RETROFITTING DE SISTEMAS DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA EM ALDEIAS INDÍGENAS DO MATO GROSSO DO SUL: UMA ANÁLISE DA EFICIÊNCIA EM ACESSO, QUALIDADE E EQUIDADE

Daniel Soriano Gonçalves[(1)]
Engenheiro Civil, pós-graduado em Engenharia de Estruturas e em Engenharia Ambiental e Saneamento Básico. Atua como Coordenador Técnico na Empresa de Saneamento de Mato Grosso do Sul (SANESUL) com experiência em sistemas de abastecimento e distribuição de água, bem como gestão de contratos e obras. É mestrando em Eficiência Energética e Sustentabilidade pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS), com pesquisa voltada à infraestrutura hídrica urbana.
José Augusto Rodrigues Junior[(2)]
Engenheiro Civil, pós-graduado em Engenharia de Segurança do Trabalho.
Thiago Costa Godoi[(3)]
Engenheiro Civil, mestre em Eficiência Energética e Sustentabilidade pela Universidade Federal de Mato Grosso do Sul (UFMS).

Endereço[(1)]**:** Rua Alegrete, 263 – Bairro Vila Renô – Ponta Porã - MS - CEP: 79902-272 - Brasil - Tel: +55 (75) 99250-3284 - e-mail: dsg.engenharias@gmail.com.

RESUMO

O acesso à água potável em comunidades indígenas constitui desafio histórico de saúde pública e equidade social no Brasil. Este estudo avalia as condições técnicas existentes e propõe adequações aos sistemas de abastecimento de água em 18 aldeias indígenas do Cone Sul do Mato Grosso do Sul, no âmbito do convênio entre a Itaipu Binacional e o Governo do Estado, por meio da Sanesul. A metodologia compreendeu visitas técnicas de campo com apoio da SESAI, levantamentos populacionais e simulações hidráulicas com o OpenFlows WaterGEMS, com dados altimétricos do USGS Earth Explorer processados no QGIS. Os sistemas foram dimensionados para 10 anos, adotando crescimento populacional de 3% ao ano, consumo per capita de 200 L/hab.dia e índice de perdas de 38%. O diagnóstico revelou reservação per capita média de 69,6 L/hab e disponibilidade diária de 291,8 L/hab.dia, valores inferiores ao padrão urbano. As intervenções propostas projetam incremento de 51,4% na produção, 69,7% na reservação e ampliação do atendimento de 31.327 para 40.903 habitantes (+30,6%), com custo médio de R$ 9.786,75 por ligação. O planejamento técnico estruturado, aliado à setorização hidráulica e à educação ambiental, é condição indispensável para garantir eficiência, qualidade e equidade no acesso à água potável em territórios indígenas.

PALAVRAS-CHAVE: Saneamento indígena, Abastecimento de água, Equidade hídrica.

INTRODUÇÃO

O Estado de Mato Grosso do Sul possui a terceira maior população indígena do Brasil. Conforme dados do Censo Demográfico de 2022, a população indígena no Estado cresceu 51% entre 2010 e 2022, passando de 77.025 para 116.346 pessoas em 12 anos, o que representa 4,22% da população estadual. O levantamento também evidenciou a presença de indígenas nos 79 municípios sul-mato-grossenses, sendo que 62 deles registraram crescimento dessa população no período analisado.

Esse crescimento populacional ocorre em um contexto histórico marcado por restrições territoriais, vulnerabilidades socioambientais e limitações no acesso a serviços públicos essenciais. A Declaração das Nações Unidas sobre os Direitos dos Povos Indígenas reconhece que os povos indígenas são iguais a todos os demais povos, assegurando-lhes direitos intrínsecos derivados de suas estruturas econômicas, sociais, culturais e políticas, especialmente no que se refere às terras, territórios e recursos naturais (ONU, 2007).

Entretanto, conforme Assis e Garlet (2004, p. 47), a expansão capitalista sobre os países do Cone Sul latino-americano afetou diretamente as populações Guarani, culminando na perda progressiva de seus territórios

tradicionais. Com o avanço da industrialização urbana, muitos povos indígenas foram expulsos de suas terras, que passaram a concentrar-se sob domínio de grupos mais restritos. No Cone Sul do Mato Grosso do Sul, esse processo histórico manifestou-se de forma emblemática no desterro de famílias Guarani e Kaiowá provocado pela construção da Usina Hidrelétrica de Itaipu, cujos efeitos sobre a condição de vulnerabilidade social dessas populações persistem até os dias atuais (OUTRAS MÍDIAS, 2021).

Nesse cenário, o aumento da população indígena, associado à limitação territorial e à insuficiência de infraestrutura básica, intensifica a demanda por serviços públicos, sobretudo pelo acesso à água potável. A ausência ou precariedade dos sistemas de abastecimento de água constitui uma problemática recorrente em diversas comunidades, assumindo caráter crônico e exigindo soluções estruturantes.

Embora medidas paliativas sejam frequentemente adotadas para mitigar a escassez hídrica, a inexistência de estudos técnicos adequados pode resultar em desperdício de recursos financeiros, baixa eficiência operacional e reduzida efetividade das intervenções.

Desde 1991, a Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) desempenha papel relevante na provisão de ações de saúde e saneamento básico voltadas às populações indígenas no Brasil, atuação tecnicamente orientada pelas diretrizes consolidadas no Manual de Saneamento (BRASIL, 2015), que estabelece parâmetros de projeto, execução e operação para sistemas de abastecimento de água e esgotamento sanitário em contextos de vulnerabilidade social. A implantação ou melhoria dos serviços de abastecimento de água tende a produzir efeitos imediatos sobre as condições de vida das comunidades, configurando-se como investimento estratégico em saúde pública.

Programas voltados à garantia de acesso à água limpa e de qualidade, incluindo a implantação de sistemas de tratamento, reservação e adução, foram fundamentais ao longo das últimas décadas. Entretanto, os resultados ainda se mostram insuficientes, uma vez que, segundo informações do Censo 2022, aproximadamente 27 mil indígenas não possuem acesso adequado ao saneamento básico no Estado de Mato Grosso do Sul.

A água constitui recurso essencial à vida, porém sua disponibilidade para consumo humano depende de fatores quantitativos, qualitativos, ambientais e econômicos. De acordo com Braga (2005, p. 74), embora a água seja abundante no planeta, nem toda água é aproveitável pelo ser humano, especialmente em razão da elevada proporção de água salgada, cujo uso demanda processos de tratamento onerosos e, em muitos casos, inviáveis. Santos (2020, p. 9) acrescenta que a poluição hídrica contribui para a escassez do recurso, pois, apesar de renovável, a água pode tornar-se indisponível em razão da degradação ambiental, impactando diretamente os custos de tratamento e o gerenciamento dos corpos hídricos.

No contexto do saneamento básico, o sistema de abastecimento de água exerce função central na promoção da saúde pública e da qualidade de vida. Tsutiya (2006, p. 1) destaca que um sistema adequado de abastecimento de água deve assegurar o fornecimento de água tratada, com pressões e vazões suficientes, por meio de uma rede de distribuição tecnicamente eficiente. Tal condição contribui para a prevenção de doenças associadas à má qualidade da água e demanda investimentos em infraestrutura hídrica, incluindo captação, tratamento, reservação, adução e distribuição.

Segundo Tsutiya (2006, p. 5), a água também pode atuar como vetor de doenças infecciosas, de modo que melhorias no setor de saneamento refletem positivamente no estado nutricional da população e na redução de enfermidades de veiculação hídrica.

Em áreas rurais e comunidades tradicionais, a água é utilizada para preparação de alimentos, higiene pessoal, limpeza de ambientes e demais atividades domésticas. Contudo, diferentemente do que ocorre em muitos centros urbanos, nem sempre a água consumida nessas localidades passa por processos adequados de tratamento químico, como desinfecção por cloração e fluoretação. A fluoretação da água, além de integrar políticas de saúde pública, tem por finalidade fortalecer o esmalte dentário, contribuindo para a redução da prevalência de cáries.

A concepção de sistemas de abastecimento de água requer análise técnica criteriosa, considerando não apenas a disponibilidade hídrica, mas também as condições físicas, ambientais, socioeconômicas e operacionais da

localidade atendida. Os requisitos de quantidade e qualidade são fundamentais para garantir o atendimento aos diferentes usos domésticos da água potável. Assim, para a implantação ou adequação de um sistema de abastecimento, torna-se indispensável a elaboração de estudo preliminar, no qual sejam identificadas as reais necessidades da comunidade, as alternativas técnicas disponíveis e os condicionantes de operação e manutenção.

Conforme Santos (2016, p. 30), a concepção de alternativas para sistemas de abastecimento de água deve considerar dados e parâmetros relacionados ao relevo, à hidrografia, às condições ambientais e socioeconômicas, à disponibilidade de energia e ao alcance da obra a ser implantada. Essa etapa é particularmente relevante em razão dos elevados custos financeiros e ambientais associados à implantação e à readequação de sistemas dessa natureza. Após a conclusão do estudo preliminar, procede-se ao levantamento de custos e à estimativa financeira, tanto para a implantação quanto para a operação e manutenção do sistema.

No caso de Mato Grosso do Sul, uma característica hidrogeológica favorável é a ocorrência do Aquífero Guarani em grande parte do território estadual, o que possibilita o aproveitamento de águas subterrâneas para abastecimento humano. Em muitos casos, a água subterrânea apresenta qualidade compatível com tratamentos simplificados, mediante adição de cloro e flúor, desde que atendidos os parâmetros físico-químicos e microbiológicos adequados.

A captação de água subterrânea ocorre, em geral, por meio de poços artesianos ou freáticos, sendo necessária a realização de ensaios para determinação de parâmetros como vazão, nível estático e nível dinâmico. Segundo Santos (2020, p. 27), após a captação, a água é transportada por adutoras, que podem conduzir água bruta ou tratada, por gravidade ou recalque. As adutoras de água bruta transportam a água até as unidades de tratamento, enquanto as adutoras de água tratada conduzem o volume produzido até os reservatórios ou diretamente às redes de distribuição.

Os reservatórios constituem elementos fundamentais dos sistemas de abastecimento de água. Para Tsutiya (2006, p. 9), essas unidades possuem múltiplas finalidades, entre as quais se destacam a regularização de vazões, a segurança operacional diante de interrupções no funcionamento normal do sistema, a constituição de reserva para combate a incêndios e a regularização das pressões na rede de distribuição. A localização e a cota de implantação dos reservatórios podem influenciar diretamente o desempenho hidráulico do sistema, especialmente em comunidades com relevo irregular ou dispersão espacial significativa.

Diversos estudos demonstram que investimentos em abastecimento de água produzem impactos positivos expressivos sobre a saúde pública, o bem-estar social e a redução de desigualdades. Em terras indígenas no Maranhão, o aumento de 51,2% no acesso à água potável esteve associado à redução de 78% dos casos de diarreia na população indígena (Albuquerque, 2020).

Ferreira et al. (2021) estimam que investimentos eficientes da ordem de R$ 100 milhões podem evitar aproximadamente 157 mil internações por doenças de veiculação hídrica. Em comunidades indígenas no Canadá, o acesso à água encanada foi associado à redução de 80% na chance de depressão, além de menores ocorrências de diarreia e problemas renais quando há saneamento intradomiciliar (O'Gorman, 2021).

Experiências em diferentes contextos também reforçam a relevância de sistemas adequados de abastecimento de água em comunidades rurais e tradicionais. A construção de um novo sistema de abastecimento em comunidade rural semiárida proporcionou melhoria na qualidade e no volume de água disponível à população (Aleixo et al., 2019).

Em reservas indígenas nos Estados Unidos, a implantação de 3.700 projetos de saneamento reduziu significativamente a incidência de doenças gastrointestinais e respiratórias em bebês indígenas, explicando cerca de 40% da redução da mortalidade infantil em comparação à população branca (Watson, 2006).

Em comunidades ribeirinhas no Amazonas, melhorias no acesso à água proporcionaram maior conforto, privacidade e redução do tempo despendido na busca por água, refletindo positivamente nas condições de vida e no bem-estar percebido (Pacífico et al., 2021). De modo semelhante, em Gana, a melhoria do sistema de

abastecimento rural resultou em maior proteção contra doenças hídricas, aumento da produtividade, melhor desempenho escolar e redução dos gastos familiares com saúde (Abanyie et al., 2023).

Esses estudos indicam que investimentos em abastecimento de água em terras indígenas, comunidades rurais e populações tradicionais tendem a gerar retornos sociais, econômicos e sanitários relevantes. Os benefícios incluem redução de doenças e internações, economia de recursos públicos, melhoria do bem-estar, ampliação do tempo disponível para estudo e trabalho e mitigação de desigualdades históricas. Todavia, esses ganhos são potencializados quando os investimentos contemplam operação sustentável, participação comunitária, planejamento técnico adequado e integração com outras ações de saneamento, saúde e educação ambiental.

Nesse contexto, em 2024 foi anunciado um convênio entre a Itaipu Binacional e o Governo do Estado de Mato Grosso do Sul, por meio da Empresa de Saneamento de Mato Grosso do Sul — Sanesul, com investimento previsto de R$ 120 milhões. A iniciativa tem por objetivo ampliar o acesso à água potável para famílias indígenas do Estado, com padrão de qualidade equivalente ao fornecido nos centros urbanos atendidos pela Sanesul. Ao todo, foram estudadas 18 aldeias distribuídas em oito municípios sul-mato-grossenses: Japorã, Sidrolândia, Amambai, Caarapó, Tacuru, Eldorado, Paranhos e Antônio João.

OBJETIVOS

O presente estudo tem como objetivo geral avaliar as condições técnicas existentes e propor adequações aos sistemas de abastecimento de água em 18 aldeias indígenas do Cone Sul do Mato Grosso do Sul, com vistas à ampliação do acesso à água potável, à segurança hídrica e à sustentabilidade operacional, considerando critérios de eficiência, qualidade e equidade no atendimento às comunidades.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

I. Levantar e diagnosticar as condições operacionais dos sistemas de abastecimento de água existentes nas 18 aldeias, identificando deficiência de captação, reservação, tratamento e distribuição;

II. Dimensionar os sistemas de abastecimento propostos com base em projeção populacional para um horizonte de 10 anos, observando os parâmetros estabelecidos pelas normas ABNT NBR 12211, NBR 12217 e NBR 12218;

III. Comparar os indicadores de eficiência hídrica – produção per capita, reservação per capita e disponibilidade diária – entre o cenário atual e o cenário projetado após as intervenções;

IV. Analisar os aspectos de equidade no acesso à água potável, verificando a aderência dos sistemas propostos ao padrão de qualidade urbano estabelecido pela Portaria GM/MS Nº 888/2021;

V. Propor diretrizes de educação ambiental e gestão participativa comunitária como estratégias complementares para a sustentabilidade operacional dos sistemas implantados.

METODOLOGIA UTILIZADA

Para o desenvolvimento do projeto, foram realizadas visitas às localidades, com o apoio da Secretaria de Saúde Indígena (SESAI) de Campo Grande - MS, que permitiram a coleta de informações sobre o funcionamento atual dos sistemas de abastecimento de água nas aldeias e a população de cada comunidade indígena. Além disso, foi dimensionado um Sistema de Abastecimento de Água (SAA) com a flexibilidade necessária para ser ampliado conforme o aumento da demanda futura, considerando a projeção populacional em um período de 10 anos.

De posse das informações colhidas, utilizou-se das ferramentas Google Earth Pro, Autodesk – Autocad/ Civil 3d, Sistema de Informação Geográfica QGIS e OpenFlows WaterGEMS – Bentley Systems. Como as cotas dos terrenos das comunidades indígenas não estavam disponíveis, nem pela Empresa Sanesul, nem pela

Secretaria de Saúde Indígena, buscou-se outras formas de determinar as elevações do terreno. Com o auxílio do portal USGS Earth Explorer (https://earthexplorer.usgs.gov/), os dados foram extraídos, recortados no QGIS e exportados em formato 'shapefile' para o software WaterGEMS. Assim, de posse dos dados de elevação, item essencial no projeto de sistemas de abastecimento de água, procedeu-se com o projeto.

Com o auxílio das ferramentas e softwares adequados, foi possível realizar levantamentos topográficos e simulações do comportamento do sistema de abastecimento atual, de maneira a realizar ajustes no sistema buscando seu aprimoramento operacional, sem a necessidade de dispêndios de grandes recursos financeiros.

As diretrizes para o cálculo das estruturas foram adotadas conforme demonstrado a seguir:

- Índice de perdas: 38% - perda média brasileira (SNIS, 2022);
- Consumo per capita: 200 litros/hab.dia;
- Taxa de ocupação: 3,50 hab/ligação;
- Coeficiente de consumo máximo diário: K1 = 1,2 (ABNT NBR 12218);
- Coeficiente de consumo máximo horário: K2 = 1,5 (ABNT NBR 12218);
- Produção necessária: funcionamento máximo 20 horas/dia;
- Reservação: quando houver reservatórios elevados e enterrados, a capacidade total deverá corresponder a 1/3 do volume distribuído em 24 horas, de forma a reduzir as partidas e paradas das bombas e garantir uma reserva mínima em cota elevada para casos de interrupção do fornecimento de energia elétrica (ABNT NBR 12217);
- A pressão estática máxima nas tubulações distribuidoras deve ser de 400 kPa, podendo chegar a 500 kPa em regiões com topografia acidentada, e a pressão dinâmica mínima, de 100 kPa, a ser referenciada ao nível do terreno, exceto trechos de condutos principais que não abastecem consumidores ou tubulações secundárias, que devem ser verificadas quanto à estabilidade estrutural e à segurança sanitária;
- O diâmetro mínimo dos condutos secundários é de 50 mm. As velocidades máximas de dimensionamento devem corresponder a uma perda de carga de até 10 m/km. Devem ser evitadas velocidades mínimas inferiores a 0,40 m/s. Exceção pode ser aceita, desde que tecnicamente justificada;
- A velocidade admitida para o enchimento da tubulação deve ser da ordem de 0,3 m/s;
- O dimensionamento e a análise do funcionamento global do sistema hidráulico devem ser realizados por simulações hidráulicas, que garantam resíduos máximos de vazão e de carga piezométrica de 0,1 l/s e 0,5 kPa, respectivamente;
- Crescimento Populacional: considerada uma taxa de 3% ao ano por 10 anos, conforme **equação (1),** adotada pelo IBGE;
- Taxa de ocupação indígena: 3,5 habitantes/economia.

$$P_{(t+n)} = (i+1)^n . Pt \qquad \text{equação (1)}$$

Onde:
i: Taxa de crescimento;
t: tempo inicial;
n: tempo restante;
Pt: População Inicial;
P(t+n): População Final.

Nomenclatura adotada:

- **REL**: Reservatório Elevado;
- **RAP**: Reservatório Apoiado;
- **EAT**: Estação Elevatória de Água Tratada:
- **AAT**: Adutora de Água Tratada;
- **AAB**: Adutora de Água Bruta;
- **VRP**: Válvula Redutora de Pressão;
- **UTA**: Unidade de Tratamento de Água;
- **AISan**: Agente Indígena de Saneamento.

Cabe salientar que, sempre que possível, foi adotado o sistema de distribuição de água com reservatórios elevados, por possuírem uma manutenção mais fácil, tendo em vista ser realizada pelos próprios AISan, além de não demandarem gasto energético excessivo.

A captação de água bruta é feita através de poço profundo em todas as aldeias contempladas no projeto. Dentro das possibilidades buscou-se o aproveitamento dos poços existentes. Após a captação, previu-se o adequado tratamento da água por intermédio da adição de cloro e flúor pelas UTA.

No presente projeto foram seguidos os mesmos parâmetros da implantação de um sistema de abastecimento em zona urbana. A rede de distribuição foi projetada considerando diâmetros iguais ou superiores a DN 50. As UTA executando tratamento com adição de cloro e flúor na água, em quantidades adequadas para consumo humano, conforme padrões definidos pela Portaria GM/MS Nº 888/2021.

Ao longo das seis semanas de trabalho de campo foi possível identificar diversas deficiências e dificuldades enfrentadas pelas comunidades indígenas, especialmente no que diz respeito ao acesso à água tratada, como observado na **Figura 1**. Foram realizados levantamentos populacionais, avaliadas as condições da infraestrutura de saneamento existente e identificados possíveis locais para a implantação de nova infraestrutura hídrica nas aldeias.

Figura 1 - Aldeia Porto Lindo: (a) Instalações do Poço 2/REL-2; (b) Reservatório provisório; (c) Cozinha improvisada.



(a) (b) (c)

Fonte: Imagens do Autor, 2024.

Além de analisar as características topográficas, também foi possível observar aspectos culturais relacionados ao consumo consciente de água. Constatou-se que, além da precariedade do saneamento, há um grande desperdício de água, decorrente da falta de instrução sobre o uso adequado desse recurso. Muitos indígenas desconhecem o processo de obtenção da água, o que contribui para o desperdício, muitas vezes feito de forma involuntária.

RESULTADOS OBTIDOS

As visitas técnicas realizadas nas 18 aldeias indígenas permitiram identificar elevada heterogeneidade entre as comunidades avaliadas, tanto em relação à existência de infraestrutura de abastecimento de água quanto à capacidade operacional dos sistemas existentes. Foram observadas aldeias sem estrutura convencional de abastecimento, com distribuição rudimentar entre as residências e dependência eventual de soluções emergenciais, como abastecimento por caminhão-pipa. Em outras comunidades, embora houvesse unidades de captação, reservação ou distribuição, verificaram-se limitações associadas ao dimensionamento, à setorização hidráulica, à continuidade operacional e ao atendimento simultâneo dos requisitos de vazão, pressão e qualidade da água.

Além dos aspectos estritamente hidráulicos, os levantamentos de campo evidenciaram repercussões sociais diretamente relacionadas à precariedade do abastecimento. Na Aldeia Porto Lindo, em Japorã-MS, por exemplo, foram observadas situações em que crianças percorriam aproximadamente 2 km até o rio para realizar atividades de higiene antes do deslocamento à escola. Tal constatação demonstra que a ausência de

infraestrutura adequada transcende a dimensão técnica do saneamento, afetando a saúde, a dignidade, o bem-estar e as condições de permanência escolar das comunidades atendidas.

Após a visitação nas 18 aldeias, foi possível ter um panorama inicial da precariedade em que os sistemas de abastecimentos se encontravam, o que pode ser verificado na **Tabela 1**.

Tabela 1 - Levantamento da situação atual.

Município	Aldeia	Famílias (und)	Habitantes (hab.)	Reservação (m³)	Produção (m³/h)
AMAMBAI	AMAMBAI	2.220,00	8.900,00	400,00	68,00
ANTÔNIO JOÃO	CAMPESTRE	200,00	800,00	40,00	14,00
ELDORADO	CERRITO	163,00	710,00	50,00	32,00
CAARAPÓ	GUAIMBÉ	120,00	500,00	50,00	8,00
AMAMBAI	GUASSUTY	205,00	820,00	50,00	30,00
TACURU	JAGUAPIRÉ	325,00	1.065,00	50,00	25,00
AMAMBAI	JAGUARI	100,00	400,00	20,00	8,00
CAARAPÓ	JARARÁ	100,00	450,00	40,00	8,00
SIDROLÂNDIA	LAGOINHA	110,00	370,00	30,00	5,00
AMAMBAI	LIMÃO VERDE	620,00	2.480,00	240,00	38,00
PARANHOS	PIRAJUÍ	626,00	1.800,00	140,00	28,00
JAPORÃ	PORTO LINDO	1.179,00	3.950,00	230,00	82,00
CAARAPÓ	RANCHO JACARÉ	120,00	500,00	50,00	16,00
TACURU	SASSORÓ	633,00	2.152,00	90,00	24,00
PARANHOS	SETE CERROS	200,00	700,00	120,00	16,00
CAARAPÓ	TAQUARA	70,00	320,00	20,00	8,00
SIDROLÂNDIA	TERERÉ	100,00	410,00	60,00	13,00
CAARAPÓ	TEYKUE	1.000,00	5.000,00	500,00	34,00

Fonte: Elaboração própria (2024).

A análise comparativa entre a situação atual e o cenário proposto considerou os dados de população, número de famílias, capacidade de produção e volume de reservação apresentados nos levantamentos técnicos. Para fins de interpretação dos resultados, foram adotados três indicadores complementares: produção diária potencial, calculada pela vazão instalada multiplicada por 20 horas de funcionamento diário; reservação per capita, obtida pela razão entre o volume de reservação e a população atendida; e disponibilidade hídrica per capita, calculada pela relação entre a produção diária potencial e a população projetada.

Tabela 2 – Síntese comparativa entre a situação atual e o cenário projetado.

Indicador	Situação Atual	Cenário Projetado	Variação absoluta	Variação (%)
Ligações	8.091	11.684	3.593	44,4%
Habitantes	31.327	40.903	9.576	30,6%
Reservação total (m³)	2.180	3.700	1.520	69,7%
Produção total (m³/h)	457	692	235	51,4%
Produção diária potencial - 20 h (m³/h)	9.140	13.840	4.700	51,4%
Reservação per capita (L/hab)	69,6	90,5	20,9	30,0%
Disponibilidade per capita – 20 h (L/hab.dia)	291,8	338,4	46,6	16,0%

Fonte: Elaboração própria (2024).

De posse dessas informações, foi possível realizar a estimativa de crescimento populacional projetada para 10 anos e proceder com as adequações aos sistemas de abastecimentos, garantindo a capacidade necessária para suprir o aumento da demanda. Para isso, foram analisados diversos fatores que influenciam o consumo hídrico, como taxa de crescimento demográfico, mudanças nos padrões de consumo, impactos climáticos e a disponibilidade hídrica ao longo das diferentes estações do ano.

Além da projeção populacional, foram consideradas diretrizes técnicas para dimensionamento da infraestrutura, incluindo a capacidade de captação, tratamento, reservação e distribuição da água. Dessa forma, buscou-se não apenas ampliar a oferta hídrica, mas também otimizar o uso dos recursos, minimizando perdas e assegurando a eficiência operacional do sistema.

Outro aspecto relevante foi a avaliação da qualidade da água e das condições sanitárias da comunidade, uma vez que o crescimento populacional pode gerar impactos na potabilidade e na sustentabilidade dos mananciais utilizados.

Na **Tabela 3**, observa-se a consideração do crescimento populacional e a ampliação dos sistemas de abastecimento, com a adição e/ou substituição de reservatórios, a manutenção e/ou perfuração de novos poços profundos.

Embora o crescimento populacional projetado para as 18 aldeias alcance 30,6% em 10 anos, nem todos os sistemas demandaram acréscimo na capacidade de produção. Em seis aldeias — Amambai, Limão Verde, Cerrito, Sassoró, Lagoinha e Guassuty —, a produção existente mostrou-se insuficiente para atender à demanda futura, sendo prevista a perfuração de novos poços profundos com vazões entre 10 m³/h e 100 m³/h, conforme detalhado na **Tabela 4**. Nas demais 12 aldeias, a capacidade de produção instalada demonstrou-se adequada para suprir tanto a demanda atual quanto a projetada para o horizonte de projeto, sendo prevista apenas a manutenção, limpeza e, quando necessário, a substituição de bombas nos poços existentes; solução que reduz custos de implantação e preserva a infraestrutura já consolidada nas comunidades.

Tabela 3 – Projeção de população e melhorias no SAA.

Município	Aldeia	Famílias (und)	Habitantes (hab.)	Reservação (m³)	Produção (m³/h)
AMAMBAI	AMAMBAI	3.317,00	11.612,00	1.150,00	168,00
ANTÔNIO JOÃO	CAMPESTRE	300,00	1.050,00	150,00	14,00
ELDORADO	CERRITO	264,00	927,00	170,00	102,00
CAARAPÓ	GUAIMBÉ	186,00	653,00	100,00	8,00
AMAMBAI	GUASSUTY	306,00	1.071,00	170,00	40,00
TACURU	JAGUAPIRÉ	397,00	1.390,00	150,00	25,00
AMAMBAI	JAGUARI	153,00	536,00	70,00	8,00
CAARAPÓ	JARARÁ	168,00	587,00	100,00	8,00
SIDROLÂNDIA	LAGOINHA	138,00	483,00	80,00	20,00
AMAMBAI	LIMÃO VERDE	925,00	3.238,00	440,00	53,00
PARANHOS	PIRAJUÍ	671,00	2.350,00	330,00	28,00
JAPORÃ	PORTO LINDO	1.473,00	5.154,00	580,00	82,00
CAARAPÓ	RANCHO JACARÉ	187,00	653,00	100,00	16,00
TACURU	SASSORÓ	802,00	2.808,00	320,00	49,00
PARANHOS	SETE CERROS	261,00	914,00	170,00	16,00
CAARAPÓ	TAQUARA	119,00	418,00	70,00	8,00
SIDROLÂNDIA	TERERÉ	153,00	535,00	120,00	13,00
CAARAPÓ	TEYKUE	1.864,00	6.524,00	660,00	34,00

Fonte: Elaboração própria (2024).

A ampliação da reservação é decisiva para aumentar a regularidade do abastecimento, reduzir os efeitos de paralisações de poços, melhorar a estabilidade operacional e garantir maior segurança hídrica. Em aldeias com relevo acidentado, os reservatórios elevados também foram utilizados como solução para melhorar as pressões disponíveis, reduzindo a dependência de sistemas mais complexos de recalque.

Exemplos relevantes incluem a Aldeia Amambai, com previsão de um reservatório elevado de 150 m³ e um reservatório apoiado de 600 m³; a Aldeia Porto Lindo, com cinco novos reservatórios, somando 350 m³; e a Aldeia Sassoró, com reservatórios que totalizam 230 m³ adicionais.

Embora todas as aldeias dependam de captação subterrânea por poços profundos, o projeto demonstrou que nem sempre a solução adequada é perfurar novos poços. Em várias comunidades, a produção existente era suficiente, mas havia problemas de reservação, rede, cota topográfica ou distribuição.

Ainda assim, a **Tabela 4** indica a necessidade de 6 novos poços profundos, previstos para as aldeias Guassuty, Amambai, Limão Verde, Cerrito, Lagoinha e Sassoró. As vazões projetadas variam conforme a demanda local, com destaque para o novo poço da Aldeia Amambai, previsto com vazão de 100 m³/h, e para os poços de Sassoró, Lagoinha e Cerrito, projetados com vazões entre 20 m³/h e 25 m³/h.
Além disso, foi prevista a melhoria e limpeza de 36 poços existentes, com possibilidade de substituição de bombas.

Tabela 4 – Poços profundos previstos por aldeia.

Aldeia	*Perfuração de Poço Profundo (und)*	*Vazão (m³/h)*	*Profundidade (m)*
Amambai	01	100	250
Limão Verde	01	15	150
Cerrito	01	20	132
Sassoró	01	25	150
Lagoinha	01	20	150
Guassuty	01	10	180

Fonte: Elaboração própria (2024).

Um dos principais gargalos identificados foi a insuficiência das redes de distribuição existentes. O estudo verificou que as aldeias possuíam apenas 34% da rede ideal reaproveitável, exigindo a implantação de novas redes para garantir atendimento adequado às moradias, especialmente nas áreas de expansão das comunidades.

A maior demanda de implantação de rede foi observada na Aldeia Amambai, com aproximadamente 208.971 metros de novas redes, reflexo de sua elevada população e grande extensão territorial. Em seguida, destacam-se a Aldeia Teykue, com 89.020 metros, a Aldeia Limão Verde, com 78.976 metros, e a Aldeia Porto Lindo, com 71.662 metros. Esses quatro sistemas, juntos, representam parcela significativa da expansão total prevista.

Tabela 5 – Rede de distribuição por aldeia.

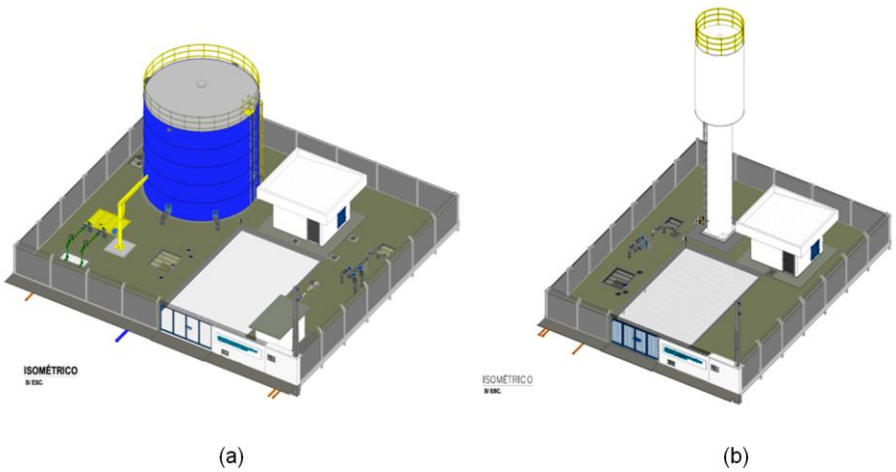
Município	Aldeias	Rede de distribuição (m)
ANTÔNIO JOÃO	CAMPESTRE	5.362,00
AMAMBAI	GUASSUTY	33.201,00
	JAGUARI	14.407,00
	AMAMBAI	208.971,00
	LIMÃO VERDE	78.976,00
CAARAPÓ	GUAIMBÉ	14.304,00
	JARARÁ	16.940,00
	RANCHO JACARÉ	26.503,00
	TAQUARA	22.926,00
	TEYKUE	89.020,00

PARANHOS	PIRAJUÍ	39.061,00
	SETE CERROS	21.734,00
ELDORADO	CERRITO	56.069,00
JAPORÃ	PORTO LINDO	71.662,00
SIDROLÂNDIA	LAGOINHA	7.687,00
	TERERÉ	3.764,00
TACURU	JAGUAPIRÉ	45.829,00
	SASSORÓ	47.622,00

Fonte: Elaboração própria (2024).

A reservação foi outro eixo crítico do projeto. Em diversas aldeias, a capacidade existente mostrou-se incompatível com a demanda atual e, principalmente, com a projeção populacional para os próximos 10 anos. Por isso, foram propostos 36 novos reservatórios, entre elevados e apoiados, totalizando aproximadamente 2.750 m³ de nova capacidade de armazenamento. Os reservatórios, bem como a área de poços profundos, serão implantados conforme os padrões de urbanização da Sanesul, ilustrados conforme a **Figura 2**.

Figura 2 - Padrão de urbanização da SANESUL.



(a) (b)

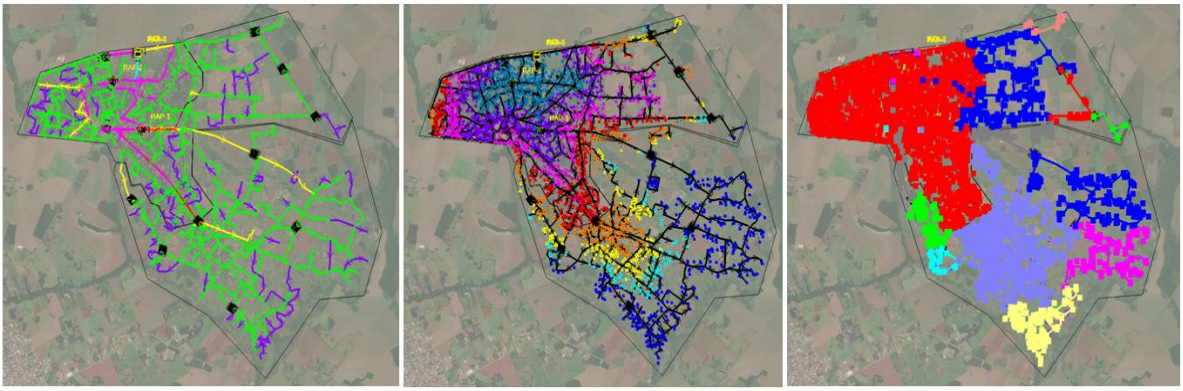
Fonte: Projeto Executivo SANESUL, 2025.

A setorização foi uma das soluções mais relevantes para aldeias com grande extensão territorial, relevo acidentado ou ocupação dispersa. A divisão dos sistemas em zonas hidráulicas permitiu adequar pressões, reduzir perdas de carga, melhorar a operação e facilitar futuras manutenções.

Na Aldeia Limão Verde, por exemplo, o sistema foi dividido em três zonas, incluindo uma área separada pela rodovia MS-156, para a qual foi proposta solução própria com novo poço e reservatório elevado. Essa decisão evitou intervenções mais complexas, como travessias e interferências na pavimentação, reduzindo custos, riscos executivos e impactos operacionais.

Na Aldeia Sassoró, a setorização também foi utilizada como estratégia de controle hidráulico, com divisão em três zonas e previsão de válvulas redutoras de pressão em pontos específicos. A Aldeia Amambai, sendo a segunda maior aldeia do Mato Grosso do Sul, ficando somente atrás da Aldeia Bororó de Dourados/MS, também passou por um estudo de setorização, considerando sua extensa área com topografia bastante acidentada, conforme **Figura 3**.

Figura 3 - Simulação hidráulica da Aldeia Amambai no software WaterGEMS (Bentley): (a) Rede de distribuição; (b) Ligações residenciais evidenciadas por cores, conforme cota altimétrica; (c) Setorização do SAA.



(a) (b) (c)

Fonte: Elaboração própria, 2024.

A análise do custo médio por ligação, apresentado na **Tabela 6**, evidencia a elevada complexidade técnica e financeira da implantação e readequação dos sistemas de abastecimento de água nas aldeias indígenas avaliadas. Considerando o custo total estimado de R$ 103.788.440,57 (ref.: out/2024) e o atendimento previsto de 10.605 ligações domiciliares, obteve-se uma média ponderada geral de R$ 9.786,75 por ligação.

Esse valor é significativamente superior ao custo médio observado em sistemas urbanos convencionais, que custa em média R$ 2.500,00 por ligação, o que se justifica pela baixa densidade demográfica, maior dispersão das residências, grandes extensões de rede, necessidade de implantação ou melhoria de poços profundos, construção de reservatórios, unidades de tratamento de água e urbanização das áreas operacionais.

Dessa forma, o indicador R$/ligação serve para priorizar as aldeias quando há baixa disponibilidade de recursos financeiros, uma vez que pode-se atingir maior população indígena com o menor investimento possível. Demonstra, ainda, que o atendimento às comunidades indígenas exige investimentos mais robustos por unidade atendida, reforçando a importância do planejamento técnico para otimizar recursos, aproveitar estruturas existentes e garantir a sustentabilidade operacional dos sistemas implantados.

Tabela 6 – Custo médio por ligação (R$/lig).

Aldeias	*Ligações (und.)*	*R$/ligação*
CAMPESTRE	200	R$ 9.608,46
GUASSUTY	176	R$ 24.465,64
JAGUARI	153	R$ 13.861,43
AMAMBAI	2.230	R$ 10.914,76
LIMÃO VERDE	925	R$ 8.124,32
GUAIMBÉ	131	R$ 16.444,50
JARARÁ	168	R$ 10.710,06
RANCHO JACARÉ	187	R$ 16.692,26
TAQUARA	120	R$ 26.818,46
TEYKUE	2.032	R$ 6.025,30
PIRAJUÍ	747	R$ 6.166,38
SETE CERROS	259	R$ 8.510,53
CERRITO	72	R$ 103.859,40
PORTO LINDO	1.473	R$ 8.129,72
LAGOINHA	138	R$ 9.798,92

TERERÉ	227	R$ 7.538,65
JAGUAPIRÉ	398	R$ 11.547,74
SASSORÓ	969	R$ 7.353,45

Fonte: Elaboração própria (2024).

ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O diagnóstico realizado nas 18 aldeias revelou elevada heterogeneidade nas condições de abastecimento, com situações que variaram desde a ausência total de infraestrutura convencional (com dependência de caminhão-pipa e soluções emergenciais) até sistemas parcialmente implantados, porém com limitações críticas de dimensionamento, setorização hidráulica e continuidade operacional. Esse cenário é consistente com o observado por Aleixo et al. (2019), que demonstraram que a infraestrutura hídrica, por si só, é condição necessária mas insuficiente para eliminar desigualdades de acesso, sendo indispensável o adequado dimensionamento e a operação sustentável dos sistemas.

O crescimento populacional projetado para as 18 comunidades aponta um acréscimo de aproximadamente 9.576 habitantes em 10 anos, representando variação de 30,6% em relação à população atual de 31.327 habitantes — elevando a demanda para 40.903 habitantes e exigindo a ampliação de 8.091 para 11.684 ligações domiciliares (+44,4%). Para atender a esse crescimento, o projeto prevê o incremento de 235 m³/h na capacidade de produção total, que passará de 457 para 692 m³/h (+51,4%), e a ampliação de 1.520 m³ no volume de reservação, que passará de 2.180 para 3.700 m³ (+69,7%).
Esses incrementos foram dimensionados com folga operacional suficiente para suportar um crescimento populacional de até 12.500 habitantes adicionais, cenário que, pela taxa de 3% ao ano adotada com base no IBGE, somente se concretizaria num horizonte de aproximadamente 20 anos, conferindo longevidade ao investimento.

A insuficiência das redes de distribuição existentes foi identificada como um dos principais gargalos operacionais. O levantamento demonstrou que apenas 34% da malha instalada nas aldeias apresentava condições de reaproveitamento, exigindo a extensão de aproximadamente 870 km de novas redes para garantir o atendimento adequado às moradias, especialmente nas áreas de expansão das comunidades. Esse dado é relevante do ponto de vista econômico, uma vez que a implantação de rede de distribuição representa cerca de 70% do custo total de um SAA. O aproveitamento parcial da infraestrutura existente, portanto, contribuiu diretamente para a racionalização dos recursos do convênio. A maior demanda individual de rede nova foi verificada na Aldeia Amambai, com aproximadamente 208.971 metros, reflexo de sua condição de segunda maior aldeia do Mato Grosso do Sul, com população projetada de 11.612 habitantes e topografia bastante acidentada.

A reservação mostrou-se o componente com maior déficit relativo entre as aldeias avaliadas. A capacidade média atual de 69,6 L/hab é significativamente inferior ao mínimo recomendado para sistemas urbanos e incompatível com a projeção de crescimento das comunidades. O projeto propõe a implantação de 36 novos reservatórios (entre elevados e apoiados), totalizando aproximadamente 2.750 m³ de nova capacidade de armazenamento, elevando a reservação per capita para 90,5 L/hab (+30,0%).

A preferência por reservatórios elevados, adotada sempre que as condições topográficas permitiram, justifica-se pela maior facilidade de manutenção pelos próprios Agentes Indígenas de Saneamento (AISan) e pela operação por gravidade, que dispensa consumo energético contínuo (fator crítico em comunidades com fornecimento elétrico intermitente). Em aldeias com relevo acidentado, como Limão Verde e Sassoró, a setorização em zonas hidráulicas com válvulas redutoras de pressão (VRP) mostrou-se a solução mais eficiente para adequar pressões, reduzir perdas de carga e simplificar a operação, sem necessidade de sistemas complexos de recalque.

Quanto à captação, o estudo demonstrou que a perfuração de novos poços não constitui a solução universal para o déficit hídrico das aldeias. Em diversas comunidades, a produção subterrânea existente era suficiente, mas os problemas residiam na reservação inadequada, na distribuição deficiente ou na cota topográfica

desfavorável. Apenas 6 novos poços profundos foram projetados — nas aldeias Amambai, Limão Verde, Cerrito, Sassoró, Lagoinha e Guassuty —, com vazões entre 10 m³/h (Guassuty) e 100 m³/h (Amambai) e profundidades entre 132 m (Cerrito) e 250 m (Amambai), aproveitando a ocorrência favorável do Aquífero Guarani na região. Nos demais casos, foram previstas a melhoria e a limpeza dos 36 poços existentes, com substituição de bombas onde necessário, o que demonstra compromisso com a racionalização do investimento público.

A análise econômica revelou que o custo médio ponderado de R$ 9.786,75 por ligação — considerando o investimento total de R$ 103.788.440,57 e 10.605 ligações atendidas — é cerca de 3,9 vezes superior ao custo médio observado em sistemas urbanos convencionais (R$ 2.500,00/ligação). Essa diferença é explicada, sobretudo, pela baixa densidade demográfica das aldeias, pela grande dispersão territorial das residências e pelos elevados custos de mobilização em áreas de difícil acesso.

A amplitude do indicador — que variou de R$ 6.025,30 na Aldeia Teykue, a mais densa, a R$ 103.859,40 na Aldeia Cerrito, a mais dispersa — demonstra que a dispersão territorial é o principal determinante do custo unitário. Esse indicador tem utilidade estratégica direta: em contextos de restrição orçamentária, aldeias com menor custo por ligação permitem atingir maior número de beneficiários por real investido, subsidiando decisões de priorização de investimentos futuros.

Além dos aspectos estritamente técnicos e econômicos, os levantamentos de campo evidenciaram que a precariedade do saneamento gera repercussões sociais profundas. Na Aldeia Porto Lindo, crianças percorriam aproximadamente 2 km até o rio para realizar atividades de higiene antes do deslocamento à escola — situação que compromete diretamente a permanência escolar, a saúde e a dignidade das comunidades. Esse tipo de impacto é consistente com o documentado por O'Gorman (2021), que associou o acesso à água encanada à redução de 80% na chance de depressão em comunidades indígenas no Canadá, e por Watson (2006), que identificou que investimentos em saneamento em reservas indígenas nos Estados Unidos explicaram cerca de 40% da redução da mortalidade infantil.

A constatação do desperdício hídrico decorrente do desconhecimento do processo de obtenção da água reforça a necessidade de programas de educação ambiental como componente indissociável do projeto de infraestrutura — e não como ação complementar de segunda ordem.

Em síntese, os resultados demonstram que a superação do déficit hídrico nas aldeias indígenas do Cone Sul do Mato Grosso do Sul exige abordagem integrada, que combina planejamento técnico rigoroso, dimensionamento normativo adequado, setorização hidráulica inteligente, aproveitamento criterioso da infraestrutura existente e engajamento comunitário efetivo. O conjunto de intervenções propostas posiciona as 18 aldeias em patamar de acesso equivalente ao padrão urbano da Sanesul, corrigindo uma desigualdade histórica e estrutural que afeta mais de 31 mil pessoas.

CONCLUSÃO/ RECOMENDAÇÕES

O presente estudo demonstrou que os sistemas de abastecimento de água nas 18 aldeias indígenas avaliadas apresentavam, antes das intervenções propostas, condições estruturalmente insuficientes para garantir o acesso à água potável em quantidade, qualidade e pressão adequadas. A reservação per capita média de 69,6 L/hab e a disponibilidade diária potencial de 291,8 L/hab.dia evidenciavam déficits crônicos que comprometiam a saúde, a dignidade e a qualidade de vida de aproximadamente 31.327 pessoas distribuídas em nove municípios sul-mato-grossenses.

Sob o eixo do acesso, as intervenções propostas ampliarão a cobertura de 8.091 para 11.684 ligações domiciliares (+44,4%), elevando a população atendida para 40.903 habitantes. A capacidade de produção aumentará de 457 para 692 m³/h (+51,4%) e o volume total de reservação passará de 2.180 para 3.700 m³ (+69,7%), com a implantação de 36 novos reservatórios (entre elevados e apoiados) e a perfuração de 6 novos poços profundos, além da reabilitação de 36 poços existentes. Estima-se que a infraestrutura proposta seja capaz de suprir as comunidades mesmo diante de um crescimento populacional de até 12.500 habitantes adicionais, cenário que somente deverá ocorrer num horizonte de 20 anos.

Sob o eixo da qualidade, todos os sistemas propostos contemplam a implantação de Unidades de Tratamento de Água padrão Sanesul, com adição de cloro e flúor em conformidade com os parâmetros estabelecidos pela Portaria GM/MS nº 888/2021. A adoção de critérios de dimensionamento equivalentes aos aplicados em sistemas urbanos (pressão dinâmica mínima de 100 kPa, pressão estática máxima de 400 kPa e diâmetro mínimo de DN 50) assegura que as comunidades indígenas passem a receber água em padrão compatível com o fornecido nas cidades atendidas pela Sanesul, corrigindo uma desigualdade histórica de acesso.

Sob o eixo da equidade, o custo médio ponderado de R$ 9.786,75 por ligação, cerca de 3,9 vezes superior ao custo médio urbano de R$ 2.500,00, evidencia que o atendimento a populações dispersas e territorialmente vulneráveis exige investimentos significativamente maiores por unidade atendida. A análise do indicador R$/ligação, que variou de R$ 6.025,30 (Aldeia Teykue) a R$ 103.859,40 (Aldeia Cerrito), demonstra que a dispersão territorial é o principal determinante do custo e reforça a necessidade de critérios de priorização baseados em impacto populacional por real investido. O aproveitamento de 34% da rede de distribuição existente contribuiu para a racionalização dos recursos, uma vez que a implantação de rede representa cerca de 70% do custo total de um SAA.

Em complemento à infraestrutura física, o sucesso do projeto no longo prazo está condicionado à implementação de um programa contínuo de educação ambiental nas escolas indígenas, à capacitação dos Agentes Indígenas de Saneamento (AISan) para operação e manutenção dos sistemas, e ao monitoramento periódico da qualidade da água. A participação comunitária, ancorada nos modos de vida e conhecimentos tradicionais dos povos Guarani, é fator determinante para a sustentabilidade operacional e para a consolidação do direito à água potável como expressão concreta de equidade e desenvolvimento inclusivo.

Recomenda-se, para estudos futuros: o monitoramento sistemático dos índices de perdas reais nas redes implantadas, com vistas à revisão do índice de 38% adotado; a realização de análises físico-químicas e microbiológicas periódicas nos poços reabilitados; e a avaliação do desempenho operacional dos sistemas após dois anos de funcionamento, como subsídio para o aprimoramento de projetos similares em outras aldeias indígenas do Estado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABANYIE, S. K.; AMPADU, B.; FRIMPONG, N. A.; AMUAH, E. E. Y. *Impact of improved water supply on livelihood and health: Emphasis on Doba and Nayagnia*, Ghana. Innovation and Green Development, v. 2, n. 1, p. 100033, 2023. ISSN 2949-7531. DOI: https://doi.org/10.1016/j.igd.2023.100033.
2. ALBUQUERQUE, J. B. et al. *Relação entre o abastecimento de água e a ocorrência de doenças em indígenas no estado do Maranhão, Brasil*. Research, Society and Development, v. 9, n. 7, e109973912, 2020. DOI: https://doi.org/10.33448/rsd-v9i7.3912.
3. ALEIXO, B.; PENA, J. L.; HELLER, L.; REZENDE, S. *Infrastructure is a necessary but insufficient condition to eliminate inequalities in access to water*: Research of a rural community intervention in Northeast Brazil. Science of The Total Environment, v. 652, p. 1445-1455, 2019. ISSN 0048-9697. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.202.
4. ASSIS, V. S.; GARLET, I. J. *Análise sobre as populações Guarani contemporâneas*: demografia, espacialidade e questões fundiárias. Revista de Índias, Madrid, v. 64, n. 230, p. 35-54, 2004. DOI: https://doi.org/10.3989/revindias.2004.i230.
5. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12217: *Projeto de reservatório de distribuição de água para abastecimento público*. Rio de Janeiro: ABNT, 1994. Confirmada em 2018.
6. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12218: *Projeto de rede de distribuição de água para abastecimento público.* Rio de Janeiro: ABNT, 2017.
7. BRAGA, B. *Introdução à engenharia ambiental*: o desafio do desenvolvimento sustentável. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005. ISBN 85-87918-14-7.

8. BRASIL. Ministério da Saúde. *Fundação Nacional de Saúde. Manual de saneamento*. 4. ed. rev. Brasília: FUNASA, 2015. 642 p. ISBN 978-85-7346-084-4.

9. CAMPO GRANDE NEWS. *Investimento de R$ 120 milhões levará água potável a indígenas de MS*. Campo Grande, 2024. Disponível em: https://www.campograndenews.com.br/politica/investimento-de-r-120-milhoes-levara-agua-potavel-a-indigenas-de-ms. Acesso em: 24 maio 2024.

10. FERREIRA, D. C.; GRAZIELE, I.; MARQUES, R. C.; GONÇALVES, J. *Investment in drinking water and sanitation infrastructure and its impact on waterborne diseases dissemination*: The Brazilian case. Science of The Total Environment, v. 779, p. 146279, 2021. ISSN 0048-9697. DOI: https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146279.

11. O'GORMAN, M. *Mental and physical health impacts of water/sanitation infrastructure in First Nations communities in Canada*: An analysis of the Regional Health Survey. World Development, v. 145, p. 105517, 2021. ISSN 0305-750X. DOI: https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2021.105517.

12. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. *Declaração das Nações Unidas sobre os Direitos dos Povos Indígenas*. Nova York: ONU, 2007. Disponível em: https://www.un.org/development/desa/indigenouspeoples/declaration-on-the-rights-of-indigenous-peoples.html. Acesso em: 1 jun. 2026.

13. OUTRAS MÍDIAS. *A emergência social dos indígenas expulsos por Itaipu*. [S.l.], 2021. Disponível em: https://outraspalavras.net/outrasmidias/a-emergencia-social-dos-indigenas-desterrados-por-itaipu/. Acesso em: 24 maio 2024.

14. Pacifico ACN, Nascimento ACS do, Corrêa DSS, Penteado IM, Pedro JPB, Gomes MCRL, et al.. *Tecnologia para acesso à água na várzea amazônica*: impactos positivos na vida de comunidades ribeirinhas do Médio Solimões, Amazonas, Brasil. Cadernos de Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 37, n. 3, e00084520, 2021. DOI: https://doi.org/10.1590/0102-311X00084520.

15. SANTOS, D. C. *Saneamento para gestão integrada das águas urbanas*. Rio de Janeiro: Elsevier, 2016. ISBN 978-85-352-6016-0.

16. SANTOS, E. M. *Saneamento ambiental e saúde pública*. Londrina: Editora e Distribuidora Educacional S.A., 2020. ISBN 978-85-522-1142-3.

17. SNIS — SISTEMA NACIONAL DE INFORMAÇÕES SOBRE SANEAMENTO. *Diagnóstico dos serviços de água e esgotos* — 2022. Brasília: Ministério das Cidades, 2023. Disponível em: https://www.gov.br/cidades/pt-br/acesso-a-informacao/acoes-e-programas/saneamento/snis/painel/ab. Acesso em: 1 jun. 2026.

18. TSUTIYA, M. T. *Abastecimento de água*. 3. ed. São Paulo: Departamento de Engenharia Hidráulica e Sanitária da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2006. ISBN 85-900539-6-8.

19. WATSON, T. *Public health investments and the infant mortality gap*: Evidence from federal sanitation interventions on U.S. Indian reservations. Journal of Public Economics, v. 90, n. 8-9, p. 1537-1560, 2006. ISSN 0047-2727. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jpubeco.2005.10.002.