



INTERÁGUAS
Programa de Desenvolvimento do
SETOR ÁGUA



Produto 03

ENTREGA 03

Nome do Consultor: HARLEY SILVA	
Número do Contrato: 12300183	Nome do Projeto: BRA/IICA/13/001 - ÁGUA PARA TODOS-MDR
Oficial Responsável:	
Data da Entrega: 20/05/2024	Valor do produto: R\$ 15.900,00

Classificação

Áreas Temáticas: Governo Federal, Programa INTERÁGUAS
Áreas de Conhecimento: documento contendo o plano de trabalho a ser desenvolvido, explicando as metodologias a serem adotadas no trabalho.
Palavras-Chave: Programa ÁGUA PARA TODOS.

Resumo

Qual Objetivo da Consultoria?
Contribuir, por meio de consultoria individual, com apoio técnico especializado ao Ministério da Integração e do Desenvolvimento Regional, na proposição de critérios de seleção e priorização de localidades e/ou municípios para implementação das tecnologias de acesso à água e um perfil de localidades e/ou municípios que devam receber os produtos do programa região da Amazônia legal (7 estados da região Norte, parcela do bioma amazônico localizado nos estados de Mato Grosso e Maranhão).
Qual Objetivo Primário do Produto?
Relatório técnico apresentando o perfil das localidades e/ou municípios que devam ser priorizados para receber as entregas do futuro programa do Governo Federal de provimento de acesso à água assim como descrever o que a literatura acadêmica propõe de tecnologias mais apropriadas para a melhora da oferta de água na localidade/município na região da Amazônia legal (7 estados da região Norte, parcela do bioma amazônico localizado nos estados de Mato Grosso e Maranhão).

Qual a Finalidade do Produto?

Apresentar uma análise do perfil dos municípios e localidades que devam ser priorizados para receber as entregas do futuro programa do Governo Federal de provimento de acesso à água. Propor uma metodologia de priorização de municípios e/ou localidades da Amazônia Legal, justificando sua pertinência, rigor metodológico e aderência ao perfil global do problema de acesso a água nos municípios na região. Realizar e apresentar os resultados de um exercício de aplicação da metodologia proposta. Discutir, com base na literatura da área as alternativas de tecnologias apropriadas para a melhoria da oferta de água na Amazônia legal, particularmente em localidade/município cujas as condições ambientais, territoriais e sociodemográficas não se adequem as opções convencionais.

Quais os Resultados Alcançados mais relevantes?

Apresentação da estrutura metodológica para exercícios de priorização de municípios e/ou localidades com populações sem acesso a água na Amazônia Legal.

Realização e apresentação de resultados da aplicação da metodologia de priorização.

Discussão das tecnologias sociais disponíveis para aplicação em casos de municípios e/ou localidades sem acesso a agua em função de não adequação técnico-territorial as opções convencionais de acesso a agua.

O que se deve fazer com o produto para potencializar o seu uso?

Discutir junto a outros agentes do segmento o quanto as informações e o enfoque usado no documento fornecem um ponto de vista e conclusões realmente solidas para o problema em análise, fornecendo críticas e permitindo o seu eventual aprimoramento, assim como seu uso para a fase de desenho da metodologia.

O Produto contribui com objetivo imediato e qual/quais indicador/indicadores de desenvolvimento do PCT/BRA/IICA/13/001 – INTERÁGUAS?

O documento apresenta para discussão a metodologia de priorização de ações para oferta de agua de qualidade às populações e localidades que atualmente estão sem acesso a esse item fundamental para o bem estar social. Na medida em que o projeto tem a metodologia de priorização como ponto de chegada, a apresentação de sua primeira versão é um passo fundamental para a finalização exitosa do projeto contratado, permitindo seu aprimoramento e conclusão.

INTRODUÇÃO

Este documento é o Produto 3 do Contrato no. 12300183, Projeto BRA/IICA/13/001 - ÁGUA PARA TODOS-MDR, sob coordenação do Ministério da Integração e Desenvolvimento Regional.

Segundo definido no dito Contrato, o Produto 3 consiste em um

1. “*relatório técnico apresentando o perfil das localidades e/ou municípios que devam ser priorizados para receber as entregas do futuro programa do Governo Federal de provimento de acesso à água*”
2. “*descrever o que a literatura acadêmica propõe de tecnologias mais apropriadas para a melhora da oferta de água na localidade/município na região da Amazônia legal (7 estados da região Norte, parcela do bioma amazônico localizado nos estados de Mato Grosso e Maranhão).*” (Contrato nº 12300183)

No Produto 2 do Contrato apresentamos um diagnóstico das condições de oferta hídrica nos municípios da região amazônica. Procuramos ressaltar os efeitos da diversidade do território amazônico sobre as características e as limitações dos serviços hídricos na região. Discutimos ainda as consequências do ordenamento territorial e das condições de distribuição espacial da população sobre as condições de acesso aos serviços de água tratada nos municípios da Amazônia Legal. Retomemos aqui de modo sintético esses aspectos.

Como se sabe, as condições territoriais, ambientais e institucionais da Amazônia são peculiares no quadro da sociedade brasileira. A Amazônia Legal cobre mais da metade do território nacional brasileiro, e nele se localizam as mais extensas áreas de florestas tropicais remanescentes em todo o planeta. A região é drenada por uma poderosa rede de rios de planície e é hoje a área com a maior diversidade de povos originários remanescentes no país. Além disso, Amazônia é sem dúvida uma das regiões mais importantes do planeta em termos de biodiversidade e a permanência do bioma amazônico é atualmente uma questão chave para a estabilidade climática em escala global (FLORES et al 2024).

Novamente no quadro da sociedade brasileira, a Amazônia se desenvolveu histórica e institucionalmente de modo bem distinto do restante do território brasileiro (COSTA 2019). Por isso mesmo, empregando praticamente qualquer métrica de comparação entre essa região e o restante do país, a Amazônia se distingue. Isso diz respeito a questões positivas, como a notável permanência de suas extensas áreas florestais e naturais, à permanência dos grupos indígenas na região, não obstante os contínuos processos de violência e genocídio que estes viveram no passado e vivem no presente. Ao mesmo tempo, diz respeito também a elementos de carência e desvantagem nas condições da população e de instituições da região. O tratamento destas

questões exige conhecimento específico e capacidade de ação muitas vezes com parâmetros distintos daqueles usados para avaliar e orientar a ação no restante do território brasileiro.

Desde os anos 1960, mudanças intensas aconteceram no território e sociedade amazônicos, com rápido crescimento demográfico e grandes modificações do espaço regional. A região foi integrada de modo truncado à dinâmica econômica nacional, particularmente pela exploração de recursos naturais e expansão da fronteira da agropecuária para a exportação (VENTURA 2020). Essas mudanças territoriais intensas se destacam muitas vezes por seu alto grau de incompletude e desorganização. A permanência do bioma, a segurança dos grupos tradicionais, o bem-estar social e ambiental da população da região foram e são muito ameaçadas por esse processo (SCHMINCK 2020). Nos últimos 60 anos a Amazônia viveu intensa urbanização, transformações socioespaciais e ambientais; a região se destaca por déficits de atendimento a necessidades sociais e urbanas básicas e perdas ambientais e ecológicas drásticas (LITTLE 2001). Do ponto de vista ambiental, dizem as pesquisas ambientais e climáticas, essas mudanças se aproximam de um perigoso *ponto de não retorno*, o que coloca problemas de grande extensão para a sociedade brasileira e mundial.

Por isso, mesmo esses problemas trazem ao primeiro plano dos problemas brasileiros contemporâneos o ordenamento territorial, a distribuição espacial da população e os problemas de infraestrutura regional e urbana na Amazônia, os quais são aspectos que interessam diretamente ao presente trabalho (VENTURA et al 2023).

Esses são fatores que se distinguem do quadro de dificuldades da região na expansão da oferta hídrica na Amazônia. Fatores que, em convergência com a demanda do Projeto Água Para Todos, concorrem para definir o “perfil das localidades e/ou municípios que devam ser priorizados para receber as entregas do futuro programa do Governo Federal de provimento de acesso à água”, e também para analisar a necessidade de “tecnologias mais apropriadas para a melhoria da oferta de água na localidade/município na região da Amazônia legal” assim como as características destas alternativas tecnológicas.

Consequente com estas diretrizes esse documento discute na segunda sessão o perfil das localidades e municípios elegíveis para priorização em entregas do Água Para Todos em ações futuras do Governo Federal e a indicação de um aparato metodológico e estatístico para realização desta priorização. Na terceira e última sessão do documento discutimos alternativas tecnológicas passíveis de aplicação para a melhoria da oferta de água na localidade/município, considerando o dito perfil de municípios nos quais as alternativas convencionais têm pouca aderência em função das questões socio-territoriais e ambientais da região.

PERFIL DE MUNICÍPIOS E LOCALIDADES

A Amazônia legal inclui 722 municípios com uma população total de 26.6 milhões de pessoas segundo o Censo 2022. Os dados sobre saneamento na região e em todo o país são organizados e divulgados pelo Sistema Nacional de Informações de Saneamento (SNIS). O SNIS reúne dados sobre as nove unidades da federação que compõe a Amazônia Legal¹ desde 1997. No ano de 2002 o número de municípios que enviaram informações ao sistema foi 337, número mais alto de municípios desde o início da série, que até então tinha tido um número abaixo de 300.

A distribuição do número de municípios que declaram informações entre as diferentes UFs também é grande. O Amapá não aparece em nenhum ano da série de dados. O estado de Roraima tem as primeiras informações enviadas no ano de 2013, e o número de municípios que declaram nesse estado nunca esteve acima de cinco. Caso parecido acontece no Acre, com um percentual de 9% declarantes em 2022 e com máximo de 5 declarações em 2014.

Tabela 1: Amazônia legal – Municípios declarantes no SNIS, 2022

Estado	Municípios declarantes (2022)	Municípios (total)	Percentual declarantes
Rondônia	18	52	35%
Acre	2	22	9%
Amazonas	41	62	66%
Roraima	4	15	27%
Pará	71	144	49%
Amapá	-	16	-
Tocantins	8	139	6%
Maranhão	68	181	38%
Mato Grosso	125	141	89%
TOTAL	337	772	44%

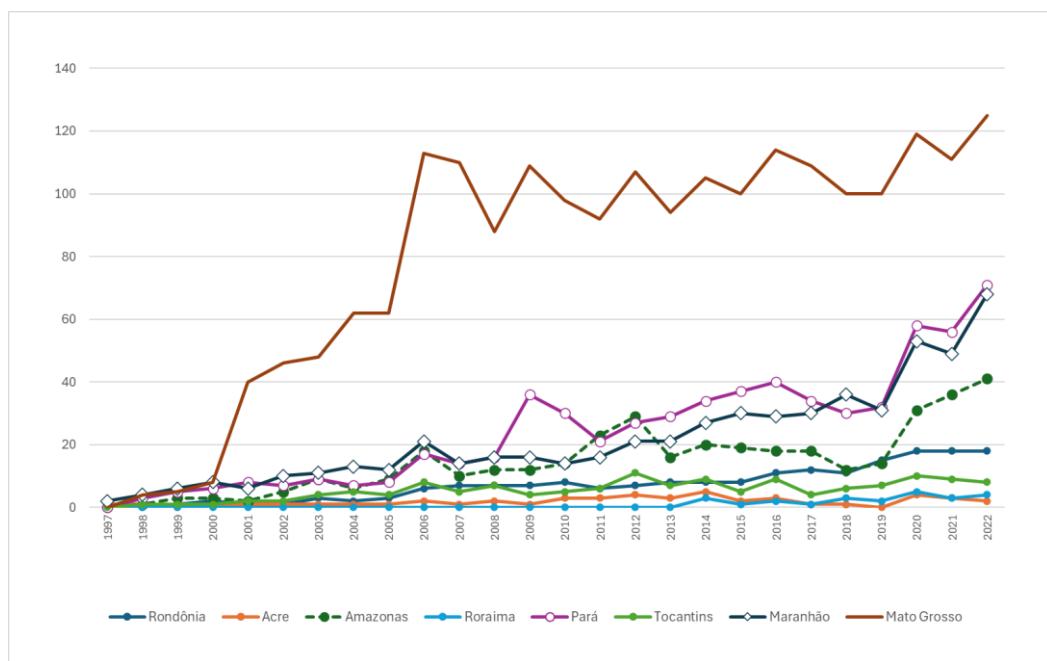
Fonte: SNIS. Elaboração dos autores.

Se analisarmos a evolução das declarações por UF ao longo da série, destaca-se o crescimento do número de municípios declarantes no Mato Grosso, estado que também tem o maior percentual de municípios que enviaram declaração em 2022: 89% (Gráfico 1). Seguem-se os estados do Amazonas (66%) e Pará (49%), donde se compreende a baixa média histórica (44%) do total de municípios que enviaram dados ao SNIS desde o início da série. Considerando o número de municípios declarantes, isto é, com algum nível de cobertura declarada, a oferta de serviços de saneamento nos municípios da região se acelerou a partir do de meados da primeira década do

¹ O sistema não possui dados sobre o estado do Amapá. Não encontramos nenhuma informação sobre essa ausência que poderia ser explicada pela simples não adesão dos municípios do AP ao sistema, mas também por outra questão.

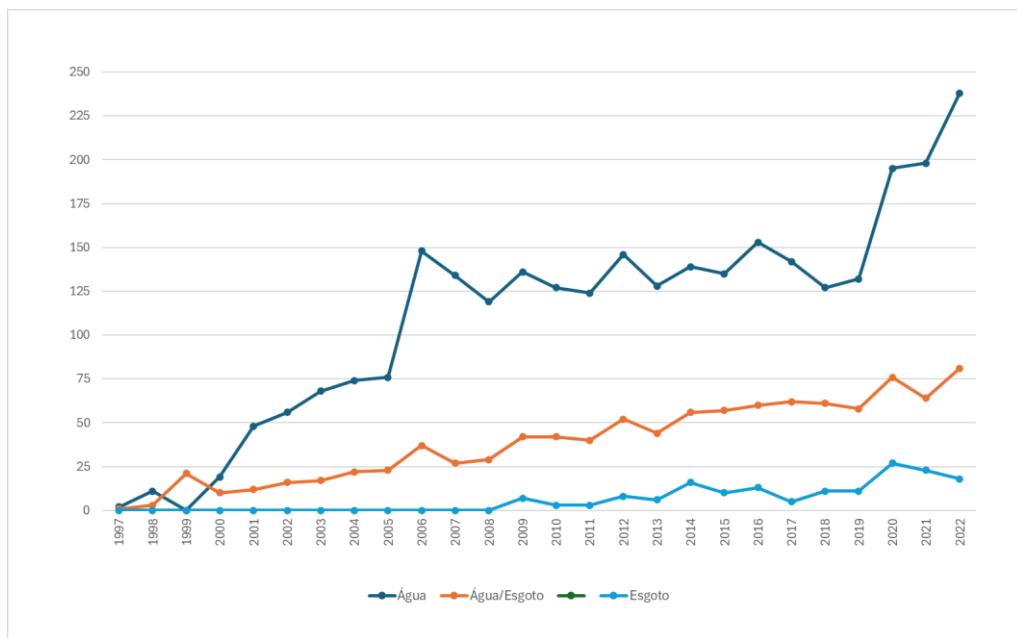
séc. XXI, embora esse crescimento tenha se dado principalmente quanto ao serviço de água. A declaração de oferta conjunta de água e esgoto teve um crescimento bem mais lento e apenas do serviço de esgoto permanece baixa (18 municípios na média do período 2018-2022) ainda no início da década de 2020 (Gráfico 2).

Gráfico 1: Amazônia Legal – Número de municípios com declaração anual de informações no SNIS segundo UF, 1997-2022



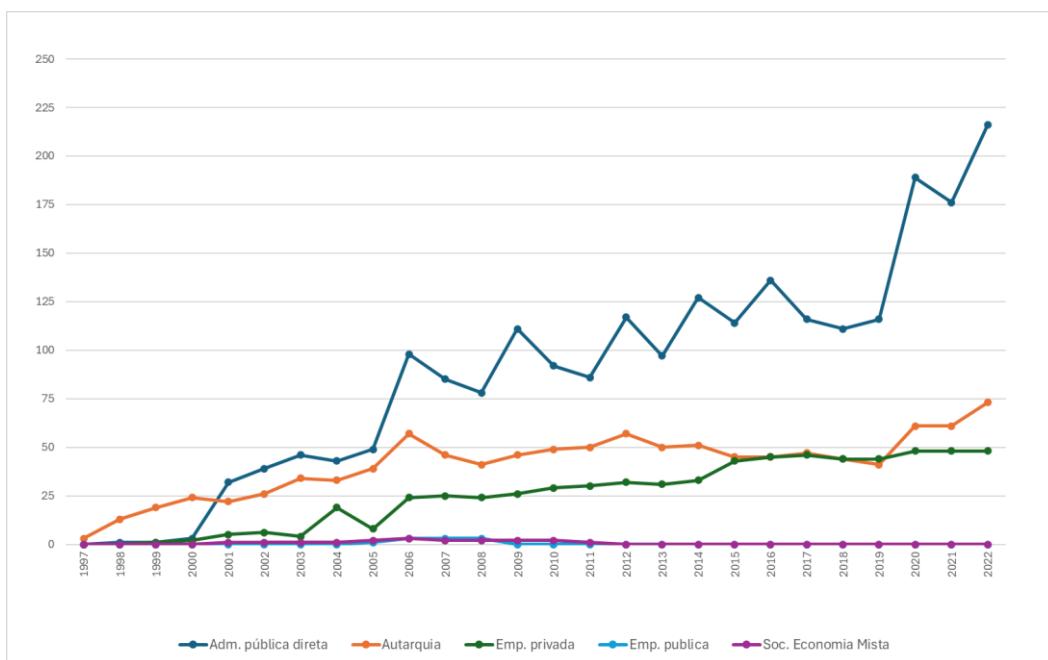
Fonte: SNIS, Elaboração do autor

Gráfico 2: Amazônia Legal – Número de municípios com declaração anual de informações no SNIS segundo tipo de serviço ofertado, 1997-2022



Fonte: SNIS, Elaboração do autor.

Gráfico 3: Amazônia Legal – Número de municípios com declaração anual de informações no SNIS segundo natureza jurídica do prestador*, 1997-2022



Fonte: SNIS. * Prestador: refere-se a instituição pública, privada ou mista que presta os serviços de água e/ou esgoto sob concessão do Estado ou Município.

Vale também ressaltar que o crescimento da oferta de serviços aconteceu principalmente pela atuação de prestadores da administração direta (prefeitura e secretarias municipais) e autarquias públicas municipais. As empresas privadas se tornaram uma opção mais expressiva apenas no estado do Mato Grosso onde se tornaram mais numerosas na oferta de serviço de água: em 2022, entre 48 empresas privadas operando na Amazônia legal no setor de saneamento, 35 (72%) eram concessionárias em municípios do Mato Grosso. A relativa diversificação da natureza jurídica dos prestadores aconteceu sobretudo na oferta de água e nos casos nos quais a concessão conectou os serviços de água e esgoto. Em nenhum caso declarado por municípios da região no SNIS houve concessão exclusiva de serviço de esgoto a prestador privado.

A cobertura de serviços de saneamento tem padrões distintos considerando o a escala demográfica e o nível de aglomeração ou dispersão no espaço urbano e rural dos municípios. Trata-se de uma regularidade empírica relacionada às condições técnicas e econômicas da instalação dos serviços que varia em função do padrão de distribuição no espaço dos consumidores de água e/ou dos geradores de efluentes de esgoto (Ventura et al 2023).

Considerando o nível de cobertura do serviço e separando os municípios segundo grupos de tamanho da população temos a percepção da concentração da população em municípios de médio e grande porte. Os municípios com até 20 mil habitantes são 483, 62% do número total. Considerando todos os que tem até 50 mil habitantes são 671, 87% do total. A situação se inverte quando se trata da distribuição de área dos municípios considerando também a as faixas de população. Nos 40 municípios com população acima de 300 mil habitantes se concentram 46% da população e 9,7% do território. Os 671 municípios com população abaixo de 50 mil tem área equivalente a 74% da área total da região.

Tabela 2: Amazônia legal: Municípios segundo faixas de população total, 2022

Faixas	Nº Municípios	Municípios declarados no SNIS	População	População (%)	Área Amazonia (%)
< 20 mil	483	191	4.553.685	17%	41,0%
20-50 mil	188	87	5.633.230	21%	32,9%
50-100 mil	61	33	4.113.755	15%	16,3%
100-300 mil	28	21	4.199.285	16%	7,7%
300 a 1 milhão	9	4	3.745.976	14%	1,7%
> 1 milhão	3	1	4.404.867	17%	0,3%
Total	772	337	26.650.798	100%	100,0%

Fonte: IBGE – Censo Demográfico 2022.

Tabela 3: Amazônia legal - Percentual de população atendida por serviço de água segundo municípios por faixas de população, 2013-2022

Faixas de população	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Média do período
< 20 mil	66%	62%	66%	68%	72%	73%	69%	62%	64%	67%	67%
20-50 mil	62%	66%	66%	62%	67%	66%	65%	63%	61%	69%	65%
50-100 mil	72%	71%	77%	71%	73%	80%	77%	68%	74%	76%	74%
100-300 mil	84%	71%	68%	62%	72%	76%	75%	78%	75%	66%	73%
300 a 1 milhão	93%	98%	52%	98%	98%	97%	98%	53%	53%	62%	80%
> 1 milhão	54%	54%	55%	88%	89%	91%	98%	98%	98%	99%	82%

Fonte: SNIS. Elaboração dos autores.

A cobertura dos serviços de água, ponto principal de nossa discussão, varia segundo as faixas de tamanho de população dos municípios. Não obstante certas limitações dos dados em função da forma de coleta das informações adotada pelo sistema², os dados permitem avaliar o comportamento do percentual de cobertura da população ao longo dos anos (Tabela 2). Ao longo do decênio 2013/2022 o percentual de cobertura se elevou de modo mais claro no grupo dos municípios de maior porte demográfico (um milhão e mais de habitantes). No grupo entre 300 mil e um milhão o percentual variou de modo mais intenso, com uma média de 80% de cobertura. Nos três estratos de menor população os valores variaram em média abaixo de 75%, sem elevação significativa.

As informações disponíveis nos levam a hipótese de que a diversidade de situações observada na Amazônia Legal quanto à oferta hídrica liga-se à extensão e à diversidade do território área nessa extensa do país. De modos variados as condições ambientais e de ordenamento do território implicam uma variedade grande de ambientes físicos e de trajetórias histórico institucionais. As condições socioeconômicas e institucionais, por sua vez, se estabeleceram com grande variedade no território. Esse conjunto de fatores difere bastante daqueles que lhes correspondem nas regiões do país onde a oferta de serviços de saneamento avançou mais cedo e mais amplamente no Brasil (seja em termos de cobertura populacional ou territorial).

² Os dados do SNIS são inseridos pelas administrações municipais com periodicidade anual. Isso introduz inconvenientes na construção da base, entre elas a possibilidade de que haja variação anual do número de municípios em função do não envio de dados por municípios que tem cobertura de serviços e porto teriam informações a declarar.

Desse modo, a partir da hipótese acima, temos uma (relativa) inadequação técnica, institucional e territorial entre as experiências de maior êxito no país e as necessidades práticas mais presentes na Amazônia legal. Essa inadequação relativa desafia o crescimento da oferta hídrica na região, como sinaliza sua resolução somente parcial da questão. Como se disse acima, apenas 337 dos 772 municípios enviaram dados ao SNIS. Dentre estes a cobertura de população média do serviço de abastecimento por água é 73%, embora haja uma variedade de situações não captadas pela informação de média. Além disso, 54% dos municípios não fornecem informação sobre a o serviço, o que provavelmente torna o quadro ainda mais difícil.

Tendo em vista a necessidade de compreender as dificuldades e condições para o desenho de políticas de expansão e/ou aprimoramento da oferta de serviços hídricos na Amazônia Legal, e seguindo orientações apresentadas pela equipe do MDR³, nossa discussão a seguir irá considerar quatro dimensões de análise: ambiental, territorial, socioeconômica-infraestrutura e institucional. Dentro destas dimensões selecionamos variáveis que pretendem captar a especificidade da região em cada uma delas.

Na Tabela 4 temos uma síntese das fontes de dados e dos períodos de referência dos dados empregados na análise. Trata-se de apresentar ao leitor quais as informações empregaremos na construção de uma métrica síntese – um índice – que nos permita um modo rigoroso para a priorização de municípios/localidades em políticas de acesso à água para consumo e produção. O período de referência do conjunto das 25 variáveis é recente, indo de 2018 a 2023.

Na dimensão ambiental empregamos 5 variáveis sendo três divulgadas pela Agência Nacional de Águas (ANA), uma do SNIS e uma do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). Na dimensão institucional duas variáveis da Pesquisa de Informações Básicas Municipais (MUNIC-IBGE) e do SNIS. Na dimensão socioeconômica-infraestrutural oito variáveis DATASUS (1 variável), IBGE (5 variáveis), INEP (1 variável), MDS-IBGE (1 variável). Por fim, na dimensão ambiental 6 variáveis do IBGE (4) e do INPE (2). As Tabelas 5, 6; 7; 8 e 9 detalham as informações sobre as variáveis selecionadas, cuja coerência com o objetivo da análise e o enfoque utilizado discutimos brevemente a seguir.

³ As orientações recebidas enfatizaram a necessidade de haver uma unidade metodológica entre o estudo e a proposta de priorização de municípios/localidade na Amazônia Legal e no restante do país. A definição metodológica conjunta deveria, segundo a pactuação realizada, resguarda dimensões comuns para todo o território do país e ao mesmo tempo possuir flexibilidade – internamente às ditas dimensões – para abrigar as peculiaridades regionais diante das quais a políticas deverão se propostas.

Tabela 4: Metodologia de Priorização de municípios: Dimensões de análise, variáveis em cada dimensão, instituição fonte e ano de referência

DIMENSÕES E VARIÁVEIS	Nº VARIÁVEIS	ANO DE REFERÊNCIA
Ambiental	5	
ANA	3	2021
INPE	1	2023
SNIS	1	2021
Institucional	6	
MUNIC	3	2020
SNIS	3	2021
Socioeconômico e infraestrutura	8	
DATASUS	1	2022
IBGE	5	2021
INEP	1	2021
MDS e IBGE	1	2022
Territorial	6	
IBGE	4	2018
INPE	2	2023
TOTAL	25	

Fonte: Diversas. Elaboração dos autores

A **Dimensão Ambiental** reúne informações sobre condições ambientais de acesso a água para consumo e produção. Faremos algumas observações preliminares sobre estas variáveis, com o intuito de esclarecer sua escolha para a construção do índice.

- ✓ capacidade de água disponível: métrica que diz respeito “a água que os solos podem armazenar no seu espaço poroso” de modo acessível às plantas. É um parâmetro importante agronômica, ecológica, meteorológica, hidrológica e economicamente, influenciando o comportamento das safras (Araújo Filho et al, 2022).
- ✓ *dias secos*: média de dias secos na série histórica das estações meteorológicas referentes ao município.
- ✓ *pluviometria média* da série histórica anual das estações meteorológicas referentes ao município.
- ✓ percentual da área do município coberto por rios
- ✓ média dos índices do SNIS relacionados à incidência das análises de amostras de água fora do padrão aceitável para presença de coliformes, cloro livre e turbidez.

Tabela 5: Dimensão de Análise Ambiental - Variáveis, Fonte e Ano Referência

DIMENSÃO	INDICADORES	DESCRÍÇÃO	FONTE	ANO DE REFERÊNCIA
Ambiental	Capacidade de Água	Capacidade de água disponível (<i>available water capacity</i> , AWC) para solos medida pela diferença entre a umidade na capacidade de campo (m^3m^{-3}) e a umidade no ponto de murcha permanente (m^3m^{-3}).	ANA	2021
Ambiental	Dias Secos	Dias Secos Pela média ponderada da série histórica das estações meteorológicas, usando o critério de vizinhança mais próxima para transformação dos pontos de dados das estações em polígonos (a área de interseção do polígono de vizinhança próxima e do município foi usada como peso na média ponderada).	ANA	2023
Ambiental	Índice pluviométrico	Pluviometria média ponderada da série histórica anual das estações meteorológicas, usando o critério de vizinhança mais próxima para transformação dos pontos de dados das estações em polígonos (a área de interseção do polígono de vizinhança próxima e do município foi usada como peso na média ponderada).	ANA	2023
Ambiental	Percentual do Município coberto pela hidrografia	Percentual da área do município coberto por rios, calculado a partir da interseção da área dos polígonos dos municípios e dos polígonos da hidrografia	INPE	2023
Ambiental	Amostras fora do padrão	Média dos Índices do SNIS de Incidência das análises fora do padrão para coliformes, cloro livre e turbidez	SNIS	2021

Fontes: ANA, INPE, SNIS; várias datas.

As variáveis da **Dimensão Territorial** incluem na análise elementos que singularizam o território da Amazônia Legal tais como grandes dimensões geográficas, dispersão e isolamento relativo como características da distribuição espacial da população, assim como elementos do ordenamento territorial e da composição étnico-cultural típicos da região:

- distância, em minutos, usando o modal mais rápido, entre o município/localidade e um município de hierarquia 1 ou 2 na REGIC (IBGE) - mais próximo.
- Percentual da área do município coberto por terras indígenas.
- percentual da população identificados como indígenas (maiores 10%, acima do percentil 0,9)
- percentual da população identificados como quilombolas (maiores 10%, acima do percentil 0,9)
- percentual da área do Município em Unidade de conservação

- percentual de setores censitários fora da sede e (simultaneamente) com mais de 1.5km quadrados de área

Tabela 6: Dimensão de Análise Territorial - Variáveis, Fonte e Ano Referência

DIMENSÃO	INDICADORES	DESCRÍÇÃO	FONTE	ANO DE REFERÊNCIA
Territorial	Distância (em tempo) em relação a um centro de influência	Distância, em minutos, usando o modal mais rápido, em relação a um município de hierarquia 1 ou 2 (ver REGIC/IBGE) mais próximo.	IBGE	2018
Territorial	Município com Áreas Indígenas	Percentual da área do município em áreas indígenas	INPE	2023
Territorial	Município com elevada densidade de indígenas	Municípios com maiores percentuais da população identificados como indígenas (maiores 10%, acima do percentil 0,9)	IBGE	2022
Territorial	Município com elevada densidade de quilombolas	Municípios com maiores percentuais da população identificados como quilombolas (maiores 10%, acima do percentil 0,9)	IBGE	2022
Territorial	Município em unidade de conservação	Percentual da área do Município em Unidade de conservação	INPE	2023
Territorial	Percentual de localidades fora da sede	Percentual de setores censitários fora da sede (setores que estão fora da sede e possui mais de 1.5km quadrados de área)	IBGE	2022

Fontes: IBGE, INPE; várias datas.

Na **Dimensão Institucional** as variáveis dizem respeito ao perfil do prestador de serviço de oferta hídrica e à estrutura institucional do município para regulação e enfrentamento de riscos ligados a água ou à restrição acesso a agua:

- serviço prestado pela administração pública direta (município) isoladamente ou não
- serviço prestado unicamente pela administração pública direta (município)
- serviço prestado por administração pública direta em cooperação com outra entidade pública ou privada
- município possui legislação ou instrumento de gestão ambiental
- Município possui legislação específica sobre saneamento básico e/ou gestão de bacias hidrográficas
- Município possui Plano Diretor, Lei de Uso e Ocupação do Solo e leis específicas que contemplam ações relacionadas a enchentes, inundações graduais ou bruscas e enxurradas

- Município possui Plano de Contingência e/ou Preservação para situações de seca

Tabela 7: Dimensão de Análise Institucional - Variáveis, Fonte e Ano Referência

DIMENSÃO	INDICADORES	DESCRÍÇÃO	FONTE	ANO DE REFERÊNCIA
Institucional	Fornecedor do serviço é a administração pública direta	1 caso a administração pública direta (município) seja responsável pelo fornecimento, isoladamente ou não	SNIS	2021
Institucional	Fornecedor do serviço é somente a administração pública direta	1 caso a administração pública direta (município) seja a única responsável pelo serviço	SNIS	2021
Institucional	Possui legislação específica sobre saneamento básico e/ou gestão de bacias hidrográficas	Legislação ou instrumento de gestão ambiental Sobre gestão de bacias hidrográficas e Sobre saneamento básico	MUNIC	2020
Institucional	Possui planos e/ou ações de prevenção contra alagamentos	Plano Diretor que contemple a prevenção de enchentes ou inundações graduais, ou enxurradas ou inundações bruscas; Lei de Uso e Ocupação do Solo que contemple a prevenção de enchentes ou inundações graduais, ou enxurradas ou inundações bruscas; Lei específica que contemple a prevenção de enchentes ou inundações graduais, ou enxurradas ou inundações bruscas	MUNIC	2020
Institucional	Possui planos e/ou ações de prevenção contra secas	O município possui Plano de Contingência e/ou Preservação para a seca	MUNIC	2020
Institucional	Presença de Parcerias Públicas e/ou Privadas	1 caso a administração pública direta (município) seja o responsável em cooperação com outra entidade pública ou privada	SNIS	2021

Fontes: SNIS, MUNIC-IBGE, várias datas.

Na **Dimensão Socioeconômica e infraestrutura** reunimos informações sobre o acesso da população a infraestrutura e serviços hídricos tanto públicas quanto domiciliares; as condições de renda e escolaridade e a incidência de mortalidade infantil. Como se sabe, o acesso à água tem caráter de estrita necessidade para o bem estar social. Inversamente há uma frequente associação da oferta insuficiente a este serviço a vulnerabilidade social.

- Percentual da população com acesso a rede de água
- Número absoluto de pessoas sem acesso à rede de água no município

- Percentual de pessoas em situação de pobreza (renda familiar per capita até 210 reais) em relação à população do município em dez/2022
- PIB per capita do município
- Nota padronizada do Ideb Ensino Fundamental - Anos iniciais
- Número de óbitos ocorridos de nascido menor de um ano de idade, contados segundo o local de residência do falecido.
- Percentual da população com acesso a rede de esgoto, rede pluvial ou fossa ligada a rede
- Percentual da população com pelo menos um banheiro exclusivo no domicílio

Tabela 8: Dimensão de Análise Socioeconômico e infraestrutura - Variáveis, Fonte e Ano Referência

DIMENSÃO	INDICADORES	DESCRÍÇÃO	FONTE	ANO DE REFERÊNCIA
Socioeconômico e infraestrutura	Cobertura da rede de água	Percentual da população com acesso a rede de água	IBGE	2022
Socioeconômico e infraestrutura	Cobertura da rede de esgoto	Percentual da população com acesso a rede de esgoto, rede pluvial ou fossa ligada a rede	IBGE	2022
Socioeconômico e infraestrutura	Domicílios com Banheiro	Percentual da população com pelo menos um banheiro exclusivo no domicílio	IBGE	2022
Socioeconômico e infraestrutura	Incidência da pobreza	Percentual de PESSOAS em situação de pobreza (renda familiar per capita até 210 reais) em relação à população do município em dez/2022	MDS e IBGE	2022
Socioeconômico e infraestrutura	Nota do IDEB	Nota padronizada do Ideb Ensino Fundamental - Anos iniciais	INEP	2021
Socioeconômico e infraestrutura	PIB per capita	PIB per capita do município	IBGE	2021
Socioeconômico e infraestrutura	População sem acesso à rede no município	Número absoluto de pessoas sem acesso à rede de água no município	IBGE	2022
Socioeconômico e infraestrutura	Taxa de Mortalidade Infantil	Número de óbitos ocorridos de nascido menor de um ano de idade, contados segundo o local de residência do falecido.	DATASUS	2022

Fontes: IBGE, INEP, MDS, DATASUS; várias datas.

METODOLOGIA E ESTIMAÇÃO DO INDICE DE PRIORIZAÇÃO

Nessa sessão discutimos a metodologia estatística empregada para priorização partindo do perfil discutido acima das localidades e/ou municípios. O intuito foi encontrar uma estratégia não discricionária para identificar os municípios da Amazônia Legal prioritários como objeto políticas de provisão de acesso à água. Assim, a partir das características dos municípios, reunidas tendo em vista as quatro dimensões acima discutidas (territorial, ambiental, institucional e socioeconômico-infraestrutural) caracterizar e hierarquizar os municípios mais carentes de serviço de distribuição de água e saneamento e em seguida, quando for o caso, realizar a priorização de localidades inseridas nos municípios.

Variáveis utilizadas e sua conexão com a problemática da oferta hídrica na Amazônia Legal.

Para realizar isto, a metodologia foi aplicada a um conjunto de variáveis que caracterizam os municípios quanto a sua situação quanto a oferta de serviços de água. As variáveis empregadas englobam aspectos das dimensões ambientais, institucionais, socioeconômicos, infraestruturais e territoriais. Embora já tenhamos nos referido brevemente aos elementos essenciais de cada dimensão e listado as variáveis empregadas, julgamos necessário que se discuta mais algumas elementos sobre as informações utilizadas no exercício de priorização.

Na dimensão ambiental, as variáveis procuram uma perspectiva mais abrangente das condições ambientais que afetam o acesso à água, como o balanço hídrico, a qualidade da água tratada, índice de chuvas e regiões de águas perenes.

A variável “índice de amostras fora do padrão”, fornecida pelo Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS) para o ano de 2021, permite a análise da qualidade da água disponível para consumo humano com base na média das incidências de amostras fora do padrão de qualidade esperada considerando a presença de coliformes, cloro livre e turbidez. O índice é calculado pela média das proporções de amostras fora do padrão (percentuais) para cada um dos três critérios.

O “percentual do município coberto pela hidrografia” foi obtido a partir de dados do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). O cálculo utiliza o ano de 2023 como referência e apresenta a disponibilidade de recursos hídricos naturais dentro do território municipal. O valor é o percentual da área do município coberto por rios, a partir da interseção da área dos polígonos dos municípios da Amazônia Legal e dos polígonos de hidrografia na

mesma região. Essa interseção indica, para cada município, o percentual de área de hidrografia em relação à área total do município.

A variável “**capacidade de água disponível**” mede a capacidade de água disponível no solo (cuja sigla inglesa usual é AWC, para *available water capacity*). O valor é calculado por meio da diferença entre a umidade na capacidade de campo (m^3m^{-3}) e a umidade no ponto de murcha permanente (m^3m^{-3}), a partir dos dados coletados da ANA do ano de 2021. A variável é útil para considerar a presença de agua no solo, muito útil do ponto de vista do uso agrícola e econômico dos solos.

A variável “**pluviometria anual média**” representa a distribuição das chuvas e sua influência na disponibilidade da água para consumo humano e produção de alimentos. O valor da variável é a média ponderada da série histórica de dados de pluviometria das estações meteorológicas tendo como referência espacial um polígono definido por critério de vizinhança. As estações fornecem a referência para transformar os pontos de dados em polígonos, com base na proximidade das estações de medição que correspondem à área do município. Nesse indicador foram utilizados os dados de pluviometria anual média das estações, obtidos na Agência Nacional de Águas - ANA, atualizados até o ano de 2023.

A variável “**dias secos**” é proxy para avaliar a variabilidade climática e seus impactos na disponibilidade de água com base nos dados de uma série anual atualizada até o ano de 2023 disponibilizados pela ANA. O valor da variável é a média ponderada da série histórica das estações meteorológicas, usando o critério de vizinhança mais próxima para transformação dos pontos de dados das estações em polígonos, da mesma maneira que o indicador anterior, nesse caso, a mediana de dias secos foi utilizada como referência.

Chegamos à dimensão institucional deste relatório. Nesta reunimos informações relacionados ao arcabouço institucional das políticas da área. Isso inclui informações sobre a natureza jurídica dos prestadores de serviços, sobre o planejamentos e ações que impactam a gestão dos recursos hídricos e no fornecimento de serviços de água.

A variável “**fornecedor do serviço: administração pública direta**” diz respeito a natureza jurídica do prestador, segundo dados do SNIS com referência para o ano de 2021. O valor da variável é 1 caso a administração pública direta (município) seja responsável pelo fornecimento do serviço de água, isoladamente ou não. Uma variável adicional - derivada também do SNIS é “**fornecedor do serviço: somente administração pública direta**” assume o valor 1 quando somente a administração pública direta estiver atuando, ou 0 caso contrário.

A dimensão institucional inclui a variável “**planos e/ou ações de prevenção contra**

alagamentos", referindo-se à existência instrumentos de planejamento e ação quanto a eventos dessa natureza nos município. Os planos incluem medidas para enfrentar eventos climáticos extremos, como secas, alagamentos e enchentes. A construção da variável considerou outras 3 variáveis da MUNIC: *Plano Diretor* que contemple prevenção de enchentes ou inundações graduais, ou enxurradas ou inundações bruscas; *Lei de Uso e Ocupação do Solo* que contemple a prevenção de enchentes ou inundações graduais, ou enxurradas ou inundações bruscas; e *Lei específica para prevenção de enchentes ou inundações* graduais, ou enxurradas ou inundações bruscas. A variável recebe valor 1 caso o município declare possuir pelo menos um dos três instrumentos de planejamento; caso contrário recebe valor zero. Os dados utilizados foram obtidos da base MUNIC, ano referência 2020.

Por fim, na dimensão institucional, a variável “**possui legislação específica sobre saneamento básico e/ou gestão de bacias hidrográficas**”. Esta recebe valor 1 se a resposta do município é “sim” quanto a possuir Legislação ou instrumento de gestão ambiental sobre gestão de bacias hidrográficas e sobre saneamento básico. Foram utilizados dados MUNIC com referência ao ano de 2020.

Na dimensão socioeconômica e de infraestrutura, as variáveis que selecionadas refletem as condições de vida, desenvolvimento econômico e infraestrutura básica nos municípios da Amazônia Legal.

A variável “**incidência da pobreza**” tem valores do percentual de pessoas em situação de pobreza, definidos como aqueles com renda familiar per capita até 210 reais, em relação a população total do município. Para o numero de pessoas em situação de pobreza utilizou-se dados de famílias cadastradas no CadÚnico em dezembro de 2022, retirado da base de dados do Ministério do Desenvolvimento Social – MDS. O dado de população dos municípios foi obtida na base de dados do Censo 2022 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE.

A variável "**nota média do IDEB**" é um indicador do desempenho educacional do município. É construída com a nota padronizada do Índice de Desenvolvimento da Educação Básica (IDEB) para os anos iniciais do Ensino Fundamental. A informação é fornecida pelo Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), com ano de referência 2021.

A variável "**PIB per capita**" é uma métrica econômica convencional para a escala e o desempenho econômico de uma unidade econômica (ou territorial), calculada pela divisão do produto interno bruto pelo número de habitantes do município, expresso em mil reais. Os dados foram obtidos junto ao IBGE, o PIB municipal é referente ao período de 2021, e a população é

baseada nos dados da pesquisa do Censo 2022.

A variável "**cobertura da rede de água tratada**", informação essencial de toda o exercício empírico, tem como fonte o SNIS. Seu valor é o percentual da população do município com acesso à água tratada (rede geral), segundo dados do Censo Populacional do IBGE de 2022.

A variável de "**população sem acesso à rede de água ou a água de poços**" foi incluída para identificar a importância das instalações urbanas complementares às redes gerais de água. Dada a restrição da cobertura da oferta pelo serviço "oficial" e a grande difusão de redes ou fontes complementares, essa informação pondera o cálculo da priorização pelos municípios com as maiores demandas absolutas pelo serviço de acesso à água. O valor da variável é o número absoluto de pessoas que não têm acesso à rede geral de água nem a água de poços (ratos ou profundos), segundo dados do Censo Populacional do IBGE de 2022.

O indicador "**taxa de mortalidade infantil**" foi também incluído da dimensão socioeconômica e infraestrutura. Esta taxa – calculada pelo o número de crianças mortas antes de completar 1 ano de idade divido por cada mil crianças nascidas vivas num dado período de tempo – é uma métrica da qualidade das condições de vida, das condições de saneamento e dos serviços de saúde disponíveis no município. Para avaliar sua importância, vale notar a sensibilidade da saúde de recém nascidos ao consumo e uso de agua de boa qualidade. A informação é disponibilizada pelo Departamento de Informação e Informática do Sistema Único de Saúde - DATASUS, e foi usada com referência ao ano de 2022.

A variável "**domicílios com banheiro**" indica o percentual da população que possui pelo menos um banheiro em seu domicílio. Dada a importância desse atributo nos domicílios e sua conexão com o uso de agua potável, a informação avalia o acesso a condições básicas de higiene e saneamento, segundo dados do Censo Populacional do IBGE de 2022.

Na *dimensão territorial* de variáveis para o índice, foram examinados indicadores que refletem as características geográficas e demográficas dos municípios, bem como sua relação com áreas protegidas e populações tradicionais.

A variável "**município em unidade de conservação**" traz o percentual do território do município que está inserido em áreas protegidas. Da mesma forma, a variável "**áreas indígenas**" indica o percentual da área do município que corresponde à territórios indígenas. Ambos os dados foram obtidos na base de dados do INPE, por meio da interseção das áreas dos polígonos de área dos municípios da Amazônia Legal e de Unidades de Conservação na Amazônia Legal e Áreas Indígenas na Amazônia Legal. Sabe-se da ampla presença de unidades de conservação e terras indígenas nos municípios amazônicos, tanto quanto do papel destas

formas de ordenamento territorial na permanência de áreas de floresta tropical conservada. Esses aspectos introduzem condições singulares de dispersão e isolamento na distribuição espacial da população, com implicações importantes sobre a cobertura dos serviços de água e saneamento.

A variável "**percentual de população fora da sede**" adiciona à análise a informação importante na Amazônia legal que é a dispersão geográfica da população dentro do território dos municípios. O valor da variável é o percentual de setores censitários que estão em distritos com nomes diferentes do distrito sede do município e que possuem mais de 1,5 km² de área, a partir dos dados disponíveis pelo Censo Populacional 2022.

A "**distância (em tempo) em relação a um centro de influência**" é uma proxy da acessibilidade do município em relação aos centros urbanos ou de maior influência regional. Assim como a variável anterior, insere na análise os elementos derivados da extensão do território dos municípios, e do relativo isolamento entre os núcleos urbanos. O valor foi calculado com base na distância, em minutos, do município até um centro de influência mais próximo na hierarquia 1 ou 2 da classificação do REGIC⁴/IBGE usando o modal mais rápido. Os dados foram obtidos a partir das métricas de influência encontradas pelo REGIC - Regiões de Influência das Cidades do IBGE, com referência ao ano de 2018.

Por fim, as variáveis "**elevada densidade de indígenas**" e "**elevada densidade de quilombolas**". Essas variáveis identificam os 77 municípios (logo 10% dos municípios da Amazônia Legal) com o maior percentual da população pertencente a esses grupos. Os dados são do Censo Populacional de 2022 do IBGE. Ambos os grupos, tem vivido condições históricas de baixo atendimento de infraestrutura urbana, social e déficits de segurança em seus territórios.

2.2 A técnica estatística da Análise de Componentes Principais (ACP)

A construção do índice de priorização de municípios para políticas de oferta de água foi realizada com a técnica de análise de componentes principais (ACP). Através de um procedimento matemático e estatístico simples a ACP permite sintetizar conjuntos de variáveis mais ou menos amplos em um índice sintético.

O objetivo é representar um conjunto de muitas variáveis em um número bem menor de índices. Estes índices, chamados componentes principais, sintetizam o comportamento assumido pelo

⁴ A pesquisa [Regiões de Influência das Cidades - REGIC](#) define a hierarquia dos centros urbanos brasileiros e delimita as regiões de influência a eles associados. É nessa pesquisa em que se identificam, por exemplo, as metrópoles e capitais regionais brasileiras e qual o alcance espacial da influência delas.

conjunto, graças à correlação com as variáveis originais. Dessa maneira, os componentes principais podem também ser utilizados como variáveis em outras técnicas estatísticas como a análise de clusters ou mesmo a análise de regressões. No caso em tela, os componentes principais são particularmente uteis na medida que permitem gerar uma hierarquia de indivíduos ou unidades de observação (Silva 2008; Mingotti 2005). Temos então uma técnica ajustada ao objetivo de analisar variáveis que representam diferentes dimensões relevantes para compreensão da questão hídrica na Amazônia. A técnica foi utilizada como método de extração para identificar o quanto cada variável contribui para explicar o fenômeno e organizar as variáveis para interpretar suas dimensões, isto é, para ajudar na determinação dos pesos de cada indicador proposto (Johnson e Wichern, 2015).

A ACP condensa o conjunto inicial de variáveis em um número menor delas, minimizando a perda de informações. O resultado é uma representação de um conjunto de muitas variáveis em um número bem menor de índices (Silva, 2008), no presente estudo essa redução foi até o limite da geração de um único índice representativo do conjunto das variáveis trabalhadas

Procedimentos

A primeira etapa na utilização da análise de componentes principais é a padronização das variáveis para que as mesmas passem a ter uma única escala e unidade de medida, que é o desvio padrão de cada variável. Essa padronização é realizada por:

$$Z_{j,i} = \frac{X_{j,i} - E(X_j)}{SD(X_j)}$$

Onde j é o índice da variável e i é o índice dos entes observados. $E(X)$ diz respeito ao valor esperado de X e $SD(X)$ ao seu desvio padrão.

A extração dos componentes principais foi realizada pelo método de decomposição em valores singulares, que também permite a extração de seus respectivos autovalores, representativos da variância explicada pelos componentes obtidos.

Com base nesses procedimentos serão gerados componentes, um para cada variável, esses componentes representam, cada um, combinações lineares das variáveis utilizadas na análise, entretanto, cada um se torna independente dos demais, isto é, passa a ser não correlacionado. Esse componente, pode ser representado por:

$$C_j = \sum_j^k \alpha_j Z_j$$

Onde C é um componente principal, k é o número de variáveis usadas na análise, α o peso ou a contribuição da variável (cuja extração foi realizada pela decomposição em valores singulares) para o componente e Z é a variável padronizada.

Para que isso seja feito, cada componente terá uma distribuição de pesos para o conjunto de variáveis, para que seu resultado seja independente dos demais, gerados também a partir de atribuição de pesos para as variáveis utilizadas, ou seja, cada componente apresenta seus próprios pesos individuais.

Além disso, à cada componente extraído está relacionado um número que indica a representatividade daquele componente para o conjunto da variação observada nos dados nas variáveis originais, esse valor serve para que a extração de componentes se dê de forma decrescente, isto é, de modo que o primeiro componente extraído apresente a maior representatividade possível, o segundo a segunda maior, e assim sucessivamente até o último.

Com a atribuição dos pesos para os componentes, é possível que algumas variáveis tenham maior participação em alguns componentes que em outros, especialmente para manter a independência entre os componentes gerados, dessa mesma forma, é possível concluir que alguns componentes são mais representativos de determinado conjunto mais relacionado de variáveis, com atribuição de pesos em maior magnitude, enquanto outras variáveis acabam sendo percebidas como menos representadas por esses componentes.

É importante perceber que todas as variáveis estarão presentes de forma bem representada em pelo menos um componente, entretanto, para o conjunto da análise essa adequação será sempre ponderada pelos autovalores do componente, o que permite perceber se aquele componente é um melhor ou um pior representante do conjunto.

Entretanto, a presente análise buscou manter a estrutura dos seus dados iniciais, e não procurou uma alternativa para reduzir o número de variáveis originalmente usadas na análise, dessa maneira, todos os componentes gerados foram usados para o cálculo de um número base para o índice calculado para auxiliar na priorização dos municípios na expansão da oferta de serviços de água tratada na Amazônia Legal. Isto é:

$$IB_i = \sum_j^k \lambda_j C_{j,i}$$

De modo que cada município apresentará um valor no índice, que é a média ponderada entre os valores componentes de cada município e o autovalor desse componente. Esse índice, entretanto, ainda passa por mais uma modificação para facilitar sua visualização, ele é

ponderado entre 0 e 1000, para isso a segunda manipulação é realizada:

$$I_i = 1000 * \frac{IB_i - \min(IB)}{\max(IB) - \min(IB)}$$

Com isso, entretanto, é preciso recuperar os pesos associados a cada índice. Por se tratarem, durante todo o processo, de transformações lineares, é possível recuperar valores do índice a partir da reconstrução dos pesos ligados à cada variável por meio de uma regressão linear múltipla com o método de mínimos quadrados ordinários, no formato:

$$I_i = \beta_0 + \sum_j^k \beta_j W_{j,i}$$

A forma funcional da regressão acima capta completamente a variância dos dados padronizados W. Trata-se então apenas de encontrar os coeficientes β que representam o resultado das transformações ou manipulações algébricas realizadas anteriormente. É importante observar, entretanto, que nesse caso a regressão gera um intercepto adicional, o mesmo surge da padronização realizada para a escala de variação do índice ficar entre 0 e 1000.

A partir do cálculo do índice é possível avaliar o que sua variação representa e perceber que os municípios com maiores contingentes populacionais ainda sem acesso à água foram aqueles que tiveram valores mais próximos de zero. Isso indica que o índice deve ser usado como uma “réguia”, isso é, como uma métrica de hierarquização, com base na qual os municípios com menores valores são aqueles que devem ser priorizados.

Esses municípios foram agrupados pelo critério do percentil do índice calculado, isto é, foram divididos os seguintes grupos, do de maior prioridade para o de menor prioridade:

- ✓ Grupo 1: 20% municípios com menores valores do índice (grupo de alta prioridade);
- ✓ Grupo 2: 20% municípios com os segundos menores valores do índice;
- ✓ Grupo 3: 20% municípios com valores do índice intermediário;
- ✓ Grupo 4: 20% municípios com os segundos maiores valores do índice;
- ✓ Grupo 5: 20% municípios com maiores valores do índice;

Para facilitar a análise, foi elaborado um mapa para que se possa ter a percepção espacial e regional dos municípios, segundo seu critério de priorização, além disso, foram realizadas estimativas de quanto da população que atualmente não está ligada à rede geral e também não possui água de poço seria atingida em cada etapa, de forma cumulativa, com o atendimento dos municípios do grupo 1 a 5, em sequência. Esses resultados e a distribuição dos pesos estão

presentes na próxima parte deste relatório.

Resultados

A Tabela 10 com os dados da regressão apresenta a distribuição dos pesos a serem atribuídos pela técnica aos municípios da Amazônia Legal, permitindo sua hierarquização quanto à priorização no acesso à água, na forma de um índice. Esse índice é calculado a partir da técnica de análise de componentes principais e representa de que modo o município se situa em relação aos demais quanto ao acesso a oferta de infraestrutura hídrica, consideradas suas interações com as dimensões pré-estabelecidas (ambiental, institucional, territorial e socioeconômica). O índice padronizado varia entre 0 e 1000, situando os municípios com maior vulnerabilidade quanto mais próximos de zero e com menor vulnerabilidade quanto mais próximos de 1000.

Como dissemos acima, os coeficientes da regressão podem assumir tanto pesos positivos quanto negativos. Coeficientes com pesos positivos e valores maiores em uma variável representam maior facilidade na provisão de água tratada. Coeficientes negativos representam elementos que, caso presentes e quanto mais elevados os valores, contribuem para a vulnerabilidade do município quanto ao acesso à água tratada.

É importante se atentar para a magnitude do coeficiente. Com exceção da linha de base, que é uma constante criada após a análise de componentes principais por meio da padronização do índice entre valores de 0 a 1000, todos os demais coeficientes representam o impacto da variável na priorização.

As principais variáveis cujo coeficiente assume valor positivo foram:

- ✓ administração pública direta é fornecedora de serviço,
- ✓ capacidade de água disponível,
- ✓ índice de amostras fora do padrão,
- ✓ percentual de domicílios em municípios representativos de populações quilombolas,
- ✓ participação da administração pública direta na oferta do serviço,
- ✓ percentual da população já alcançado pela cobertura de água tratada,
- ✓ presença de leis específicas sobre saneamento básico e bacias hidrográficas,
- ✓ PIB per capita
- ✓ média do número de dias secos.

Tabela 10: Coeficientes da regressão linear para extração dos pesos do índice

Variáveis	Peso
Constante (linha de base)	714358
Fornecedor do serviço: somente administração pública direta	163000
Capacidade de água disponível	105817
Amostras fora do padrão	74219
Percentual de domicílios com banheiro	44312
Elevada densidade de quilombolas	37856
Fornecedor do serviço: administração pública direta	36364
Percentual de cobertura da rede de água tratada	32331
Possui legislação específica sobre saneamento básico e/ou gestão de bacias hidrográficas	19446
PIB per capita	12029
Dias secos	6405
Percentual de da população fora da sede	-1833
Planos e/ou ações de prevenção contra alagamentos	-12322
Incidência da pobreza	-20824
Percentual do município coberto pela hidrografia	-70799
Município em unidade de conservação	-100.564
Áreas indígenas	-112.443
Nota média do IDEB	-117.102
Elevada densidade de indígenas	-144.588
População sem acesso à rede de água ou a água de poços	-178.998
Pluviometria anual média	-214.974
Taxa de mortalidade infantil	-363.408
Distância (em tempo) em relação a um centro de influência	-395.898
Número de observações	772
R2	1.000
R2 ajustado	1.000
Erro padrão residual	0.000 (df = 749)
Estatística F	11,9 (10^33) (df = 22; 749)
Observação:	*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

Fonte: elaboração própria. Dados primário diversas fontes. Ver Tabela 5 e Tabela 8.

A presença de algumas variáveis nesse conjunto pode parecer estranho, como é o caso da variável fornecimento de água pela administração pública direta. O resultado indica que, em média, municípios em que as prefeituras participam do fornecimento de água tendem a se sair melhor do que aqueles com o conjunto das demais variáveis em valores próximos. Entretanto, é importante não usar essa interpretação de maneira isolada, linear e fixa quando trata-se de comparar municípios muito diferentes. Municípios com perfis muito distintos quanto a outros

critérios terão um conjunto muito diversificado nas demais variáveis, especialmente no caso de municípios de diferentes portes. Ainda assim, esse resultado pode ser importante como sinalização de um aspecto que, de fato, encontramos analisando os dados da natureza jurídica do prestador do serviço de água: a participação das prefeituras, especialmente com parcerias, tem sido crucial no crescimento da oferta do serviço, mesmo que sob certas restrições. Essa informação denota que as administrações municipais têm o potencial de atuar nessa frente e, podem ser incentivadas à ação por meio de uma política bem ajustada.

Os coeficientes das variáveis capacidade de água disponível, percentual de domicílios com banheiro, percentual de cobertura da rede de água tratada e PIB per capita sinalizam que, quanto maiores os valores dessas variáveis, melhores as condições têm tais municípios na provisão de água tratada aos seus habitantes.

A variável índice de amostras fora do padrão aparece com coeficiente de valor positivo. Embora isso pareça contra-intuitivo, o valor mais elevado pode se ligar à maior intensidade de operações de mensuração em municípios dotados de sistemas de tratamento e avaliação da qualidade da água mais bem estabelecidos. Essa característica elevaria o coeficiente positivo, indicando simultaneidade (ou “mesma direção”) entre o processo de amostragem da água e o avanço no tratamento e oferta de recursos hídricos.

Também aparecem com coeficientes de valores positivos municípios com mais alta densidade de quilombolas e municípios em que a legislação específica sobre o saneamento básico e gestão de bacias hidrográficas. A associação entre aparatos de regulação mais sólidos e melhor qualidade dos serviços é esperada. Já o aspecto da presença de grupos quilombolas não nos remete a uma explicação técnica clara.

As variáveis cujo coeficiente se apresenta negativo e de valor mais elevado, logo de maior impacto, foram:

- ✓ distância média em relação a um centro urbano de influência,
- ✓ taxa de mortalidade infantil,
- ✓ pluviometria anual média,
- ✓ contingente populacional sem acesso à rede de água ou à água de poços,
- ✓ elevada densidade de indígenas,
- ✓ nota média no Ideb,
- ✓ presença de áreas indígenas
- ✓ presença de unidades de conservação,

- ✓ percentual do município coberto por hidrografia,
- ✓ incidência da pobreza no município,
- ✓ existência de ações de prevenção contra alagamento
- ✓ tamanho da população fora da sede do município.

Novamente, pode causar estranheza o fato de variáveis cujo valor elevado geralmente representam aspectos positivos dos municípios que surgem aqui com coeficientes negativos. É o caso de presença de planos de ação para alagamentos e nota média do Ideb. Uma maneira de compreender esses casos é novamente a simultaneidade entre o fato de municípios que reconhecem a dificuldade de lidar com alagamentos e assim criam planos e ações de prevenção estão incluídos em um contexto de maior vulnerabilidade. No caso da nota do Ideb, é possível dizer que municípios com notas elevadas mas ao mesmo apresentam vulnerabilidade em outros aspectos. Essa situação é plausível no caso das capitais: municípios com populações periféricas extensas que têm baixo acesso à infraestrutura urbana, mas cuja capacidade orçamentária contempla razoavelmente bem a oferta de educação pública trabalha pela elevação da nota no Ideb.

Outras variáveis têm coeficiente com sinal próximo do esperado. É o caso das variáveis que denotam características territoriais e socioeconômicas que incidem como fatores dificultadores da expansão das redes, ou que tem condições socioeconômicas e demográficas difíceis. Aí estão municípios em condição de relativo isolamento, alta taxa de mortalidade infantil, com grande contingente populacional sem acesso à água, municípios que abrigam áreas indígenas e populações indígenas, elevada incidência de pobreza e com parte expressiva da população vivendo fora de sua sede.

Quanto aos aspectos ambientais, os coeficientes das variáveis desta dimensão indicam que os lugares mais vulneráveis em termos de acesso a água são, ironicamente, aqueles com grande abundância de fontes hídricas. Os coeficientes negativos de variáveis relativas à médias pluviométricas, percentual da superfície do município coberto pela hidrografia, números de dias atuais secos apontam nessa direção. Devemos notar que tais condições são comuns em um grande número de municípios com condições ambientais típicas do trópico úmido, que possuem áreas florestais abundantes. São municípios nos quais permanece a carência de infraestrutura social e física, implicando um perfil vulnerável em termos de acesso à água tratada, o que é ademais corrobora com o sinal da variável de número de habitantes ainda sem acesso à água.

É importante notar que a questão da insuficiência da infraestrutura física nesses municípios, onde existe água abundante, chuva e poucos dias secos, pode a princípio levar à

proposição de que se trata de uma questão de difundir as infraestruturas existentes. Nesse caso, tal difusão implicaria também a difusão de condições de urbanização convencionais. Ora, seja em função da coincidência desta característica com os aspectos de dispersão e isolamento relativo das populações e, *mais ainda*, em função da importância ambiental dessas áreas, é muito importante que se considere a necessidade e a oportunidade de outros padrões de urbanização na Amazônia.

Na região Nordeste do país, nos últimos vinte anos, a gramática das políticas de acesso à água foi muito alterada pela emergência da concepção de convivência com o semiárido e não mais da ideia de combate à seca. De modo análogo, no caso da Amazônia, é importante pensar que a organização conceitual das políticas do setor teriam um grande ganho em se orientar pela concepção de convivência com o trópico úmido.

A tabela da regressão calculada permite observar a distribuição dos pesos a serem usados para ordenar os municípios da Amazônia Legal quanto à priorização dos mesmos no acesso à água, na forma de um índice. Esse índice é calculado a partir da técnica de análise de componentes principais e representa o quanto avançado o município está em suas maiores demandas por acesso a recursos hídricos. Este índice padronizado varia entre 0 e 1000, representando municípios com maior vulnerabilidade quanto mais próximos de zero e com menor vulnerabilidade quanto mais próximos de 1000.

Dessa maneira, os coeficientes da regressão se dividem em pesos positivos e negativos. Coeficientes com pesos positivos e um valor maior nessa variável representam uma maior facilidade na provisão de água tratada, enquanto coeficientes negativos representam elementos que, quanto maiores ou caso presentes, aumentam a vulnerabilidade do município na questão do acesso à água tratada.

É importante se atentar quanto à magnitude do coeficiente. Com exceção da linha de base, que é uma constante criada após a análise de componentes principais por meio da padronização do índice entre valores de 0 a 1000, todos os demais coeficientes representam o impacto da variável na priorização.

As principais variáveis com valor positivo foram: quando somente a administração pública direta é fornecedora de serviço, a capacidade de água disponível, o índice de amostras fora do padrão, o percentual de domicílios em municípios representativos de populações quilombolas, a participação da administração pública direta na oferta do serviço, o percentual da população já alcançado pela cobertura de água tratada, a presença de leis específicas sobre saneamento básico e bacias hidrográficas, o pib per capita e a média de dias secos.

Algumas variáveis nesse conjunto podem parecer estranhas, como no caso do fornecimento de água pela administração pública direta. O resultado indica que, em média, municípios em que as prefeituras participam do fornecimento de água tendem a se sair melhor do que aqueles com o conjunto das demais variáveis em valores próximos. É importante não interpretar essa variável dessa forma quando se comparam municípios muito diferentes, uma vez que estes terão um conjunto muito diversificado nas demais variáveis, especialmente no caso de municípios de diferentes portes. Ainda assim, esse resultado pode ser importante como indício de que a participação das prefeituras, especialmente com parcerias, deve ser incentivada pela política.

As variáveis de capacidade de água disponível, percentual de domicílios com banheiro, percentual de cobertura da rede de água tratada e per capita revelam que, quanto maiores forem os valores dessas variáveis nos municípios, mais propensos eles estão a ter avançado na questão da provisão de água tratada.

O índice de amostras fora do padrão, que aparece como valor positivo, pode estar ligado a uma maior mensuração em municípios com sistemas de tratamento e mensuração da qualidade da água mais avançados, o que levou ao seu coeficiente positivo, indicando uma simultaneidade entre o processo de amostragem da água e o avanço no tratamento e oferta de recursos hídricos.

Também aparecem com valores positivos municípios com elevada densidade de quilombolas e municípios em que a legislação específica sobre o saneamento básico e gestão de bacias hidrográficas.

As variáveis negativas de maior impacto foram a distância média em relação a um centro de influência, a taxa de mortalidade infantil, a pluviometria anual média, o contingente populacional sem acesso à rede de água ou à água de poços, municípios com elevada densidade de indígenas, a nota média no Ideb, a presença de áreas indígenas, a presença de municípios e unidades de conservação, o percentual do município coberto pela hidrografia, a incidência da pobreza no município, a existência de ações de prevenção contra alagamento e o tamanho da população fora da sede do município.

Algumas variáveis foram a presença de planos relacionados a alagamentos e a nota média do Ideb, uma vez que representam aspectos positivos dos municípios. O que pode acontecer nesses casos é a presença de simultaneidade, em que municípios que já reconhecem a dificuldade de lidar com alagamentos e já criaram planos e ações de prevenção estão incluídos em um contexto de maior vulnerabilidade. É possível que, no caso da nota do Ideb, municípios com elevadas notas apresentem vulnerabilidade em outros aspectos simultaneamente, principalmente

nas capitais.

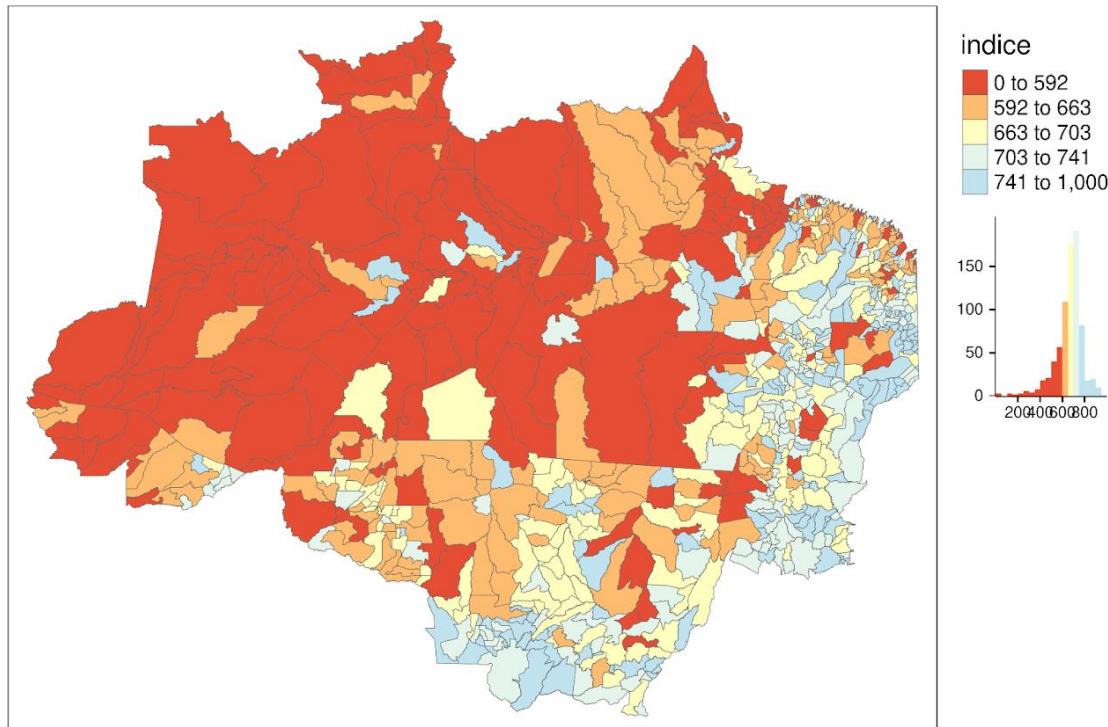
Outras variáveis têm um sinal mais próximo do esperado, como no caso de municípios afastados com elevada taxa de mortalidade infantil, com grande contingente populacional ainda sem acesso à água, municípios que abrigam áreas indígenas e suas populações, aqueles com elevada incidência de pobreza e com boa parte de sua população vivendo fora de sua sede.

Em quantos aos aspectos ambientais, o conjunto dos coeficientes permite perceber que os lugares mais vulneráveis são aqueles com grande abundância de fontes hídricas, seja no caso de elevadas por biometrias, dando as médias com grande percentual da superfície do município coberto pela hidrografia e com aqueles com os menores números de dias atuais secos, indicando um perfil ligado à vulnerabilidade, corroborado principalmente pelo sinal da variável de número de habitantes ainda sem acesso à água.

Os grupos de priorização

Com base nos valores de coeficiente estimados pelas técnicas de componentes e análise de regressão discutidos acima, chegamos então ao agrupamento dos municípios segundo a hierarquização de prioridades na formulação de políticas para acesso à água. A Figura 1 ilustra a distribuição dos municípios segundo grupos na Amazônia Legal.

Figura 1: Amazônia Legal: Distribuição dos municípios, segundo grupos de priorização.



Fonte: Diversas Bases (Ver Tabela 5 a Tabela 8) - Elaboração dos autores.

É possível perceber um padrão de prioridade maior nos estados do Acre, Amazonas, Pará e Maranhão, especialmente no sul do Amazonas e no oeste do Pará. Por outro lado, algumas áreas dos estados do Mato Grosso, Maranhão e Tocantins apresentaram menores densidades de municípios a serem priorizados.

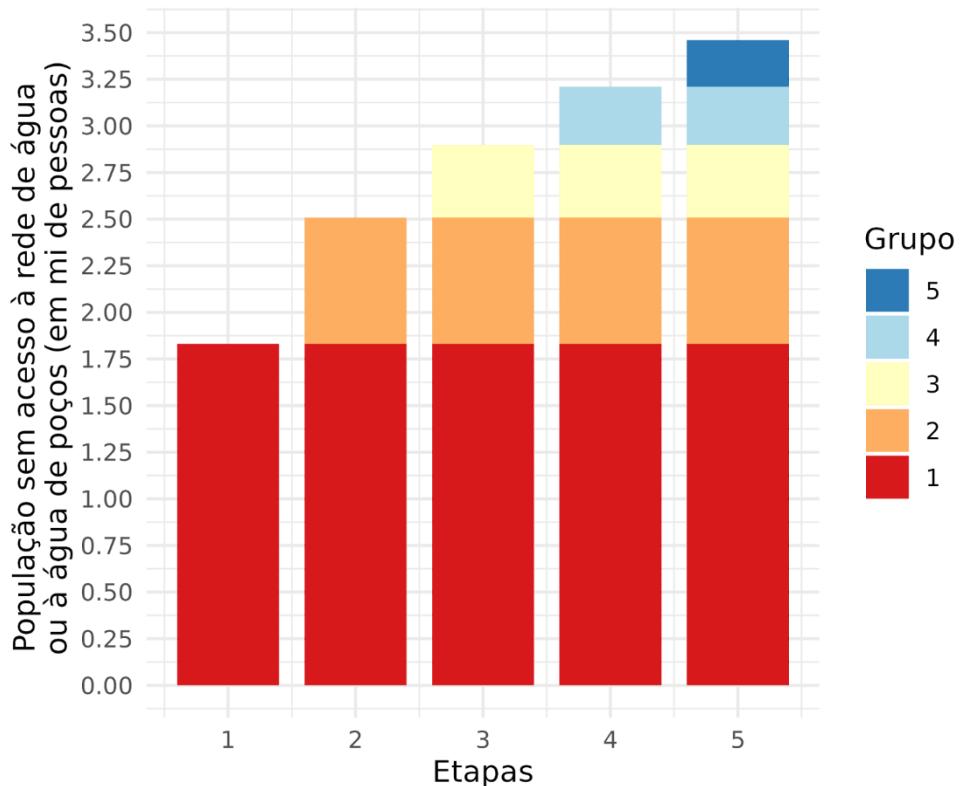
Outro destaque importante é o fato de que as capitais da região apresentaram uma tendência à priorização a partir do cálculo do índice. Trata-se de um resultado até certo ponto contraintuitivo. Isso porque, com base na experiência de outras regiões do país, um exercício estatístico montado para definir a priorização de políticas de atendimento áreas com população sem atendimento por infraestrutura de água geralmente não indicaria capitais de estado como prioritárias. As capitais de estados do centro sul – e talvez até da região Nordeste – tem níveis de atendimento mais elevados, dado um histórico de investimentos em infraestrutura mais longo e mais consolidado do que na Amazônia. Além disso, dadas as condições de ordenamento territorial da Amazônia, como municípios com territórios extensos e localidades relativamente isoladas também ocorrem nas capitais. Tomando os casos das duas maiores capitais da Amazônia – Manaus e Belém: ambas têm contingentes de população na atendida por infraestrutura de água que são muito grandes – 197.575 e 127.506 pessoas respectivamente. Além da ampla escala de grupos sem acesso a água, a complexidade do território cria dificuldades de acesso e extensão da infraestrutura. É o caso de Belém, capital na qual 60% do território é insular e tem distritos

bastante afastados da sede, nos quais grande número de pessoas não tem acesso à água tratada e as vezes nem à alternativa urbana mais comum: os poços. Essas condições colocam algumas capitais amazônicas no rol de município prioritários.

O índice calculado para os municípios da Amazônia Legal permite gerar uma priorização que pode ser agrupada em grupos a partir do critério de percentis. As técnicas estatísticas aplicadas indicaram a definição cinco percentis ou grupos com número idêntico de municípios. No Gráfico 1 percebemos que o primeiro percentil reúne 20% dos municípios com as maiores necessidades de priorização no acesso à água. Esse é o conjunto demograficamente mais extenso, com quase 2 milhões de habitantes da região, considerando indivíduos sem acesso à rede geral e sem a alternativas de água de poço. É importante notar que – muito embora os demais grupos tenham o mesmo número de municípios, o tamanho da população será muito menor.

O próximo grupo, *quando somado ao primeiro*, atinge uma população de 2 milhões e 500 mil habitantes. A partir desse grupo, o incremento de população atingida se dá a taxas mais lentas. Nesse contexto, também é possível perceber que o primeiro grupo sozinho corresponde a mais da metade da população que ainda precisa ser alcançada, ou seja, que ainda não possui acesso à água em quantidade e qualidade adequadas na Amazônia Legal.

Gráfico 4: Amazônia Legal: Distribuição de população total segundo grupos de priorização;(valores cumulativos)



Fonte: Diversas Bases (Ver Tabelas X a Y) - Elaboração dos autores

Uma questão importante a se considerar na adequação do índice e na sua acurácia para orientar uma política de priorização de investimento no serviço de acesso é quanto à coberto de áreas e populações rurais. Para avaliar a compatibilidade do índice com a realidade das populações rurais foi usada uma estratégia para estimativa a parcela da população rural pertencente a cada município que não possui acesso ao serviço de água com captação contínua e tratamento adequado

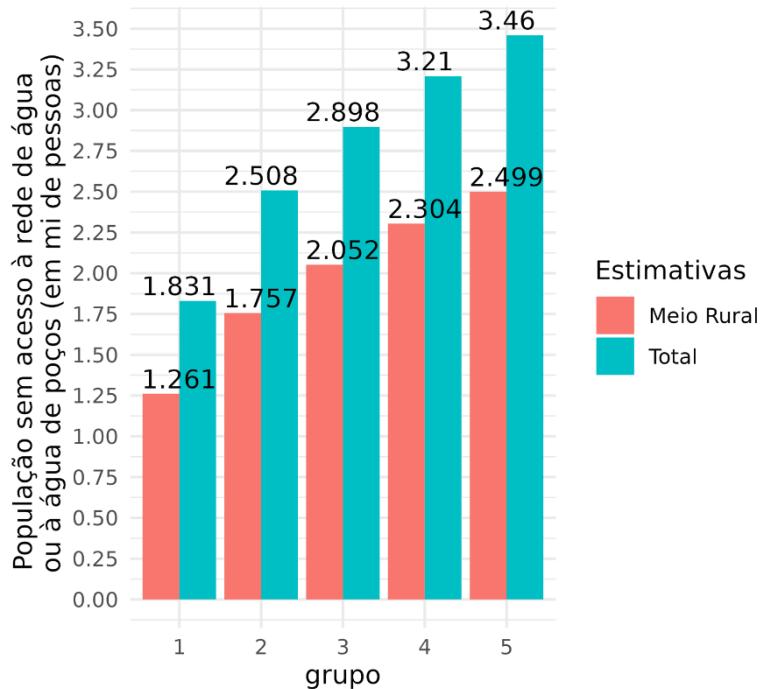
Uma dificuldade para realizar essa estimativa é o fato de que os dados do Censo Demográfico 2022 não foram ainda complementarmente divulgados. Para construir uma aproximação dos dados que não possuímos, empregamos as informações do Censo Demográfico 2010, com as quais foram calculadas as proporções de moradores residentes em áreas rurais em cada município que não possuem acesso à água:

$$\text{Prop rural sem acesso} = \frac{\text{Pop sem acesso rural}}{(\text{Pop sem acesso rural} + \text{Pop sem acesso urbana})}$$

Desse modo temos uma aproximação do percentual de pessoal residentes em área rural que em cada município da Amazônia Legal apresenta não possuem água de poços ou da rede geral. Com base nessa proporção calculada, e com o pressuposto instrumental de que essa

proporção não se alterou, estimamos o tamanho população rural sem água a partir da população total do município do Censo 2022. A figura a seguir mostra essas estimativas comparativamente aos resultados apresentados na figura anterior.

Gráfico 5: Amazônia Legal: População total e rural estimada nos grupos de priorização.



Fonte: Várias bases – Elaboração dos autores.

Com base nesses resultados é possível perceber que a priorização proposta é aquela que alcança, em seu primeiro grupo, mais da metade da população rural ainda sem água na região. É importante destacar que essa pode ser uma subestimação do problema, uma vez que a proporção utilizada baseada nos dados de 2010 pode estar superestimando a proporção representada pelos domicílios rurais no acesso à água em 2022, uma vez que é mais provável que os avanços no acesso entre os dois censos tenham se dado no meio urbano, e não no meio rural, especialmente considerando o caso de comunidades isoladas.

Os valores do índice calculado foram normalizados em uma escala que varia de 0 a 1000, em que se atribuiu o valor 0 ao município com o pior índice. Entre os estados que compõem a Amazônia Legal, Amazonas e Pará se destacam, representando mais da metade dos municípios com os piores índices da região, além de apresentarem suas capitais como membros dos 20 municípios com menores valores no índice.

Apesar de algumas capitais apresentarem percentuais relativamente melhores em relação ao acesso a água tratada e presença de banheiro nos domicílios, elas ainda enfrentam desafios

devido ao grande número absoluto de habitantes sem acesso a esses serviços. Um exemplo disso é Manaus, que, embora tenha índices superiores em termos de acesso à água e presença de banheiros nos domicílios, ainda tem uma quantidade considerável de pessoas sem acesso à água tratada. Manaus e Belém, como apontam os resultados da Tabela 1, embora não tenham proporções tão elevadas de moradores sem água no meio rural, ainda apresentam contingente populacional rurais sem acesso bastante elevado, ambos na faixa de 40 mil moradores.

Municípios como São Gabriel da Cachoeira e Tabatinga, que ocupam os primeiros lugares da lista, apresentam dificuldades em termos de acesso à água tratada e também com relação a outros indicadores que tiveram peso elevado, como no caso de acesso à banheiros pelos domicílios, no caso de São Gabriel da Cachoeira, por exemplo, segundo o Censo Populacional 2022, apenas 46% da população possuía banheiro no domicílio e Tabatinga representa um município bastante afastado dos grandes centros de influência da região, além disso, ambos apresentam cerca de 90% de suas áreas sobrepostas por áreas indígenas.

Tabela 11: Amazônia Legal: Vinte municípios prioritários (com menores valores no índice de acesso a água), segundo análise de variáveis selecionadas sobre o acesso aos serviços.

Posição	Município	Índice	População total sem água da rede ou poço	População rural estimada sem água da rede ou poço
1	S. Gabriel da Cachoeira (AM)	0,0	27.587	25.176
2	Tabatinga (AM)	3,5	11.358	9.947
3	Manaus (AM)	12,2	197.575	38.842
4	Atalaia do Norte (AM)	131,6	8.005	6.847
5	Japurá (AM)	132,3	3.271	3.135
6	Santo Antônio do Içá (AM)	135,7	9.297	7.401
7	Itamarati (AM)	159,2	3.160	3.040
8	Benjamin Constant (AM)	167,3	15.959	10.963
9	São Paulo de Olivença (AM)	205,1	18.173	15.415
10	Maraã (AM)	218,1	6.802	6.439
11	Belém (PA)	229,7	127.506	40.597
12	Jutaí (AM)	252,8	6.481	6.166
13	Tonantins (AM)	255,5	5.818	5.484
14	Barcelos (AM)	261,2	7.655	7.494
15	Tefé (AM)	274,0	9.370	8.021
16	Oiapoque (AP)	296,4	2.371	1.868
17	Alvarães (AM)	297,0	3.866	3.554
18	Uarini (AM)	319,4	3.102	2.923
19	Alto Alegre (RO)	335,5	9.501	9.472
20	Fonte Boa (AM)	335,9	7.260	6.686

Fonte: Várias bases – Elaboração própria

ACESSO A ÁGUA PARA COMUNIDADES ISOLADAS NA AMAZÔNIA LEGAL: A OPÇÃO DAS TECNOLOGIAS SOCIAIS

O debate sobre o abastecimento de água para comunidades isoladas na Amazônia Legal deve considerar aspectos relativos às características do território, dos domicílios e de suas populações, bem como da disponibilidade hídrica e das tecnologias disponíveis para captação e tratamento da água. Dado o padrão de dispersão das localidades e dos domicílios rurais na região a utilização de tecnologias alternativas para captação e tratamento da água, que possam operar de forma isolada, sem necessariamente se interligarem às redes construídas para atender as sedes dos municípios, devem ser tomadas como alternativas viáveis para atingir as metas de atendimento da água potável previstas no último Plano Nacional de Saneamento Básico.

O conjunto de tecnologias disponíveis para captação e tratamento de água podem ser enquadradas no que se entende como Tecnologia Social, observados neste relatório a partir do recorte proposto por Dagnino *et al* (2004 p. 20), que entende as TS's mais como um processo de inovação de caráter social, pois que se concretiza e se desenvolve, de forma coletiva e participativa pelos atores interessados na transformação das condições presentes na construção de um cenário desejável. Os autores entendem, portanto, que a TS é um processo contínuo de construção social (e político) e não apenas um produto a ser operacionalizado sob condições, muitas das vezes, exógenas ao do ambiente onde irá ocorrer (DAGNINO *et al*, 2004 p. 37)

Para a questão do saneamento na Amazônia Legal é fundamental essa distinção TS como produto e TS como processo. Em que pese a necessidade premente de ajuste das TS de captação e tratamento de água aos diferentes contextos intrarregionais, a própria forma de gestão comunitária das TS's de captação e tratamento de água são evidenciadas como condições fundamentais para a manutenção da eficiência desses sistemas (MOURA, 2007).

A partir de levantamento do Banco de Tecnologias Sociais da Fundação Banco do Brasil é possível perceber que na região amazônica os agentes responsáveis pela implantação e avaliação de TS's que envolvem captação e tratamento de água tem atuado de forma dispersa e muitas vezes desarticuladas. A nível de iniciativas das instituições do Estado destacam-se nesse levantamento as TS's desenvolvidas e implantadas pelos Institutos de pesquisa do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação, como o Instituto Mamirauá e o

Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), assim como algumas tecnologias para abastecimento em áreas de agricultura familiar desenvolvidas pela a Empresa Brasileira de Pesquisas Agropecuárias Amazônia Oriental, além de iniciativas mais pontuais, muitas vezes de caráter extensionistas ou ligadas a projetos de pesquisa, das Universidades Federais da região, como a Universidade Federal Rural da Amazônia e a Universidade Federal do Pará.

Tabela 12: Tecnologias Sociais para recursos hídricos nos Estados da Amazônia Legal, listadas no Banco de Tecnologias Sociais da Fundação Banco do Brasil

UF	Nome da Tecnologia social	Instituição desenvolvedora	Tipo de solução
Pará	Banheiro ecológico: saneamento descentralizado para comunidades ribeirinhas	Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)	Saneamento
Pará	Irrigapote: reuso de águas pluviais na agricultura familiar	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa Amazônia Oriental	Captação de água para agricultura
Pará	Sistema de captação de água da chuva adaptável para regiões alagáveis	Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA)	Captação e tratamento de água para agricultura e uso domiciliar
Pará	Tecnologia social de aproveitamento de água de chuva na Amazônia	Universidade Federal do Pará (UFPA)	Captação e tratamento de água para agricultura e uso domiciliar
Amapá	Filtro ecológico alternativo	Instituto de Desenvolvimento Rural do Amapá-Rurap	Tratamento de água para uso domiciliar
Amazonas	Desinfecção solar de água	Instituto Nacional De Pesquisa Da Amazônia (INPA)	Tratamento de água para uso domiciliar
Amazonas	Fossa alta comunitária	Instituto De Desenvolvimento Sustentável Mamirauá (IDSM)	Saneamento
Amazonas	Sistema de bombeamento e abastecimento de água com energia solar	Instituto De Desenvolvimento Sustentável Mamirauá (IDSM)	Captação e tratamento de água para agricultura e uso domiciliar

Fonte: Fundação Banco do Brasil. Elaboração dos autores.

A literatura disponível sobre o tema, apesar de restrita em termos de análises mais extensas da aplicação dessas TS's nas diversas realidades sócio-territoriais que compõem a Amazônia Legal, apontam para as tecnologias de captação de águas pluviais e de captação de água diretamente dos corpos d'água da região, como rios e igarapés, como TS's com potencial para ampliar o acesso a água potável nas comunidades isoladas da região. Mesmo

assim, ainda existem gargalos de difícil resolução técnica que impedem a ampliação na difusão dessas soluções.

A pesquisa de Neu *et al* (2018) em estudo de TS de sistemas de captação e recolha de água da chuva em comunidades ribeirinhas da Amazônia Oriental, por exemplo, demonstrou que para sistemas, com reservatórios de mil litros de água, uma cobertura de aproximadamente 30 metros quadrados de área de coleta e seis metros lineares de calha. Com esse dimensionamento se torna possível suprir o consumo de uma família de até 6 por um período superior a 318 dias durante um ano, sendo que esse valor pode ser facilmente reajustável ampliando o reservatório para dois mil litros de água, sem haver necessidade de reajuste nas dimensões da cobertura ou das calhas. Além disso, as águas coletadas pelo sistema apresentaram uma acidez ligeiramente acima dos níveis recomendados mas ainda assim, abaixo dos níveis presentes nas águas minerais disponíveis no mercado, assim como o comprometimento da potabilidade de água foi resultado, segundo os autores, em negligências do usuário na limpeza das áreas de coleta e manutenção do sistema.

Ainda na Amazônia Oriental Lobo et al. (2013) buscaram investigar a viabilidade de abastecimento de água na região insular de Belém a partir de um experimento que combinou o uso de captação de água da chuva para armazenamento em cisternas e tratamento com o SODIS (sigla em inglês para *Solar Disinfection System*), que promove a desinfecção da água captada com a utilização da radiação solar. A avaliação dos autores é que o sistema funciona com a utilização de garrafas PET higienizadas para captar água dos reservatórios por meio de torneiras e posterior exposição à radiação solar durante seis horas consecutivas.

Dentre as vantagens destacadas por Lobo et al. (2013) estariam a facilidade de acesso a água, a disponibilidade de água tratada para a comunidade, a participação da comunidade no uso da tecnologia e a melhora na saúde da população, com redução de doenças de veiculação hídrica. Entretanto, os autores admitem que o sistema requer constante manutenção para garantir que a água esteja potável, como limpeza das calhas, garrafas pets e reservatórios. Além disso, é preciso realizar de forma correta a exposição ao sol.

Além da captação da água das chuvas, outras alternativas de TS tem sido utilizadas para ampliar o acesso à água em localidades isoladas na Amazônia, especialmente nas regiões de várzea. Um exemplo disso é a iniciativa que é objeto do estudo de Gomes et al (2019), que consiste na construção de um sistema de armazenamento e bombeamento de água, fazendo uso de energia fotovoltaica que se mantém flutuando no rio. A principal instituição

responsável pela iniciativa é o IDSM, que atua nas comunidades da reserva de Desenvolvimento Sustentável Mamirauá.

Nesse sistema, a água é captada do rio e bombeada para um reservatório com uso de energia solar a partir de placas fotovoltaicas. No reservatório, a água passa por uma filtragem lenta e então é distribuída para outros reservatórios ligados aos domicílios da comunidade. Em comunidades maiores, a água da chuva é uma alternativa complementar, também bombeada para o reservatório principal a partir de uma cisterna, com uso de energia solar. Para o consumo final, além da filtragem, soluções de cloro são utilizadas para melhorar a qualidade da água.

Os autores argumentam que o sistema tem um conjunto de vantagens importantes: em relação ao uso de cisternas que armazenam a captação da água da chuva, ele evita que nos meses de seca (setembro a novembro) a comunidade perca o acesso à água. Por sua vez, em comparação à captação por meio da perfuração de poços, a solução supera as dificuldades presentes na perfuração em áreas de várzea, aonde os resultados em termos de odor e turbidez podem ser indesejáveis. A medida também representa uma baixa necessidade de intervenção da comunidade na operação.

Em relação ao uso de diesel para abastecimento de geradores a energia solar representa um baixo custo de operação, uma vez que com o uso de diesel a comunidade precisava escolher entre ligar o abastecimento de água e outras finalidades, o que prejudicava o acesso à água. Além disso, o motor a diesel precisa ser operado manualmente, enquanto as placas fotovoltaicas podem flutuar no rio, sendo menos propensas às variações do seu nível (inclusive inundações)..

Pacífico et al. (2021) também investigam a captação da água dos rios usando bombas movidas por meio de energia solar fotovoltaica. Nessa alternativa, a água é bombeada até um reservatório central onde passa por um pré-tratamento com a remoção de sólidos, logo após esse tratamento, a água se encontra disponível para distribuição encanada para as famílias. Entretanto, além da perspectiva de custos das placas fotovoltaicas, o tratamento usado pelo sistema não se mostrou suficiente para eliminar a presença de parasitos, indicando uma necessidade de um tratamento complementar para que a água esteja potável. Entretanto, Gomes et al (2019) observam que trata-se de um sistema caro para implementar em larga escala por conter o componente fotovoltaico de alto investimento inicial, o que pode restringir a medida. Além disso, como destaca Moura (2007), a instalação e manutenção

desses sistemas nas 12 comunidades da área experimental da Reserva Mamirauá depende diretamente do envolvimento comunitário.

Em termos de tecnologia de tratamento, o trabalho de Ferreira et al. (2016) investigou a eficácia de cloradores simplificados por método de difusão no tratamento de água, que receberam um recipiente de plástico como pvc ou garrafa pet contendo hipoclorito de cálcio (340 gramas) a 65% de cloro ativo para desinfecção. Junto a esse componente há areia lavada sem matéria orgânica ou argila. Essa mistura estará dentro da garrafa PET com furos pendurada por um fio de nylon no poço cacimbão e o hipoclorito é liberado aos poucos (controlado pela areia) com potencial de desinfecção de 2 mil litros com liberação de até 30 dias.

Embora a medida tenha gerado uma redução significativa de coliformes fecais na água e do baixo custo do uso da solução de cloro, existe um elevado custo de abertura dos poços para os moradores, além de não promover uma descontaminação completa, exigindo filtração para controlar os organismos que se ligam a elementos sólidos.

Ribeiro et al. (2018) também investigaram o potencial de um sistema de tratamento com clorador simplificado em escolas rurais do Estado do Acre. O tratamento de água é feito com base em tecnologia desenvolvida pela EMBRAPA de São Carlos, para uso de hipoclorito de cálcio granulado a 65%.

Nesse caso, o sistema é acoplado ao fornecimento de água das escolas e foi capaz de reduzir significativamente as amostras de água fora da conformidade. Entretanto, os autores admitem que treinamento, palestras, a instalação do equipamento e o fornecimento de materiais e insumos são necessários para o sucesso da medida. Isto é, ela precisa estar diretamente associada à rotina de funcionamento das escolas.

Como alternativa para o uso do cloro, as populações sem acesso à água tratada também podem recorrer à fervura da água, entretanto, esse é um método que demanda tempo, cuidado e gastos com insumos energéticos. Visando a mitigação desses esforços, o estudo de Heitzinger et al. (2020) fez um experimento na Amazônia Peruana com um dispositivo indicador de pasteurização da água (WAPI, sigla em inglês para *water pasteurization indicator*). O dispositivo é voltado para o tratamento da água no fogão, mas indica quando a água está com seu processo de pasteurização completo.

Como vantagens destacadas pelos autores, o dispositivo indicador representa uma redução do uso de energia utilizada na pasteurização da água, uma vez que o uso do WAPI

reduz o tempo necessário para o tratamento da água. Além disso, alguns usuários relataram que o gosto pode ser melhor que o comparado ao uso de cloro, embora as crianças dos domicílios tenham apresentado certa rejeição ao sabor da água que passa por esse tratamento.

O WAPI também pode ser útil quando a disponibilidade de cloro não é garantida para as populações mais pobres, bem como por não criar dúvidas nos usuários com relação à dosagem correta para o tratamento da água, como no caso das soluções com cloro.

No contexto de alternativas ao uso do cloro, a literatura recente sobre o tratamento da água aponta a importância de avançar no uso da luz solar como forma de desinfecção da água. Nesse contexto, os sistemas de SODIS (desinfecção solar) e SOPAS (pasteurização solar) têm recebido atenção, especialmente sistemas autônomos de desinfecção solar.

A desinfecção solar, ou SODIS (sigla em inglês para *Solar Disinfection System*) consiste, tradicionalmente, em armazenar sob a luz do sol a água contaminada em recipientes do tipo PET por 6 a 12h (em caso de baixa incidência dos raios solares). Usa as propriedades ópticas e térmicas do sol. Segundo Chaúque e Rott (2021) o SODIS tradicional é um método barato para desativar organismos vivos na água, inclusive os resistentes ao cloro, sendo também capaz de potencializar o papel antimicrobiano do cloro.

Entretanto, o SODIS tradicional não é capaz de tratar uma quantidade muito grande de água no intervalo de um dia. Além disso, a presença de garrafas pets (que precisam ser trocadas a cada 6 meses) pode ser escassa em comunidades rurais e a manutenção do sistema pode criar uma sobrecarga na rotina diária das comunidades, uma vez que a água precisa passar por um processo diário de desinfecção, finalmente, o sistema é sensível à disponibilidade de luz solar.

Uma vantagem adicional do sistema SODIS, conforme verificado por Vivar e Fuentes (2016) é a capacidade disponibilidade de realizar desinfecção solar seguida de armazenamento da água dentro das residências em temperaturas inferiores a 30 graus celsius em ambientes com pouca luz, uma vez que a água completamente descontaminada apresenta uma chance muito reduzida de ser contaminada novamente, isto é, a tecnologia funciona no tratamento e pode gerar armazenamento da água tratada.

A técnica do SODIS pode ser utilizada em combinação com um filtro lento de areia, nessa técnica, conforme Sutomo et al. (2021) a água não tratada passa por um tanque com seixo e areia, de modo que apenas processos físicos são executados. Durante o processo de filtragem, microorganismos no reservatório de água desenvolvem uma fina camada que

elimina os patógenos através da “flocação biológica” e desenvolve toxinas que matam ou removem vírus e bactérias.

A água tratada que passa pelo filtro é armazenada em um reservatório para posterior distribuição. Esse sistema, entretanto, precisa de manutenção e pode ser uma alternativa mais viável quando se pensa em comunidades maiores, pois envolve treinamento.

Nesse contexto, sistemas integrados, especialmente com o uso de SODIS, tem sido pensados para gerar água tratada em quantidades compatíveis com o modo de vida de comunidades rurais isoladas, um desses exemplos é o que está no estudo de Chaúque e Rott (2021), que testaram a viabilidade de unidades de desinfecção solar longas com captação direta (rios, represas, cisternas, poços, etc) que usam potencializadores/catalisadores de luz solar para aumentar rapidamente a temperatura e criar um fluxo contínuo de tratamento até que seja feito o armazenamento.

Segundo os autores, esse sistema é capaz de gerar um aumento considerável da temperatura da água durante seu tratamento, sendo capaz de lidar com microrganismos mais resistentes. Além disso, permite um tratamento de um maior volume de água por gerar armazenamento para uso em períodos de baixa incidência de raios solares. O sistema é passível de capacidade de integração com um pré-tratamento, para redução da turbidez e também representa um menor requisito operacional da comunidade.

Entretanto, os autores admitem que o uso de materiais e técnicas diferentes, com maior custo, pode ser restritivo para pequenas comunidades e que o sistema precisa combinar os sistemas que usam o calor e a radiação solar para atingir seus objetivos, requerendo um conjunto mais sofisticado de técnicas.

Também nesse sentido, o trabalho de Manfrida, Petela e Rossi (2017), apresenta perspectivas sobre o uso de um sistema de desinfecção solar com circulação. Esse sistema é baseado no uso de coletores solares térmicos comerciais em um sistema de circulação natural que não requer eletricidade, projetado para tempo de residência adequado para desinfecção por pasteurização, com capacidade de tratamento de 40 a 80L/dia por m² de coletor.

Os autores destacam o baixo custo da alternativa, em especial por não incorrer em consumo de eletricidade (os coletores solares movimentam a água com base na sua temperatura), além de apresentar facilidade de manutenção e uso (usa um sistema natural de circulação). Entretanto, também é pontual que a depender do local onde for implementado, com características que envolvem latitude e clima, a produtividade do sistema pode ser

reduzida.

Por fim, dentro de uma análise mais ampla entre as Unidades de Conservação da Amazônia, a pesquisa de Bernardes *et al* (2018) apresentou resultados quali-quantitativos do projeto Sanear Amazônia, que vem sendo executado pelo Ministério de Desenvolvimento Social (MDS) desde 2007 em Unidades de Conservação localizadas na Amazônia Legal. No caso do trabalho citado as pesquisas foram realizadas em 16 unidades de conservação da Amazônia, administradas pelo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio) e em projetos de assentamento extrativista (PAE), administrados pelo Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (INCRA). Ao todo a pesquisa de Bernardes *et al* (2018), levantou a situação de 145 TS's implantadas nessas localidades e que ainda se encontravam em funcionamento. Os resultados do estudo conduzido pelos autores sobre o Projeto destacam a necessidade de protagonismo social das comunidades e dos parceiros envolvidos no projeto para a viabilidade do desenvolvimento execução do projeto.

Tabela 13: Tecnologias Sociais de abastecimento e tratamento de água em operação na Amazônia Legal

Tipo de Sistema	instituição promotora	Custo médio de implantação na Amazônia (R\$)	Tipo de fornecimento de Energia elétrica	Possui sistemas suplementar	Possui Saneamento Domiciliar	Tipo de tratamento de água
Sistema Pluvial Multiuso Comunitário	MDS	22.656,93	Gerador a diesel	Sim	Não	Aeração e filtragem
Sistema Pluvial Multiuso Comunitário para várzea	MDS	27.584,17	Gerador a diesel	Sim	Não	Aeração e filtragem
Sistema Pluvial Multiuso Autônomo	MDS	26.788,57	Não necessita	Não	Sim	Descarte da primeira chuva e filtragem
Sistema Pluvial Multiuso Autônomo para várzea	MDS	22.710,73	Não necessita	Não	Sim	Descarte da primeira chuva e filtragem
Sistema de Bombeamento e Abastecimento de Água com Energia Solar	IDSM	36.450	Energia Solar com Placas fotovoltaicas	Não	Não	Aeração e filtragem

Fonte: Elaboração dos autores com Base em informações do MDS.

É importante realçar que o projeto Sanear Amazônia tem representado a principal ação articulada do Governo Federal, a partir do Ministério de Desenvolvimento Social e Combate à Fome, na implantação de TS's de Saneamento e Abastecimento de água entre localidades e domicílios rurais localizados em Unidades de Conservação da Amazônia Legal. Essa ação consiste em uma articulação institucional que parece adequada à diversidade socioespacial e institucional da Amazônia, pois permite a ampla participação de atores que já atuam no território amazônico, Organizações da Sociedade Civil, associações comunitárias, autarquias municipais e federais além de empresas de economia mista.

Em linhas gerais o Projeto Sanear Amazônia consiste na implantação de TS's descentralizados de captação e tratamento de água, com base no Marco Legal do programa Cisternas, também do MDS. No âmbito deste Marco Legal o mais recente edital do projeto Sanear Amazônia, do ano de 2024 a partir de recursos do Fundo Amazônia do BNDES, as entidades que podem participar do projeto são: Organizações da Sociedade Civil, e Organização da Sociedade Civil de Interesse Público, tais como: entidade privada sem fins lucrativos (associação ou fundação), as sociedades cooperativas e organizações religiosas.

No edital os recursos disponibilizados para a implantação dessas TS's são de aproximadamente R\$ 149 milhões, devendo ser distribuídos entre Reservas Extrativistas, Projetos de Assentamento Agroextrativista, Flonas e comunidades quilombolas. Por fim, as TS's para abastecimento de água em comunidades isoladas nas UC da região estão limitadas a quatro modelos, de acordo com o Marco Legal do Programa Cisternas do Governo Federal. São eles: i) Sistema Pluvial Multiuso Autônomo com serviço de acompanhamento familiar para inclusão social e produtiva; ii) Sistema Pluvial Multiuso Comunitário com serviço de acompanhamento familiar para inclusão social e produtiva; iii). Sistema Pluvial Multiuso Autônomo com serviço de acompanhamento familiar para inclusão social e produtiva em ambiente de várzea; iv) Sistema Pluvial Multiuso Comunitário com serviço de acompanhamento familiar para inclusão social e produtiva em ambiente de várzea.

A Tabela 4 apresenta um resumo da média de custos estimado de implantação dessas TS's por unidade implementada, conforme Instrução Normativa do MDS de 2023. Somado a isso acrescemos ainda os custos de implantação médios da solução de abastecimento de água por bombeamento utilizando sistemas fotovoltaicos, a partir da solução liderada pelo IDSM.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO FILHO, José C. et al. Avaliação, predição e mapeamento de água disponível em solos do Brasil. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2022. Disponível em <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/243230/1/CNPS-BPD-282-2022.pdf>.
- COSTA, Francisco A. A brief economic history of the Amazon (1720-1970) Cambridge: Cambridge Scholars Publishing, Center for High Amazonian Studies (NAEA); Federal University of Pará, 2019, 348p.
- FLORES, Bernardo M. et al. Critical transitions in the Amazon forest system. *Nature*, v. 626, n. 7999, p. 555-564, 2024.
- Johnson, R. A.; Wichern, D. W. *Applied multivariate statistical analysis*. Prentice-Hall. Upper Saddle River, NJ, 2015.
- LITTLE, Paul. *Amazonia: Territorial Struggles on Perennial Frontiers*. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 2001.
- MINGOTI, S. Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2005.
- QUEIROZ, E. Pluriatividade e inserção das famílias rurais no processo de urbanização do rural uma aplicação de técnicas estatísticas de análise multivariada para Minas Gerais. 2003. Dissertação (mestrado) - UFMG
- SCHMINK, Marianne; WOOD, Charles H. *Conflitos sociais e a formação da Amazônia*. Belém: Ed. da UFPA, 2012. 489 p. ISBN 9788524705137 (enc.).
- SILVA, H. Aspectos demográficos associados à geração de resíduos sólidos domiciliares no município de Belo Horizonte, 2002 Dissertação (Mestrado em Demografia) Universidade Federal de Minas Gerais/Cedeplar, Belo Horizonte, 2008.
- VENTURA NETO, R. S. et al. Saneamento urbano como missão: a importância de compreender e ampliar mercados locais na Amazônia.
- VENTURA, Raul da Silva. Notas sobre a formação socioespacial da Amazônia. *Nova Economia*, v. 30, n. 2, p. 579-603, 2020.