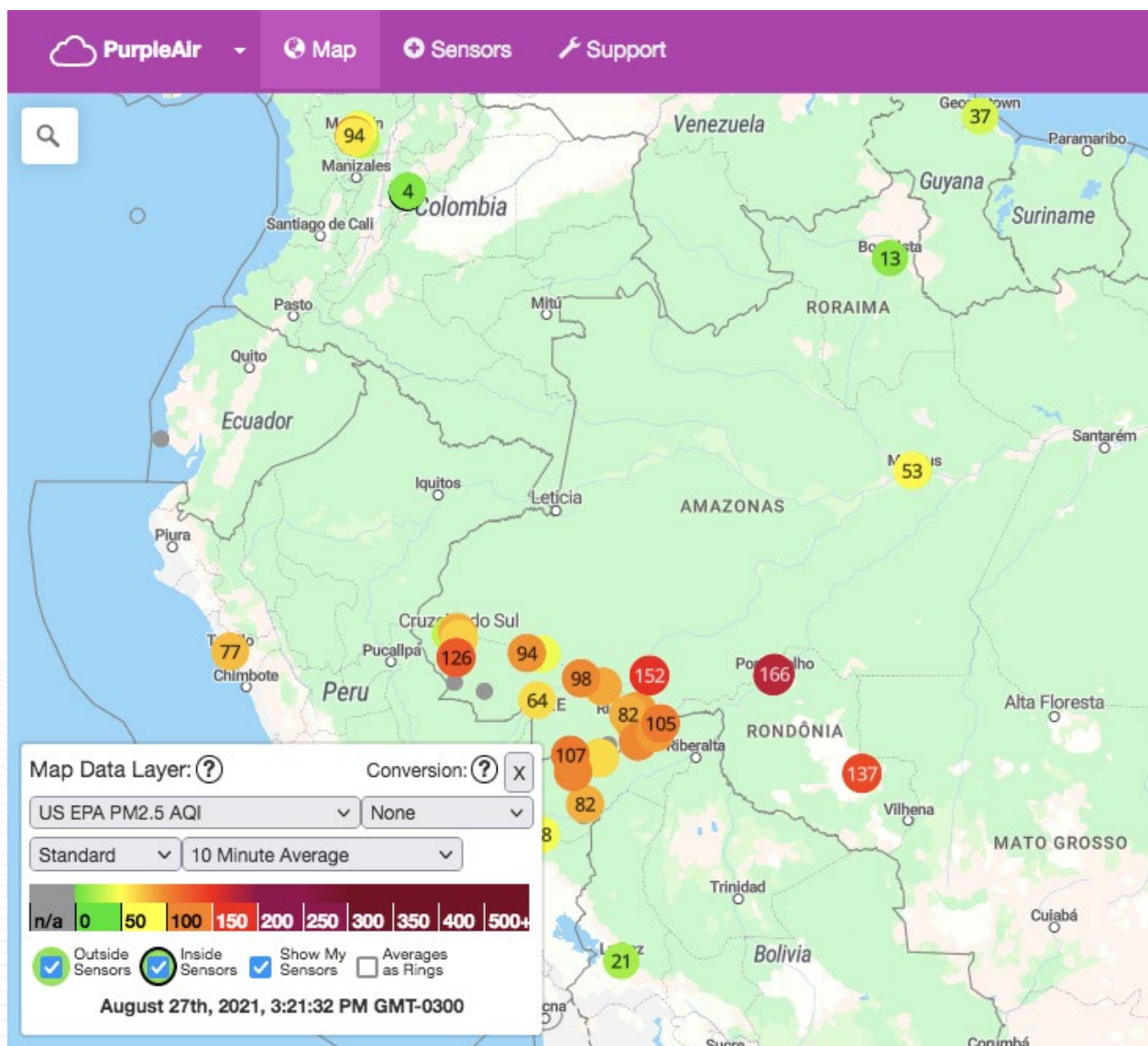


Figura 4: Imagem do mapa com sensores da Plataforma *PurpleAir* na região Amazônica e países da América do Sul.
Fonte: *PurpleAir*.

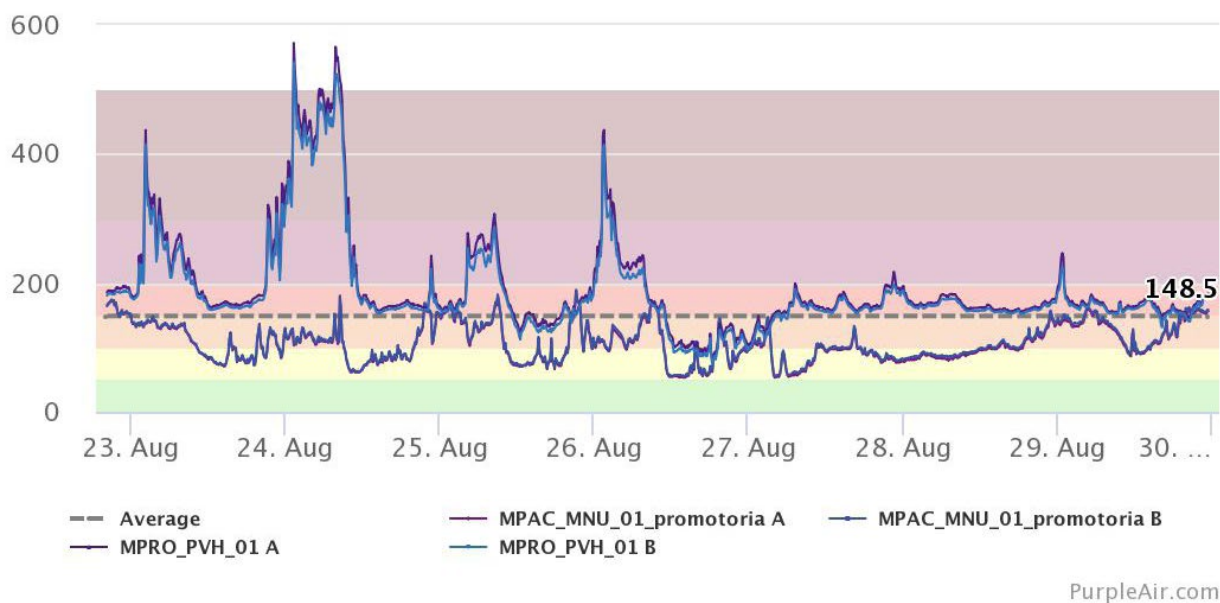


Figura 5: Gráfico gerado no site do *Purple Air*, medidas das médias de 10 minutos de 7 dias de 4 estações do programa.
Fonte: *PurpleAir*.

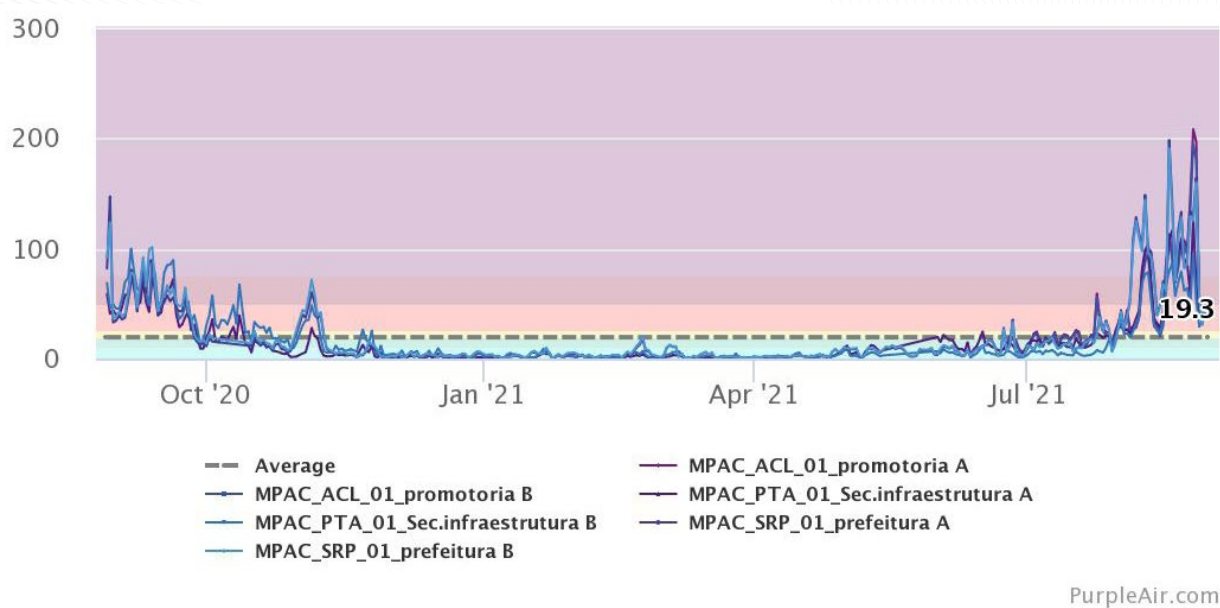


Figura 6: Gráfico gerado no site do *Purple Air*, medidas das médias diárias em um ano, segundo 6 estações do programa.
Fonte: *PurpleAir*.

5.2 Acesso aos dados tratados: Acre BioClima e Acre Qualidade do Ar

Há duas iniciativas de processamento dos dados brutos que partiram dos professores e pesquisadores da UFAC: Acre BioClima e o Acre Qualidade do Ar.

O Acre BioClima é um projeto do Grupo de Estudos e Serviços Ambientais da UFAC, sob coordenação dos Profs. Alejandro Fonseca Duarte e Francisco Alves dos Santos, que consiste na disponibilização das medidas de concentração dos poluentes $MP_{2,5}$ e MP_{10} de todos os sensores do estado em tempo real. Os dados podem ser acessados no site do projeto⁷¹, e consultados ou exportados pela utilização de um filtro por data desejada a partir da estação de monitoramento escolhida. A Figura 7 traz uma tabela da forma como é apresentada na plataforma com dados por hora da concentração de $MP_{2,5}$ e MP_{10} .

A Plataforma Acre Qualidade do Ar é desenvolvida pelo LabGama/UFAC em parceria com os projetos de pesquisa *Multi-Actor Adaptation Plan to cope with Forests under Increasing Risk of Extensive fires* (MAP-Fire) e Acre-Queimadas. Sob coordenação dos Profs. Willian Flores e Sonaiara Silva – trata-se de *website*⁷² construído no primeiro semestre de 2020 com objetivo de disponibilizar dados de monitoramento dos 28 sensores em tempo real de forma mais acessível ao público. Após o tratamento dos dados, são gerados mapas, gráficos e tabelas com informações sobre a concentração de $MP_{2,5}$ no estado e por municípios, a criticidade da qualidade do ar em relação a concentração de $MP_{2,5}$ pelo período de uma hora e a série histórica da concentração de $MP_{2,5}$ no Estado do Acre. Além disso, os dados da plataforma são utilizados pelo projeto MAP-Fire e Acre-queimadas para elaboração de relatórios e materiais de divulgação pública sobre a situação da qualidade do ar de queimadas.

Data Inicial		Data Final		
#	Dia (aaaa-mm-dd)	Hora (hh:mm)	PM2,5 ug/m3	PM10 ug/m3
5730964	2021-07-13	03:45	1.05	7.48
5730939	2021-07-13	03:40	1.05	7.48
5730914	2021-07-13	03:35	1.05	7.48
5730889	2021-07-13	03:30	1.05	7.48
5730864	2021-07-13	03:25	1.05	7.48
5730839	2021-07-13	03:20	1.05	7.48
5730814	2021-07-13	03:15	1.05	7.48
5730789	2021-07-13	03:10	1.05	7.48
5730764	2021-07-13	03:05	1.05	7.48
5730739	2021-07-13	03:00	1.05	7.48

Figura 7: Concentração horária de $MP_{2,5}$ e MP_{10} de um sensor instalado na Prefeitura de Rodrigues Alves.
Fonte: Acre BioClima.

71. Disponível em: <http://www.acrebioclima.pro.br/p_ufac.html>. Acesso em: 25 ago. 2021.

72. Disponível em: <<http://www.acrequalidadedoar.info/>>. Acessado em: 12 julho de 2021

A seguir são apresentados dois gráficos elaborados pela Plataforma. O primeiro, Figura 8, traz a concentração do $MP_{2,5}$ em Rio Branco de junho de 2019 a agosto de 2021, revelando a alta concentração desse poluente durante os períodos críticos de seca.

O segundo gráfico – Figura 9 – mostra o número de dias (em categorias de cores) de concentração de $MP_{2,5}$ acima do nível recomendado pela OMS em todos os municípios do Estado do Acre. Dado que a maioria dos municípios é pequeno e em áreas isoladas em meio à floresta amazônica, impressiona a quantidade de dias com alta concentração de $MP_{2,5}$. Observa-se, pelo mapa, as áreas do estado com maior número de ultrapassagens.

Ambas as iniciativas já são desdobramentos decorrentes do monitoramento e fundamentais para o desenvolvimento deste processo, que envolvem a organização das informações, a disponibilidade dos dados em português, o fácil acesso a este conhecimento para qualquer público de interesse. O monitoramento da qualidade do ar e a disponibilidade da informação são o primeiro passo para a pesquisa, gestão e controle de emissões.

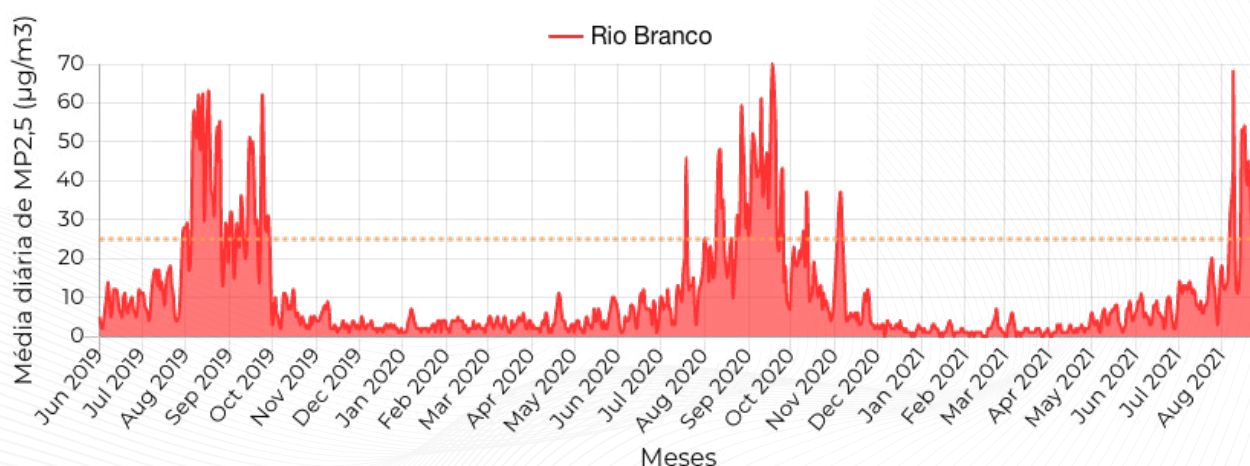


Figura 8: Concentração de material particulado em Rio Branco.

Fonte: Plataforma Acre Qualidade do Ar.

Número de dias com qualidade do ar acima do padrão recomendado pela OMS nos Municípios do Acre

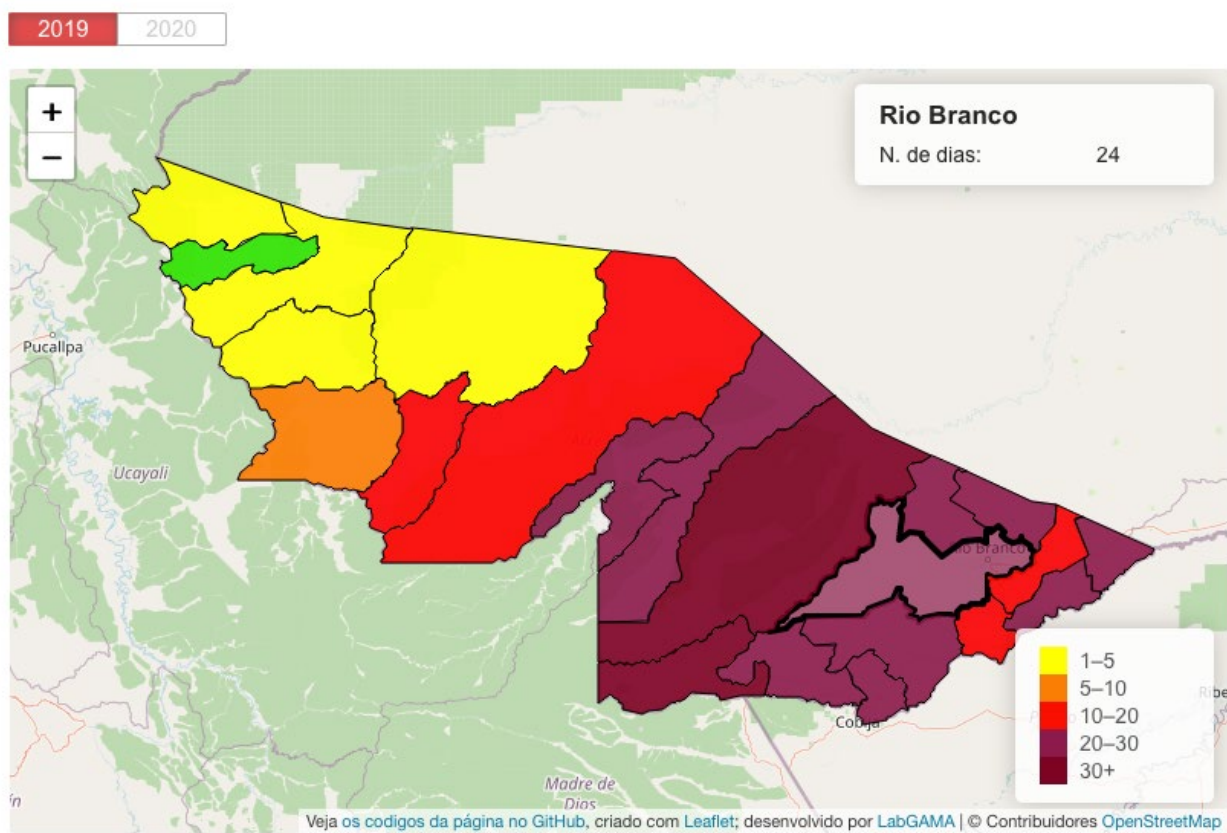


Figura 9: Número de dias com a qualidade do ar acima da concentração do poluente recomendada pela OMS.

Fonte: Plataforma Acre Qualidade do Ar.

6. IMPACTOS E DESDOBRAMENTOS

Os principais impactos e desdobramentos do monitoramento da qualidade do ar no Acre, dentro do período inicial de 2 anos de sua implementação, podem ser elencados em duas categorias.

A primeira diz respeito à produção de dados e disseminação de informação sobre a concentração do MP, permitindo a elaboração de séries históricas nos locais de medição e alertas sobre a situação da qualidade do ar.

A partir destes dados, como consequência, pesquisas e relatórios foram elaborados, dando início ao diagnóstico e acompanhamento da qualidade do ar no estado por técnicos e pesquisadores de diferentes áreas, que, por sua vez, passaram a criar um acervo crítico de evidências sobre esta importante dimensão ambiental.

A segunda pode ser caracterizada como os impactos desta produção para aumentar a conscientização sobre a questão da qualidade do ar para o meio ambiente e saúde. Dessa forma, o problema antes invisível, passa a ser visto por atores relevantes, como gestores públicos, órgãos de proteção ao meio ambiente e a própria sociedade, que passam a atuar para controlá-lo e minimizá-lo.

A seguir serão tratados os impactos e desdobramentos encontrados ao longo da pesquisa organizados a partir das categorias acima descritas.

6.1 Produção de conhecimento e divulgação da iniciativa

6.1.1 Projetos de pesquisa MAP-Fire, Acre Queimadas e a Plataforma Acre Qualidade do Ar

Os Projetos MAP-Fire⁷³ e Acre Queimadas⁷⁴ são projetos de pesquisa independentes que somam esforços para gerar dados e informações para fortalecer o conhecimento dos riscos e impactos de incêndios florestais e queimadas e subsidiar a tomada de decisão e políticas públicas a fim de mitigar a ocorrência de novos desastres associados ao uso do fogo⁷⁵.

Além do exposto, o projeto MAP-Fire também produz um boletim informativo semanal durante o período de estiagem denominado “Informe-se” que é divulgado nas redes sociais pelas contas criadas pelo projeto⁷⁶. Como mencionado, os dados de qualidade do ar da rede de monitoramento utilizados pelo boletim são os processados pelo LabGama/UFAC na Plataforma Acre Qualidade do Ar.

73. Plano de adaptação multiator para enfrentar o aumento dos riscos florestais, no inglês original: *Multi-Actor Adaptation Plan do cop with Forests under Increasing Risk of Extensive fires*. Site do projeto disponível em: <<http://www.treeslab.org/map-fire.html>>. Acesso em: 25 ago. 2021.

74. Projeto Acre Queimadas é financiado pelo CNPq/Prevfogo - Ibama Nº 33/2018, processo: 442650/2018-3. Informações disponíveis em: <<https://www.sonairasilva.org/acre-queimadas>>. Acesso em 25 ago. 2021.

75. de Oliveira Pismel, Gleiciane, et al. “Relatos de experiências dos projetos de pesquisa MAP-FIRE e Acre-Queimadas: diagnóstico e perspectivas de mitigação envolvendo a sociedade para redução do risco e de impactos associados a incêndios florestais.” *UÁQUIRI-Revista do Programa de Pós Graduação em Geografia da Universidade Federal do Acre* 2.2 (2020): 14-14. Disponível em: <<https://periodicos.ufac.br/index.php/Uaquiri/article/view/4359/2664>>. Acesso em 25 ago. 2021.

76. As redes sociais do projeto são @mapfireproject (Twitter), @mapfire.project (Instagram) e Projeto MAP-Fire (Facebook)



GESTÃO DE RISCO E IMPACTO DE INCÊNDIOS FLORESTAIS

informe-se!
06/10/2021



Se você mora na Região MAP e quer saber sobre a ocorrência de queimadas, verifique na Plataforma e informe a sua comunidade!

Acesse a Plataforma em:
<http://terrama.cemaden.gov.br/mapfire>

Queimadas na Região MAP

Nesta semana trazemos informações sobre **focos de queimadas na Região**.

A análise identificou nível de alerta máximo nos municípios de Sena Madureira, Rio Branco e Xapuri no Brasil.

Nos últimos sete dias, os municípios que apresentaram a maior quantidade de queimadas foram:

ACRE

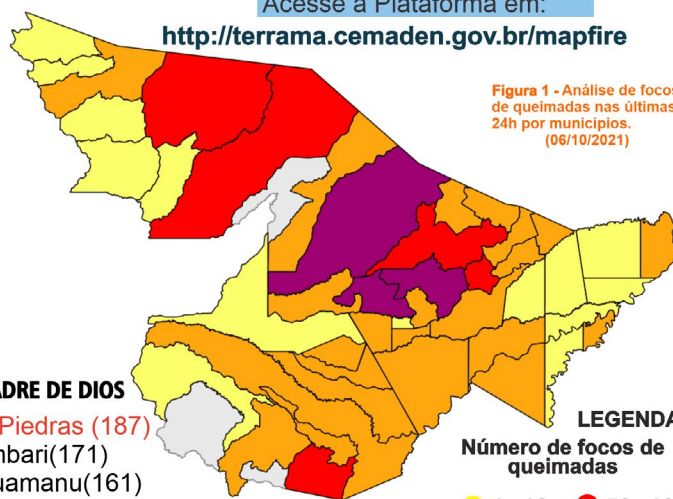
Sena Madureira (1091)
Brasileia (712)
Xapuri (667)
Rio Branco (567)

PANDO

Bella Flor (204)
Bolperra (137)
Filadelfia(124)

MADRE DE DIOS

Las Piedras (187)
Inambari(171)
Tahuamanu(161)
Tambopata (93)



Fonte: Cemaden



Média dos últimos sete dias de qualidade do ar.

A qualidade do ar média entre os dias **30 e 06 de Outubro** mostra **valores aceitáveis** ao recomendado pela Organização Mundial da saúde em diversas regiões do MAP. No geral, as condições atuais podem afetar a saúde de grupos sensíveis, especialmente aquelas que são excepcionalmente sensíveis à poluição do ar, quando expostos por mais de 24h.

Figura 2 - Média semana de qualidade do ar entre os dias 30 e 06 de setembro.

Fonte: <http://www.acrequalidadedoar.info/index.php>

Figura 10: Recorte do boletim informativo do projeto MAP-FIRE.

Fonte: MAP-FIRE.

O boletim traz um resumo dos resultados dos dados relativos à (i) queimadas na região MAP; (ii) qualidade do ar do Estado do Acre; (iii) número de dias sem chuva. Ademais, são acompanhados por um texto que explica a situação da qualidade do ar, relacionando-a aos impactos na saúde, conforme imagem acima retirada do informativo.

6.1.2 Boletim diário do monitoramento de queimadas e qualidade do ar do Acre

Desde 2019, o governo do Estado do Acre publica diariamente o “Boletim de Monitoramento de Queimadas de Qualidade do Ar na Amazônia Legal e no Acre”⁷⁷, que inclui, além de informações sobre a seca, risco de fogo e focos de calor, monitoramento da qualidade do ar ou da poluição atmosférica. O boletim tem como fonte os dados processados pelo Grupo de Estudos e Serviços Ambientais da UFAC, que integram a Rede de Monitoramento da Qualidade do Ar estabelecida pelo Ministério Público do Estado do Acre – MPAC e disponibilizados no *site* Acre BioClima⁷⁸. Ele foi produzido pela Secretaria de Estado do Meio Ambiente e das Políticas Indígenas (SEMAPI), por meio da Sala de Situação de Monitoramento Hidrometeorológico do Cigma.

77. Disponível em: <<http://sema.acre.gov.br/maio-2021-monitoramento-queimadas/>>. Acessado em: 12 julho de 2021.

78. Disponível em: <<http://www.acrebioclima.pro.br/index.html>>. Acesso em 25 ago. 2021.

6.1.3 Relatório da qualidade do ar do Estado do Acre – 2019

O relatório “Monitoramento da qualidade do ar no Estado do Acre – 2019”⁷⁹ é uma iniciativa conjunta dos projetos (i) Acre-Queimadas⁸⁰ e do Observatório das Políticas Públicas de Variações Climáticas do Estado do Acre do Ministério Público do Acre MPAC (OBCLIMAC-MPAC).

Este relatório é de autoria dos pesquisadores da UFAC e da equipe técnica do CAOP, e baseia-se nos dados do monitoramento da rede de sensores de baixo custo instalada nos 22 municípios acreanos e produzidos entre junho e dezembro de 2019. Neste período, o relatório também evidencia níveis de concentração do poluente $MP_{2,5}$ acima dos níveis recomendados pela OMS para a proteção da saúde da população – em 21 dias – ao longo do período medido e em todos os municípios (Figura 11). O Relatório mostra também a existência de falhas no monitoramento devido a diferentes causas como falta de sinal de internet, falta de energia elétrica e outras, que em alguns municípios chegou a comprometer a análise dos dados.

A Figura 12 ilustra o número de dias de ultrapassagens das concentrações do poluente recomendadas pela OMS em cada município, dentre o período de junho a dezembro de 2019.

79. Melo AWF de, Silva SS da, Anderson LO, Nascimento VML do, Freitas MF de, Duarte AF, et al. Monitoramento da qualidade do ar em 2019 no Estado do Acre. Cruzeiro do Sul; 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/340540446_Monitoramento_da_qualidade_do_ar_em_2019_no_Estado_do_Acre. Acesso em 25 ago. 2021.

80. Acre-Queimadas: Incêndios florestais e queimadas no Estado do Acre: análise da extensão, nível de degradação e cenários futuros, financiado pelo CNPQ, IBAMA e Ibama PrevFogo (CNPq/Prevfogo - Ibama Nº 33/2018, processo: 442650/2018-3).

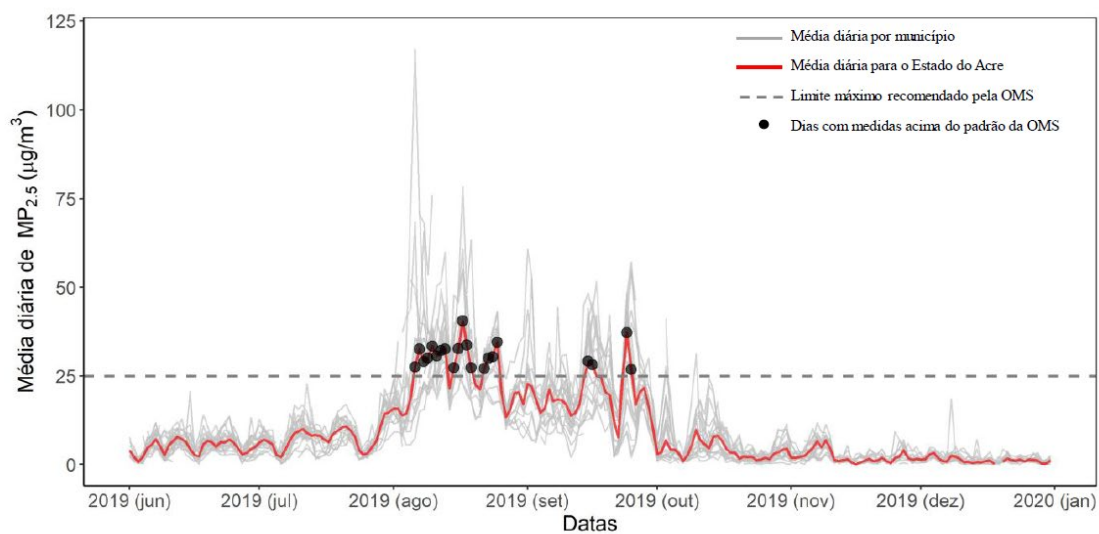


Figura 11: Padrão de variação temporal da concentração de material particulado no Estado do Acre, pela média diária de MP_{2,5} para todos os municípios.

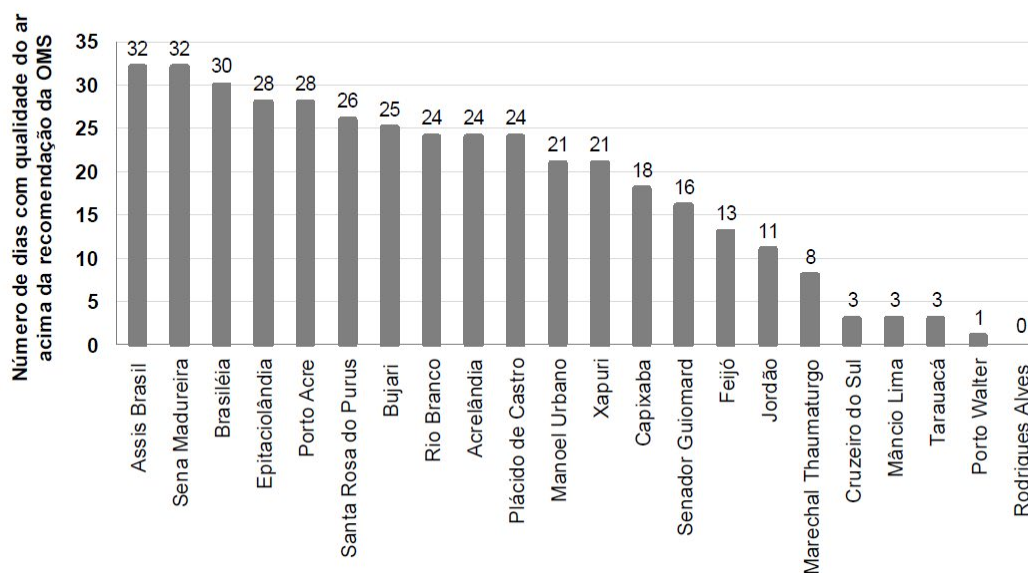


Figura 12: Número de dias de ultrapassagens das concentrações do MP_{2,5} recomendadas pela OMS em cada município.

6.1.4 Relatório “Monitoramento de Queimadas e Qualidade do Ar” da SEMAPI-AC

Publicado em 2020⁸¹, o relatório de “Monitoramento de Queimadas e Qualidade do Ar”, produzido pela Secretaria de Meio Ambiente e das Políticas Indígenas do Estado Acre (SEMAPI-AC), traz os dados de incêndios na Amazônia Legal e no Estado do Acre e o monitoramento da seca, o risco de fogo, a avaliação de áreas queimadas em perímetro urbano, o acompanhamento de fumaça e da poluição atmosférica.

Os dados de monitoramento de incêndios na Amazônia Legal foram obtidos através do monitoramento por satélites, entretanto os dados relativos ao território do Acre receberam uma complementação de qualidade do ar advinda da rede de monitoramento de sensores de baixo custo.

POLUIÇÃO ATMOSFÉRICA

Qualidade do Ar - Rio Branco

O gráfico da **Figura 9** demonstra a **concentração de material particulado (PM 2,5)** às 10h35min do dia anterior (**20/07/2020**) até 10h35min do dia atual (**21/07/2020**), na área urbana do município de Rio Branco. As leituras foram obtidas através de equipamentos de monitoramento da qualidade do ar disponibilizados pelo Grupo de Estudos e Serviços Ambientais da Universidade Federal do Acre – UFAC, parte da Rede de Monitoramento da Qualidade do Ar estabelecida pelo Ministério Público do Estado do Acre - MPAC, cujos dados podem ser acessados no [sítio www.purpleair.com](http://www.purpleair.com).

Figura 9 – Gráfico de material Particulado PM 2,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

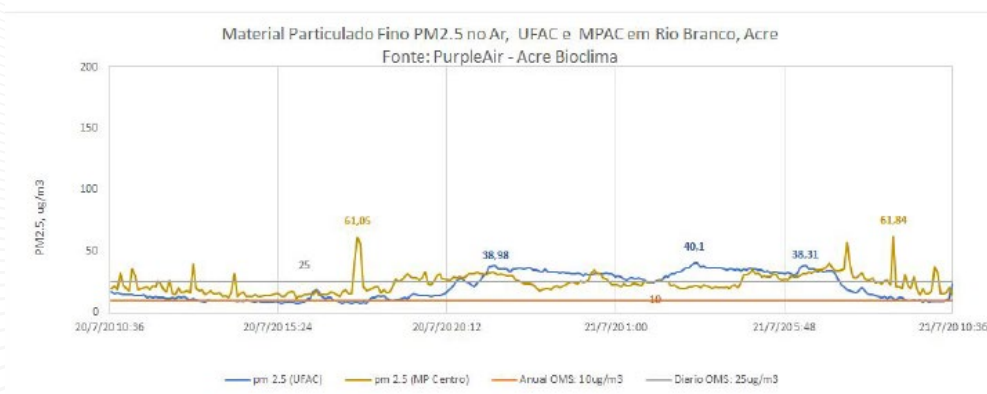


Figura 13: Trecho do relatório da SEMAPI-AC com gráfico de concentração de MP2,5.
Fonte: SEMAPI, e AcreBioclima.

81. SEMAPI-AC. Monitoramento de queimadas e qualidade do ar. Rio Branco; 2020. Disponível em: <http://sema.acre.gov.br/wp-content/uploads/sites/20/2020/07/Relatório-de-Queimadas_2020_07_21_N53.pdf>. Acesso em 25 ago. 2021.

6.2 Impacto sobre a tomada de consciência sobre o problema da qualidade do ar

6.2.1 Relação entre as queimadas, os incêndios e a qualidade do ar para fins de atuação estatal

A conexão entre as queimadas e incêndios e o monitoramento da qualidade do ar é de extrema importância. Isto porque, atualmente a legislação brasileira não classifica como um desastre as queimadas, mas tão somente os incêndios florestais.

A diferenciação prática entre queimadas e incêndios reside especialmente no fato de a queimada ser utilizada intencionalmente como prática agropastoril ou florestal que se vale do fogo para viabilizar a agricultura ou renovar as pastagens. A legislação ambiental prevê o seu uso, mediante autorização do órgão ambiental competente⁸². Já o incêndio florestal é o fogo sem controle, que incide sobre qualquer forma de vegetação, podendo tanto ser provocado pelo homem (intencional ou negligência), quanto por uma causa natural, como os raios solares ou descargas elétricas atmosféricas.

Incêndio florestal é categorizado como desastre, nos termos da Instrução Normativa 36/2020 do Ministério do Desenvolvimento Regional⁸³. A Classificação e Codificação Brasileira de De-

sastres – Cobrade considera incêndio florestal como desastre natural, do grupo climatológico e do subgrupo de seca. Esta classificação é o que permite, por exemplo, o reconhecimento da declaração de situação de emergência ou estado de calamidade pública por municípios, estados e Distrito Federal pelo Governo Federal para obter o auxílio federal⁸⁴, inclusive em razão dos impactos na qualidade do ar. Em síntese, a qualificação dos incêndios como desastre tem como consequência torna-los objeto de atuação estatal a fim de preveni-los e combater-los, ou seja, de políticas públicas específicas.

Em sentido contrário, a queimada, apesar de ser objeto de regulamentação, não é vista como um problema relevante em termos de degradação ambiental, seja ela da vegetação ou da atmosfera, nem como um fator relevante de emissões para fins de mudança climática.

O que a rede de monitoramento da qualidade do ar possibilitou a projetos como o MAP-Fire e Acre-Queimadas, segundo as entrevistas com os pesquisadores, foi demonstrar que as queimadas nas áreas rurais, autorizadas ou não, também degradam a qualidade do ar, acarretando nos graves impactos na saúde gerados pelas emissões de poluentes e agravamento da mudança climática. Como resultado prático, os pesquisadores redigiram a Nota Técnica “Covid-19 e queimadas: um duplo desafio ao Sistema Único de Saúde”⁸⁵, que busca demonstrar a preocupação do aumento extremo da poluição do ar devido às queimadas

82. Brasil. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais. Portaria nº 94-N, de 9 de julho de 1998. Institui a queima controlada, como fator de produção e manejo em áreas de atividades agrícolas, pastoris ou florestais, assim como com finalidade de pesquisa científica e tecnológica, a ser executada em áreas com limites físicos preestabelecidos. *Diário Oficial da União*. Brasília, DF. Disponível em: <http://ibama.gov.br/phocadownload/prevfogo/legislacao/portaria_ibama_94_n_98.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2021.

83. Brasil. Ministério de Desenvolvimento Regional. Instrução Normativa 36, de 4 de dezembro de 2020. *Diário Oficial da União*. Brasília, DF. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-n-36-de-4-de-dezembro-de-2020-292423788>>. Acesso em: 25 ago. 2021.

84. A condição de SE ou ECP dá acesso ao auxílio federal complementar, rol de instrumentos para a gestão da crise, tais como: empréstimos compulsórios, desapropriações, dispensa de licitação, transferência obrigatória para ações de resposta e reconstrução, dentre outros.

85. Willian A, Melo F De, Silva S, Anderson LO. Covid-19 e queimadas: um duplo desafio ao sistema único de saúde. 2020. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/341255603_COVID-19_e_queimadas_um_duplo_desafio_ao_sistema_unico_de_saude>. Acesso em 25 ago. 2021.

na Amazônia Legal durante os meses de maio a novembro e o provável aumento da incidência de casos de Covid-19 e faz recomendações, como a proibição de queimadas, exceto às de subsistência e durante o período de final da estação seca (outubro), a fim de evitar coincidência com o pico epidêmico de Covid-19. De fato, pesquisadores de Harvard apontam que a exposição a maior concentração de poluentes a longo prazo e a curto prazo acarretou o aumento do agravamento dos casos e a taxa de mortalidade por Covid-19⁸⁶.

Nesse sentido, uma rede observacional da qualidade do ar oferece uma oportunidade não só de pesquisa, mas de contar com este monitoramento da qualidade do ar, inclusive para combater percepções equivocadas ou notícias falsas ou de que o fogo da Amazônia não gera impactos na população – e não apenas nos moradores da localidade, como em escalas nacionais e transfronteiriças.

6.2.2 Ações de órgãos públicos

Devido à recente implementação de monitoramento da qualidade do ar, as ações dos órgãos públicos relacionadas com o projeto encontram-se em estágio embrionário. As iniciativas são difusas e com baixa institucionalização, por essa razão, a maior parte das informações levantadas advém das entrevistas realizadas ao longo do projeto:

- Ações de combate aos incêndios: a relação direta entre a piora da qualidade do ar e os incêndios ilegais permitiram ações de combate aos incêndios pelos órgãos de fiscaliza-

ção municipais e estaduais. Além de relatada em entrevistas, esta informação consta no Boletim Informativo da Comissão do Meio Ambiente do Conselho Nacional do Ministério Público (edição nº1 – janeiro a agosto /2020), na seção destinada à divulgação de boas práticas das unidades do Ministério Público brasileiro⁸⁷. Ressalta-se que os equipamentos não têm essa função precípua, mesmo porque são diretamente impactados por fatores como a direção do vento, que pode impedir a detecção da fumaça gerada pelos incêndios em um mesmo município.

- Aumento do conhecimento sobre o problema da qualidade do ar nos governos do Acre e municípios: o Boletim Diário produzido pela SEMAPI-AC e que, antes do projeto, tratava apenas das queimadas, passou a divulgar as informações referentes à concentração de material particulado identificado nos sensores de monitoramento de Rio Branco. Esta iniciativa tornou concreto o problema da qualidade do ar e sua relação com as queimadas, alcançando, inclusive, o Gabinete do Governador. As secretarias de meio ambiente dos municípios também passaram a receber as informações sobre a qualidade do ar, resultando em iniciativas como as ações de fiscalização de combate aos incêndios e queimadas ilegais acima relatadas.

6.2.3 Nota Técnica do Conselho Nacional do Ministério Público

A Nota Técnica emitida pela Comissão de Meio Ambiente do Conselho Nacional do Ministério

86. Wu, x. et al. Exposure to air pollution and COVID-19 mortality in the United States: A nationwide cross-sectional study. Harvard University, abril 2020. Disponível em: <<https://projects.iq.harvard.edu/covid-pm>>. Acesso em: 25 de agosto de 2021.

87. Disponível em: <<https://www.cnmp.mp.br/portal/institucional/comissoes/comissao-de-meio-ambiente/boletim-cma>>. Acesso em: 25 ago. 2021.

Público (CNMP), em abril de 2020, teve como objetivo subsidiar a atuação dos Ministérios Públicos de todo o Brasil na área ambiental para o enfrentamento da crise da Covid-19 e dos incêndios florestais a partir de direcionamentos técnicos. Dentre os direcionamentos foi indicado a iniciativa do MPAC de “criação de Rede de Monitoramento de Qualidade do Ar como um modelo a ser seguido com objetivo de possibilitar o acompanhamento das queimadas em tempo real e o acionamento dos órgãos de fiscalização competentes para o combate ao incêndio”⁸⁸.

6.3 Prêmio INNOVARE

O Prêmio Innovare, do Instituto Innovare⁸⁹, destaca as boas iniciativas do sistema de justiça brasileiro, idealizadas e colocadas em prática por advogados, defensores, promotores, magistrados e por profissionais interessados em aprimorar a Justiça brasileira. Tem como objetivo o reconhecimento e a disseminação de práticas transformadoras que se desenvolvem no interior do sistema de Justiça do Brasil, independentemente de alterações legislativas. Identifica ações concretas que signifiquem mudanças relevantes em antigas e consolidadas rotinas e que possam servir de exemplos a serem implantados em outros locais. Em 18 anos, foram premiadas 240 práticas, entre mais de 7,5 mil trabalhos, em diferentes áreas da atuação jurídica.

88. CNMP. Nota Técnica nº 1/2020 – CMA, de 28 de abril de 2020. Disponível em: <<https://www.cnmp.mp.br/portal/institucional/comissoes/comissao-de-meio-ambiente/atuacao/atos-normativos/notas-tecnicas>>. Acesso em: 25 ago. 2021.

89. Maiores informações sobre o Instituto Innovare disponível no website da instituição: <<https://www.premioinnovare.com.br/>>. Acesso em: 25 ago. 2021.

Em 2020, a iniciativa da criação da rede de monitoramento do Acre concorreu ao prêmio na categoria Ministério Público⁹⁰, sendo uma das práticas homenageadas⁹¹.

6.4 Ampliação da rede de monitoramento para a Amazônia Legal

No decorrer da experiência de funcionamento da rede de monitoramento do MPAC, em 2020, a instituição norte-americana *Woodwell Research Center*⁹² fez uma doação de 17 novos sensores para o MPAC com objetivo de abranger todos os estados que integram a Amazônia Legal. O MPAC, ainda em 2020, repassou e fez um treinamento com os Ministérios Públicos dos estados amazônicos.

Ainda a *Woodwell Research*, em parceria com Instituto de Pesquisa Ambiental da Amazônia – IPAM, no âmbito das iniciativas realizadas pelas instituições para combate ao desmatamento e incêndios, inseriu no escopo de ações a instalação dos sensores de baixo custo de monitoramento da qualidade do ar em aldeias indígenas da Amazônia. A ação será feita em parceria com a Coordenação das Organizações Indígenas da Amazônia Brasileira – COIAB, com objetivo de ampliar a cobertura da rede de monitoramento em tempo real que dissemina informações sobre os impactos dos incêndios para atores relevantes da região Pan-Amazônica, incluindo agora informações em tempo real sobre a qualidade do ar nas terras indígenas. Segundo a coordenação

90. Maiores informações sobre o prêmio disponível em: <<https://www.premioinnovare.com.br/edicoes/2020/>>. Acesso em: 25 ago. 2021.

91. Informações sobre a 17a edição disponível em: <<https://www.premioinnovare.com.br/edicoes/17a-edicao/2/>>. Acesso em: 25 jan. 2021.

92. Website da instituição disponível em: <<https://www.woodwellclimate.org/>>. Acesso em: 25 ago. 2021.

do projeto, os sensores já foram adquiridos e aguardam o processo de desembaraço aduaneiro.

Outra iniciativa de ampliação do monitoramento da qualidade do ar ocorreu no âmbito da OTCA, que em 2020, aprovou um projeto de aquisição de sensores submetido pela SEMAPI-AC, que permitirá que a rede de monitoramento se expanda no próprio estado do Acre e nos municípios da região MAP transfronteiriça. O projeto encontra-se em fase inicial de execução pela OTCA e SEMAPI-AC.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto da rede de monitoramento da qualidade do ar no Estado do Acre revela o engajamento dos atores da sociedade civil e do Estado para viabilizar ações determinadas e previstas há décadas em normas e regulamentos não cumpridas. Não obstante, é preciso haver espaço de diálogo e disposição política dos tomadores de decisão para que tais atuações possam vir a ocorrer.

Apesar dos esforços dos envolvidos, do resultado positivo e dos ganhos advindos da implementação da rede, o arranjo de financiamento utilizado não pode ser mais replicado em função da decisão do STF que sedimentou a inconstitucionalidade da utilização de recursos oriundos de processos do Sistema de Justiça (*e.g.*, acordos, multas, condenações) pelo Ministério Público.

Mesmo em tão pouco tempo de funcionamento dos sensores e ainda considerando os obstáculos impostos durante o isolamento social decorrente da pandemia, os impactos expressivos do projeto comprovam a efetividade da experiência.

A possibilidade de sua replicação, potencializada pelo baixo custo de aquisição e manutenção dos equipamentos, bem como sua relativa simplicidade em termos operacionais, o qualifica como um exemplo de boa prática.

Não se trata, portanto, de substituir equipamentos mais robustos pelos sensores de baixo custo, mas a experiência demonstra que a acessibilidade do sistema de monitoramento no Acre permitiu uma mudança qualitativa no ecossistema de atores diretamente ligados à política pública ambiental, viabilizando um início de gestão da qualidade do ar no estado, com perspectivas promissoras para sua consolidação, aprimoramento e ampliação.

Destacam-se a motivação e o envolvimento dos mais variados atores e suas inúmeras iniciativas da organização dos dados e da comunicação destas informações, permitindo a oportunidade de acesso, visibilidade, conscientização e apropriação do problema para, enfim, a tomada de decisões e ações proativas.

Além disso, os desdobramentos e impactos relatados demonstram sua efetividade, assim como a cadeia de benefícios adquiridos. Apontam também o potencial para alcançar os objetivos maiores advindos do monitoramento da qualidade do ar e do controle da poluição: a proteção da saúde e do meio ambiente, especialmente para a preservação dos biomas e o combate à mudança do clima.

De forma clara, acessível e evidente em tempo real, escancara aos olhos os altíssimos níveis de concentração de poluentes atrelados às queimadas, os mais altos de todo o país, e o enorme prejuízo à saúde da população – local e distante. É importante destacar que a poluição detectada na região se enquadra na categoria de episódios críticos no nível de emergência, se igualando aos piores encontrados no planeta, como da China. As autoridades em saúde, o governo estadual e prefeituras devem ter um plano emergencial de ações imediatas para a salvaguarda e a assistência da saúde da população.

Se antes foi necessária a atitude do MPAC em desbravar este caminho sem volta, ou seja, o monitoramento da qualidade do ar e a produção de evidências irrefutáveis, agora está nas mãos do poder legislativo e executivo a construção de políticas públicas eficazes e o seu cumprimento para gerir e sanar o problema.

Ademais, atividades da natureza preventiva e fiscalizatória, como a de monitoramento da qualidade do ar, são notadamente de atribuição do poder executivo. Nesse sentido, os órgãos públicos ambientais devem tomar para si a responsabilidade de implementar e gerir a rede de monitoramento, como definido no Pronar.

Finalmente, o arranjo para a viabilização do projeto demonstra também a fragilidade e a baixa efetividade da política pública de qualidade do ar estabelecida em normas infralegais (resoluções Conama). Evidencia-se a importância de legislação própria e com instrumentos adequados para condicionar a administração pública a agir de modo a formular e implementar a Política Nacional de Gestão da Qualidade do Ar.

Salienta-se a iniciativa do Ministério Público, desde a citada pesquisa do monitoramento de qualidade do ar nacional, que deflagrou este estudo de caso, quanto da implementação de uma rede com equipamentos de baixo custo no Acre. Cumpre, e vai além, o seu papel de proteger os princípios e interesses fundamentais da sociedade.

Resta-nos, aos protagonistas e executores deste projeto, parabenizá-los pelo esforço hercúleo em implementar um projeto de monitoramento de forma efetiva e que já mostra exitosos resultados com o envolvimento de tantos públicos de interesse e em um breve período – o que, indubitavelmente, servirá de inspiração e exemplo aos demais estados ou municípios.

REFERÊNCIAS

Air Quality Sensor Performance Evaluation Center. Disponível em: <<http://www.aqmd.gov/aq-spec>>. Acesso em: 25 ago. 2021.

Alves, L. Surge of respiratory illnesses in children due to fires in Brazil's Amazon region. *The Lancet Respiratory Medicine*, [S.L.], v. 8, n. 1, p. 21-22, jan. 2020. Elsevier BV. [http://dx.doi.org/10.1016/s2213-2600\(19\)30410-2](http://dx.doi.org/10.1016/s2213-2600(19)30410-2)

Araujo, JM de. Estudo da poluição atmosférica no estado de São Paulo associada ao material particulado a partir de satélite. UNIFESP; 2019. Disponível em: <<https://repositorio.unifesp.br/handle/11600/55936>>. Acesso em: 25 ago. 2021.

Artaxo et al. Fine mode aerosol composition at three long-term atmospheric monitoring sites in the Amazon Basin. *Journal of Geophysical Research*, v. 99, n. D11, p. 22,957-22,868, 1994. Paper number 94JD01023. <https://doi.org/10.1029/94JD01023>

Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Portaria n° 386, de 23 de agosto de 2021. Institui o Sistema Nacional de Gestão da Qualidade do Ar - MonitorAr e o Programa Nacional Ar Puro. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/portaria-mma-n-386-de-23-de-agosto-de-2021-340732559>>. Acesso em: 25 ago. 2021.

Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Programa Nacional de Controle de Qualidade do Ar - PRONAR. Brasília, DF. Disponível em: <https://antigo.mma.gov.br/estruturas/163/_arquivos/Pronar_163.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2021

Brasil. Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais. Portaria n° 94-N, de 9 de julho de 1998. Institui a queima controlada, como fator de produção e manejo em áreas de atividades agrícolas, pastoris ou florestais, assim como com finalidade de pesquisa científica e tecnológica, a ser executada em áreas com limites físicos preestabelecidos. *Diário Oficial da União*. Brasília, DF. Disponível em: <http://ibama.gov.br/phocadownload/prevfogo/legislacao/portaria_ibama_94_n_98.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2021.

Brasil. Ministério de Desenvolvimento Regional. Instrução Normativa 36, de 4 de dezembro de 2020. *Diário Oficial da União*. Brasília, DF. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-n-36-de-4-de-dezembro-de-2020-292423788>>. Acesso em: 25 ago. 2021.

gov.br/en/web/dou/-/instrucao-normativa-n-36-de-4-de-dezembro-de-2020-292423788>. Acesso em: 25 ago. 2021.

Brown IF, Duarte AF, Torres M, Ascorra C, Reyes JF, Rioja-ballivián G, et al. Monitoramento de fumaça em tempo real mediante sensores de baixo custo instalados na Amazônia Sul-Occidental. In: Anais do XIX Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. 2019. p. 2658–61. Disponível em: <https://proceedings.science/sbsr-2019/papers/monitoramento-de-fumaca-em-tempo-real-mediante-sensores-de-baixo-custo-instalados-na-amazonia-sul-occidental>. Acesso em 25 ago. 2021.

Burnett, R. et al. Global estimates of mortality associated with longterm exposure to outdoor fine particulate matter. *Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America - PNAS*, v. 115, n. 38, p. 9592-9597, 2018. <https://doi.org/10.1073/pnas.1803222115>

CNMP. Nota Técnica n° 1/2020 – CMA, de 28 de abril de 2020. Disponível em: <<https://www.cnmp.mp.br/portal/institucional/comissoes/comissao-de-meio-ambiente/atualizacao/atos-normativos/notas-tecnicas>>. Acesso em: 25 ago. 2021.

Comissão Européia. Measuring air pollution with low-cost sensors. Vol. 2, Measuring Air Pollution With Low-Cost Sensors. 2018.

EPA. How to Evaluate Low-Cost Sensors by Collocation with Federal Reference Method Monitors. 2018. Disponível em: https://www.epa.gov/sites/default/files/2018-01/documents/collocation_instruction_guide.pdf. Acesso em: 25 ago. 2021

Greenstone, M.; Fan, C. Q. Introducing the Air Quality Life Index: Twelve Facts about Particulate Air Pollution, Human Health, and Global Policy. *Air Quality Life Index*, November, 2018. Disponível em: <https://aqli.epic.uchicago.edu/wp-content/uploads/2018/11/AQLI-Report.111918-2.pdf> Acesso em: 25 ago. 2021

Human Rights Watch, IPAM, IEPS 2020. “O Ar é Insuportável” Os impactos das queimadas associadas ao desmatamento da Amazônia brasileira na saúde. Disponível em: <https://www.hrw.org/pt/report/2020/08/26/376135>. ISBN: 9781623138479

IBGE. Amazônia Legal. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/geociencias/cartas-e-mapas/mapas-regionais/15819-amazonia-legal.html?=&t=o-que-e>>. Acesso em: 25 ago. de 2021.

Ignotti, E.; Hacon, S. de S.; Junger, W. L.; Mourão, D.; Longo, K.; Freitas, S.; Artaxo, P.; Leon, A. C. M. P. de. Air pollution and hospital admissions for respiratory diseases in the subequatorial Amazon: a time series approach. *Cadernos de Saúde Pública*, [S.L.], v. 26, n. 4, p. 747-761, abr. 2010. *FapUNIFESP (SciELO)*. <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-311x2010000400017>

INPE. Dados da Plataforma do Programa Queimadas. Disponível em: <https://queimadas.dgi.inpe.br/queimadas/portal-static/estatisticas_estados/>. Acesso em: 25 ago. 2021.

INPE. Qualidade do ar. Disponível em: <<http://meioambiente.cptec.inpe.br/>>. Acesso em: 25 ago. 2021.

INPE. Monitoramento do Transporte de Poluição Antropogênica e de Queimada na América do Sul. Disponível em: <http://meioambiente.cptec.inpe.br/modelo_cat_tbrams.php?lang=pt#model_comparison>. Acesso em: 25 ago. 2021.

Instituto Saúde e Sustentabilidade. Avaliação do impacto da implementação da fase P-8 do PROCONVE para a frota de veículos pesados na saúde pública com sua respectiva valoração econômica em seis regiões metropolitanas brasileiras. São Paulo; 2019. Disponível em: <https://www.saudeesustentabilidade.org.br/wp-content/uploads/2019/06/PROCONVE_ISS_ICCS_2019.pdf>. Acesso em 25 ago. 2021.

Instituto Saúde e Sustentabilidade. Monitoramento da qualidade do ar no Brasil. 2014. Disponível em: <<http://www.saudeesustentabilidade.org.br>>. Acesso em: 25 ago. 2021.

Instituto Saúde e Sustentabilidade. Análise do monitoramento da qualidade do ar no Brasil. São Paulo; 2019. Disponível em: <<https://www.saudeesustentabilidade.org.br/publicacao/analise-do-monitoramento-de-qualidade-do-ar-no-brasil-2019/>>. Acesso em: 25 ago. 2021.

Jacobson, L. da S. V.; Hacon, S. de S.; Castro, H. A. de; Ignotti, E.; Artaxo, P.; Leon, A. C. M. P. de. Association between fine particulate matter and the peak expiratory flow of schoolchildren in the Brazilian subequatorial Amazon: a panel study. *Environmental Research*, [S.L.], v. 117, p. 27-35, ago. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.envres.2012.05.006>.

Laboratório de Geoprocessamento Aplicado ao Meio Ambiente. Disponível em: <<http://www.ufac.br/labgama>>. Acesso em: 25 ago. 2021.

Liu, C et al. Ambient Particulate Air Pollution and Daily Mortality in 652 Cities. *New Engl Journal of Medicine*, 2019 Aug , v. 381 (8), p.705-715. <http://dx.doi.org/10.1056/NEJMoa1817364>

Mascarenhas, M. D. M.; Vieira, L. C.; Lanzieri, T. M.; Leal, A. P. P. R.; Duarte, A. F.; Hatch, D. L. Poluição atmosférica devida à queima de biomassa florestal e atendimentos de emergência por doença respiratória em Rio Branco, Brasil - Setembro, 2005. *Jornal Brasileiro de Pneumologia*, [S.L.], v. 34, n. 1, p. 42-46, jan. 2008. *FapUNIFESP (SciELO)*. <http://dx.doi.org/10.1590/s1806-37132008000100008>

Melo AWF de, Silva SS da, Anderson LO, Nascimento VML do, Freitas MF de, Duarte AF, et al. Monitoramento da qualidade do ar em 2019 no Estado do Acre. *Cruzeiro do Sul*; 2020. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/340540446_Monitoramento_da_qualidade_do_ar_em_2019_no_Estado_do_Acre

Ministério Público do Estado do Acre. Disponível em: <<https://www.mpac.mp.br/>>. Acesso em: 25 ago. 2021.

Ministério Público do Estado do Acre. Caop discute parceria para divulgar projeto de monitoramento da qualidade do ar. Disponível em: <<https://www.mpac.mp.br/caop-discute-parceria-para-divulgar-projeto-de-monitoramento-da-qualidade-do-ar/>> Acesso em: 25 ago. 2021.

Morello, T., Martino, S., Duarte, A.F., Anderson, L., Davis, K.J., Silva, S., Bateman, I.J.. Fire, Tractors, and Health in the Amazon: A Cost-Benefit Analysis of Fire Policy. *Land Econ.* 95, 409–434, 2019.

Natali L. Utilização dos produtos obtidos por sensoriamento remoto na caracterização da qualidade do ar na

Região Metropolitana de São Paulo [Dissertação de mestrado]. Universidade de São Paulo; 2008. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/14/14133/tde-07122008-151154/publico/Dissertacao_Luciene_Natali_2008.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2021.

Nunes, K. V. R.; Ignotti, E.; Hacon, S. de S. Circulatory disease mortality rates in the elderly and exposure to PM_{2.5} generated by biomass burning in the Brazilian Amazon in 2005. *Cadernos de Saúde Pública*, [S.L.], v. 29, n. 3, p. 589-598, mar. 2013. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-311x2013000300016>

Oliveira Pismel, Gleiciane de, et al. “Relatos de experiências dos projetos de pesquisa MAP-FIRE e Acre-Queimadas: diagnóstico e perspectivas de mitigação envolvendo a sociedade para redução do risco e de impactos associados a incêndios florestais.” *UÁQUIRI-Revista do Programa de Pós Graduação em Geografia da Universidade Federal do Acre* 2.2 (2020): 14-14. Disponível em: <<https://periodicos.ufac.br/index.php/Uaquiri/article/view/4359/2664>>. Acesso em 25 ago. 2021.

OMS. WHO Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen dioxide and sulfur dioxide: global update 2005. 2006. Disponível em: < https://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/outdoorair_aqg/en/ />. Acesso em: 25 agosto de 2021.

OMS. Escritório Regional Europeu. Addressing the social determinants of health: the urban dimension and the role of local government. Copenhagen; 2012. Disponível em: <https://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0005/166136/UrbanDimensions.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2021.

OMS. Ambient Air Pollution: A global assessment of exposure and burden of disease. Organização Mundial de Saúde. Genebra; 2016. Disponível em: <<https://apps.who.int/iris/handle/10665/250141>>. Acesso em: 25 ago. 2021.

OMS. Escritório Regional Europeu. WHO Expert Consultation: Available evidence for the future update of the WHO Global Air Quality Guidelines (AQGs). Bonn; 2016. Disponível em: <http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0013/301720/Evidence-future-update-AQGs-mtg-report-Bonn-sept-oct-15.pdf?ua=1>. Acesso em 25 ago. 2021.

OMS. Escritório Regional Europeu. Risk of bias assessment instrument for systematic reviews informing WHO global air quality guidelines. Dinamarca; 2020. Disponível em: <<http://apps.who.int/bookorders>>. Acesso em: 25 ago. 2021.

OPAS. Não polua o meu futuro! O impacto do ambiente na saúde das crianças. 2018. Disponível em: <<https://iris.paho.org/handle/10665.2/49123>>. Acesso em: 25 ago. 2021.

Pregão eletrônico nº 00012/2020, do Ministério do Meio Ambiente (UASG: 440001). Edital disponível <<http://www.comprasnet.gov.br/aceso.asp?url=/edital-440001-5-00012-2020>>. Acesso em: 25 ago. 2021.

Pimpin L, Retat L, Fecht D, de Preux L, Sassi F, Gulliver J, et al. Estimating the costs of air pollution to the National Health Service and social care: An assessment and forecast up to 2035. *PLoS Med*. 2018;15(7):1–16 <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1002602>

PurpleAir Map. Disponível em: <<https://www.purpleair.com/map?opt=1/mAQI/a10/cC0#6.57/-9.248/-71.036>>. Acesso em 31. ago 2021.

Reddington, C. L.; Butt, E. W.; Ridley, D. A.; Artaxo, P.; Morgan, W. T.; Coe, H.; Spracklen, D. V.. Air quality and human health improvements from reductions in deforestation-related fire in Brazil. **Nature Geoscience**, [S.L.], v. 8, n. 10, p. 768-771, 16 set. 2015. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/ngeo2535>

Rodrigues-Silva F, Santos U de P, Saldiva PHN, Amato-Lourenço LF, Miraglia SGEK. Health Risks and Economic Costs of Absenteeism Due to Air Pollution in São Paulo, Brazil. *Aerosol Air Qual Res*. 2012;12(5):826–33. <https://doi.org/10.4209/aaqr.2011.12.0235>

Rodrigues PF, Alvim-Ferraz MCM, Martins FG, Saldiva P, Sá TH, Sousa SIV. Health economic assessment of a shift to active transport. *Environ Pollut*. 2020 Mar;258:113745. Disponível em: <<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0269749119328349>>. Acesso em: 25 ago. 2021 <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2019.113745>

Sant’Ana D. Q de. A “Iniciativa MAP” e a emergência de um espaço público transfronteiriço: integração regional,

cooperação internacional e participação popular na fronteira da Amazônia Sul-Occidental. Universidade Federal de Santa Catarina; 2008.

SEMAPI-AC. Monitoramento de queimadas e qualidade do ar. Rio Branco; 2020. Disponível em: <http://sema.acre.gov.br/wp-content/uploads/sites/20/2020/07/Relatório-de-Queimadas_2020_07_21_N53.pdf>. Acesso em 25 ago. 2021.

Silva, P. R. de S.; Ignotti, E.; Oliveira, B. F. A. de; Junger, W. L.; Moraes, F.; Artaxo, P.; Hacon, S. (2016). High risk of respiratory diseases in children in the fire period in Western Amazon. *Revista de Saúde Pública*, 50, 29. Epub June 10, 2016. <https://doi.org/10.1590/S1518-8787.2016050005667>

Silva, Sonaira; Anderson, Liana; Costa, Jéssica; Souza, Francisco Salatiel; Nascimento, Eric; Silva, Ismael; Pereira, Moises; Silva, Felipe; Almeida, Rafael; Xaud, Haron; Xaud, Maristela; Melo, Antonio. (2020). Queimadas 2019 no Estado do Acre. 10.13140/RG.2.2.29291.69927

Simoni W, André S, Alencar A, Pineiro B, Araújo C, Vormittag E, et al. O Estado Da Qualidade do Ar No Brasil. Sao Paulo; 2021. (Janeiro). Relatório No.: 01. Disponível em: <<https://wribrasil.org.br/pt/publicacoes/o-estado-da-qualidade-do-ar-no-brasil>> . Acesso em: 25 ago. 2021.

Singer BC, Delp WW. Response of consumer and research grade indoor air quality monitors to residential sources of fine particles. *Indoor Air*. 2018;28(4):624–39

Silva, A. M. C. da; Mattos, I. E.; Freitas, S. R.; Longo, K. M.; Hacon, S. S. Material particulado (PM2.5) de queima de biomassa e doenças respiratórias no sul da Amazônia brasileira. *Revista Brasileira de Epidemiologia*, [S.L.], v. 13, n. 2, p. 337-351, jun. 2010. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1415-790x2010000200015>

Silva SS, Anderson LO, Costa JG, Nascimento FSCSES, Silva IS, Pereira MP, et al. Relatório Executivo Queimadas 2019 - ACRE. Cruzeiro do Sul; 2020. Disponível em: <<https://ipam.org.br/wp-content/uploads/2020/02/RelatórioQueimadas2019.pdf>>. Acesso em: 25 ago. 2021.

South Coast AQMD. PurpleAir PA-II PM Sensor Background. 2018. Disponível em: <<http://www.aqmd.gov/>

[docs/default-source/aq-spec/field-evaluations/purple-air-pa-ii-field-evaluation.pdf?sfvrsn=2](https://docs.default-source/aq-spec/field-evaluations/purple-air-pa-ii-field-evaluation.pdf?sfvrsn=2)>. Acesso em: 25 ago. 2021.

Vormittag, Evangelina da Motta P. A. de Araújo; Cirqueira, Samirys Sara Rodrigues; Wicher Neto, Hélio; Saldiva, Paulo Hilário N. Análise do monitoramento da qualidade do ar no Brasil. *Estudos Avançados Ago 2021*, Volume 35 Nº 102 Páginas 7 – 30. Disponível em: <https://search.scielo.org/?lang=pt&q=au:Vormittag,%20Evangelina%20da%20Motta%20P.%20A.%20de%20Ara%C3%BAjo> Acesso em 28 ago. 2021.

Willian A, Melo F De, Silva S, Anderson LO. COVID-19 e queimadas: um duplo desafio ao sistema único de saúde. 2020. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/341255603_COVID-19_e_queimadas_um_duplo_desafio_ao_sistema_unico_de_saude>.

Wu, x. et al. Exposure to air pollution and COVID-19 mortality in the United States: A nationwide cross-sectional study. Harvard University, abril 2020. Disponível em: <<https://projects.iq.harvard.edu/covid-pm>>. Acesso em: 25 de agosto de 2021.

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES

Figuras

Figura 1: Foto de incêndio florestal na região amazônica, **20**

Figura 2: Localização dos estados que compõe a região MAP, **21**

Figura 3: Municípios acreanos e quantidade de sensores de monitoramento, **33**

Figura 4: Imagem do mapa com sensores da Plataforma *PurpleAir* na região Amazônica e países da América do Sul, **36**

Figura 5: Gráfico gerado no site do *Purple Air*, medidas das médias de 10 minutos de 7 dias de 4 estações do programa, **37**

Figura 6: Gráfico gerado no site do *Purple Air*, medidas das médias diárias em um ano, segundo 6 estações do programa, **37**

Figura 7: Concentração horaria de MP2,5 e MP10 de um sensor instalado na Prefeitura de Rodrigues Alves, **38**

Figura 8: Concentração de material particulado em Rio Branco, **39**

Figura 9: Número de dias com a qualidade do ar acima da concentração do poluente recomendada pela OMS, **40**

Figura 10: Recorte do boletim informativo do projeto MAP-FIRE, **43**

Figura 11: Padrão de variação temporal da concentração de material particulado no Estado do Acre, pela média diária de MP2,5 para todos os municípios, **45**

Figura 12: Número de dias de ultrapassagens das concentrações do MP2,5 recomendadas pela OMS em cada município, **45**

Figura 13: Trecho do relatório da SEMAPI-AC com gráfico de concentração de MP2,5, **46**

Tabelas

Tabela 1: Conjunto de características de sensores de baixo custo comparados às estações de referência, **30**

Tabela 2: Localização dos sensores, **31**

INSTITUTO SAÚDE E SUSTENTABILIDADE

O ISS é uma organização da sociedade civil que defende a saúde como um tema central nas questões socioambientais na perspectiva de um desenvolvimento sustentável e justo. Atua por meio do desenvolvimento do conhecimento e de pesquisas, de sua disseminação para a sociedade e de seu uso para a incidência em políticas públicas. Tem como propósito de existência a **qualidade do ar que você respira** e é referência no tema dos impactos da poluição atmosférica na saúde das pessoas. Para mais informações, acesse www.saudeesustentabilidade.org.br ou acompanhe as redes sociais:



saudeesustentabilidade



@saudeesustentabilidade



saudeesust



INSTITUTO
SAÚDE e SUSTENTABILIDADE