



Determinação de indicadores de custos de implantação para Sistemas de Abastecimento de Água no estado do Pará, Brasil, como subsídio à elaboração de estudos de viabilidade econômico-financeira

Arthur Julio Arrais Barros

Mestre, UFPA, Brasil
arthur.barros@itec.ufpa.br

Luiza Carla Girard Mendes Teixeira

Professora Doutora, UFPA, Brasil.
lugarard@ufpa.br

RESUMO

O objetivo da pesquisa foi o estabelecimento de indicadores para mensuração dos custos de implantação de Sistemas de Abastecimento de Água no contexto da elaboração de estudos de viabilidade econômico-financeira. Para tal, foram levantados e sistematizados os custos totais de implantação de 09 (nove) Sistemas de Abastecimento de Água no Pará, referentes a obras em andamento ou recentemente concluídas em municípios do estado; resultando na identificação das unidades componentes dos Sistemas, no estabelecimento de indicadores de custos e na validação dos referidos indicadores a partir da aplicação das metodologias de Jungles (1994) – adaptada por Costa (2003) – e da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (2010). Com a realização do presente trabalho, levantou-se a cobertura atual e o incremento de atendimento previsto a partir da implementação das intervenções previstas no escopo das obras de implantação ou de ampliação e melhorias dos SAAs. Além disso, mediante o estabelecimento dos indicadores de custo por unidade integrante dos Sistemas, foi possível a avaliação da convergência ou não dos indicadores calculados; destacando-se os indicadores das unidades de EEAB, de AAB, de RAP e REL pela maior tendência de centralização. Por fim, a partir da validação proposta, conclui-se que a metodologia de Jungles (1994) não representou bem a estimativa dos custos de implantação dos SAAs para nenhuma das unidades, enquanto a metodologia da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (2010), em função das diminutas diferenças percentuais, é melhor aplicável na estimativa de orçamentos globais de unidades de sistemas de saneamento básico.

PALAVRAS-CHAVE: Custos. Indicadores. Sistemas de abastecimento de água.

1 INTRODUÇÃO

O crescimento acelerado da população brasileira nos grandes centros urbanos aumentou a demanda por água potável nas últimas décadas, porém em muitas áreas não ocorreu expansão proporcional da cobertura e do atendimento com sistemas públicos de abastecimento de água. Esse processo resultou em déficit no atendimento populacional, configurando grande desafio para os atuais gestores públicos, prestadores dos serviços e demais atores sociais envolvidos no processo (Barros *et al.*, 2017).

Essa situação é ilustrada pelos indicadores disponibilizados no Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (Brasil, 2020), com 70,30% da população do país sendo atendida por sistema de abastecimento de água e com indicadores médios de 39,87% de perdas na rede de distribuição e de apenas 46,22% de hidrometração dos ramais de água, o que torna necessário expandir as estruturas e melhorar a eficiência dos sistemas públicos de abastecimento de água no Brasil.

Nesse contexto, é imperativo o aperfeiçoamento da gestão operacional e comercial dos prestadores de serviço de abastecimento de água por meio do controle e redução de perdas e do gerenciamento eficiente da demanda de água nos Sistemas de Abastecimento de Água (SAAs) (Alegre *et al.*, 2006); considerando que essas ações impactam diretamente nas despesas de exploração dos sistemas.

Assim, é necessário que essas despesas sejam estimadas ainda na fase de elaboração dos projetos, considerando que as diferentes alternativas de concepção de cada SAA impactam diretamente nas despesas de cada sistema, estando relacionados aos custos para implantação dos Sistemas (Marques, 2016; Andrade Sobrinho e Borja, 2016).

Após o estudo de viabilidade técnico-econômica das alternativas de concepção, onde são mensurados os custos de implantação e as despesas de exploração previstas por alternativa

do SAA, o prestador de serviços terá condições de indicar, mediante análise de critérios de ordem econômico-financeira, técnica, institucional, ambiental e social, qual a configuração de sistema que será mais bem detalhada na fase de projeto, inclusive quanto ao manancial de captação de água bruta (Pará, 2020).

Nessa conjuntura, algumas metodologias foram desenvolvidas para mensuração dos custos de implantação de SAAs nas fases iniciais de desenvolvimento de estudos e projetos, destacadamente a de Jungles (1994) e a da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (2010).

Jungles (1994), atualizado por Costa (2003), desenvolveu modelo matemático para mensuração dos custos de implantação das unidades de Estação Elevatória de Água Bruta (EEAB), Adutora de Água Bruta (AAB), Estação de Tratamento de Água (ETA), Reservatório Apoiado (RAP), Reservatório Elevado (REL) e Rede de Distribuição de Água (RDA); visando ao levantamento de variáveis de capacidade que possam traduzir custos produtivos. Por sua vez, a equipe técnica da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental, integrante do Ministério do Desenvolvimento Regional, determinou custos de referência para a elaboração de orçamentos globais de sistemas de saneamento básico, incluindo SAAs, como subsídio para a gestão de investimentos e qualificação dos gastos públicos em infraestrutura urbana (Brasil, 2010).

Além dos custos de implantação, o manancial de captação de água bruta deve ser determinado durante o estudo de alternativas de concepção tendo em vista o impacto direto dessa definição em vários elementos a serem projetados e/ou definidos; a exemplo da extensão das linhas de adução, da tecnologia de tratamento de água, das unidades integrantes do sistema e dos custos de implantação e operação do SAA (Ferreira *et al.*, 2020).

Apesar da realização de estudo de viabilidade econômica das alternativas de concepção fornecer subsídios para a tomada de decisão quanto à configuração dos SAAs, ainda é pouco conhecido e utilizado pelos atores que desenvolvem atividades em prefeituras municipais, agências de regulação, empresas de saneamento, bem como pela sociedade civil organizada.

Esse desconhecimento fragiliza a tomada de decisão e o aperfeiçoamento dos processos gerenciais, bem como a participação e o controle social na prestação dos serviços de abastecimento de água; perpetuando práticas operacionais ineficientes (Barros *et al.*, 2017). Logo, é iminente que seja mensurado o impacto da configuração de SAAs distintos entre si, principalmente quanto à captação de água bruta, nas despesas inerentes aos Sistemas; destacadamente os custos necessários à implantação da infraestrutura dos SAAs.

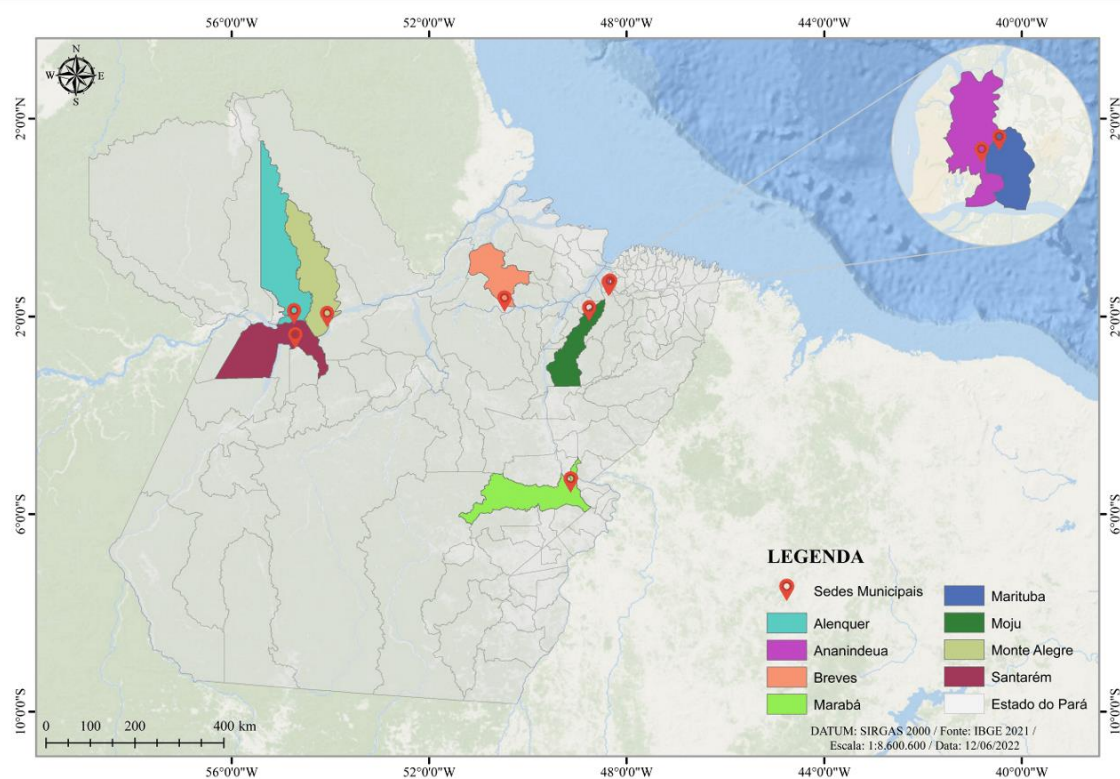
Portanto, tendo em vista a pequena disponibilidade de estudos que investiguem o impacto do tipo de configuração do sistema nos custos de implantação de SAAs, no presente trabalho serão levantados e sistematizados indicadores de custos de implantação de SAAs no estado do Pará, tendo como base a consulta em 09 (nove) planilhas orçamentárias referentes a obras em andamento ou recentemente concluídas; visando à mensuração desses custos de implantação na elaboração de estudos de viabilidade econômico-financeira.

2 METODOLOGIA

2.1 Descrição das atividades realizadas

Para realização da presente pesquisa, foram levantados os custos totais de implantação de 09 (nove) Sistemas de Abastecimento de Água no estado do Pará, referentes a obras em andamento ou recentemente concluídas nos municípios de Alenquer, Ananindeua – bairro Águas Lindas, Breves, Marabá, Marituba – Conjunto Habitacional Beija-Flor, Moju, Monte Alegre e Santarém – Núcleo Urbano e Distrito de Alter do Chão, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – Localização dos municípios do estado do Pará com obras em andamento ou recentemente concluídas de Sistemas de Abastecimento de Água.



Fonte: Elaboração própria (2022).

O estado do Pará é um dos 26 estados da República Federativa do Brasil, localizado na Região Norte do país. De acordo com dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (Brasil, 2022), a população residente estimada do estado no ano de 2021 era de 8.777.124 habitantes, com uma área total de 1.245.870,70 km² – sendo o segundo maior do país; resultando em uma densidade demográfica de 6,07 hab./km².

Após o levantamento desses custos, os mesmos foram detalhados por unidade componente do Sistema, a saber: captação, adução, reservação e distribuição. Para possibilitar a comparação dos custos entre os Sistemas, houve a padronização da data-base dos respectivos orçamentos para maio/2022 a partir da aplicação do Índice Nacional de Preços da Construção Civil (INCC) acumulado.

O INCC foi concebido com a intenção de aferir a evolução dos custos de construções habitacionais, constituindo-se como o primeiro índice oficial de custos da construção civil no país, possuindo série histórica retroativa ao mês de janeiro de 1944 (Portal Brasil, 2017).

Posteriormente, foram determinados Indicadores de custos unitários por unidade de SAA – $R\$/m^3 \cdot h$, $R\$/m^3$, $R\$/Km$, $R\$/hab$. ou $R\$/Ligação$. Complementarmente, em função dos custos totais, as obras foram agrupadas de acordo com as respectivas envergaduras – pequena, média e grande.

Por fim, para validação dos resultados, foram aplicadas as metodologias desenvolvidas por Jungles (1994) e pela Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (2010), comparando os custos estimados por meio da aplicação das referidas metodologias com as planilhas orçamentárias reais das obras inicialmente levantadas.

2.2 Descrição das Metodologias Aplicadas para validação dos custos de implantação

As equações oriundas da metodologia de Jungles (1994), adaptadas por Costa (2003), por unidade componente do Sistema de Abastecimento de Água, estão reunidas no Quadro 1.

Quadro 1 – Equações para mensuração dos custos de implantação de SAAs.

Componentes do Sistema	Modelo Matemático
Estações de Recalque	$Y_1 = 730,14 * L_1^{0,340} * X_1^{0,750}$
Aduoras de PVC	$Y_2 = 2,24L_2^{1,279} * X_2^{0,214}$
Aduoras FºFº	$Y_3 = 31,17L_3^{0,872} * X_3^{0,362}$
Estação de Tratamento	$Y_5 = 1.200,36X^{0,969}$
Reservatórios	$Y_4 = 31.186,13X_4^{0,610}$
Rede de Distribuição	$Y_6 = 171,81L_6^{0,540} X_6^{0,530}$

Fonte: Jungles (1994); Costa (2003).

Onde: “X” é a capacidade instalada, “L” é o comprimento/altura e “Y” é o custo de implantação por etapa/unidade.

Complementarmente, a metodologia desenvolvida pela Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental partiu das seguintes premissas:

- Classificação do total de 270 formulários de Síntese de Projetos Aprovados (SPAs), financiados pelo Programa de Aceleração do Crescimento (PAC), sendo 125 referentes a SAAs, com previsão de cobertura de 2.000 a 100.000 famílias por Sistema, localizados em todas as regiões do país – Norte, Nordeste, Centro-Oeste, Sudeste e Sul;
- Para cada faixa foi feita apropriação e segregação das informações de custos das SPAs, segundo as etapas/unidades componentes do SAA – captação, EEAB, AAB, ETA, RAP/REL, RDA e ligação predial;
- Cálculo da média, desvio padrão e obtenção da equação e respectiva curva de tendência dos valores, segundo os critérios citados anteriormente.

Os indicadores de referência determinados pela equipe técnica da Secretaria estão listados no Quadro 2.

Quadro 2 – Indicadores de referência para implantação de Sistemas de Abastecimento de Água na Região Norte.

Indicador	Especificação	Custo por Habitante (R\$/hab.)	Atendimento (Domicílios)
IAA_CG	Composição do Custo Global de Sistema de Abastecimento de Água por habitante como ocupante domiciliar (IBGE, 2008)	543,00	1.000 < D < 2.000
		429,00	2.001 < D < 4.000
		360,00	4.001 < D < 10.000
		286,00	10.001 < D < 20.000
		224,00	20.001 < D < 34.000
		208,00	34.001 < D < 64.000

Fonte: Brasil (2010).

Nota: Custo, em R\$/hab., por unidade componente – Captação, Estação Elevatória, Adução, Tratamento, Reservação, Rede de Distribuição e Ligação Domiciliar – e Global de SAAs implantados na Região Norte do país; independentemente do manancial ou configuração do Sistema.

Complementarmente, foram determinados os valores percentuais por unidade integrante de Sistema de Abastecimento de Água, conforme Quadro 3.

Quadro 3 – Referência de composição percentual do custo global para Sistemas de Abastecimento de Água na Região Norte.

Indicador	Especificação	Percentual							
		Captação	EE	Adução	ETA	Reservação	Rede	Ligação	Global
IAA_CG%	Composição percentual do Custo de Sistema de Abastecimento de Água	7	10	14	17	10	23	19	100

Fonte: Brasil (2010).

3 RESULTADOS

3.1 Identificação das Unidades Componentes dos SAAs

Para o cálculo dos indicadores de custos de implantação de SAAs no estado do Pará, foram levantadas informações por unidades componentes dos sistemas, conforme detalhado na Tabela 1.

Tabela 1. Detalhamento das unidades constituintes dos Sistemas de Abastecimento de Água em fase de implantação nos municípios de Alenquer e de Breves.

Unidades	Alenquer	Breves
EEAB	Captação no Rio Paraná do Alenquer – 02 CMBs (Operação 1 + 1), Q = 142 L/s, Hman = 21 mca e P = 75 cv	Captação no Rio Parauhaú – 02 CMBs (Operação 1 + 1), Q = 644,07 m ³ /h, Hman = 14 mca e P = 60 cv
AAB	L = 998 metros, DN 450 mm em PEAD	L = 132 metros de Ø300 mm em PEAD
ETA	Q = 511,20 m ³ /h (142 L/s)	Q = 644,07 m ³ /h
RAP	V = 1500 m ³	V = 1.000 m ³
EEAT	EEAT 01 (RAP → REL SETOR 01) – Operação 1 + 1, Q = 257,26 m ³ /h (71,46 L/s), Hman = 33,02 mca e P = 40 hp EEAT 02 (RAP → REL 02 Existente) – Operação 1 + 1, Q = 200,00 m ³ /h (55,55 L/s), Hman = 42 mca e P = 40 hp	EEAT 01 (RAP → REL 01/Existente) – Operação 1 + 1, Q = 187,15 m ³ /h, Hman = 38 mca e P = 50 cv EEAT 02 (RAP → REL 02/Projetado) – Operação 2 + 1, Q = 228,6 m ³ /h, Hman = 32 mca e P = 50 cv
AAT	AAT 01 (EEAT 01) – L = 74,50 metros de Ø250 mm em PVC DeFoFo AAT 02 (EEAT 02) – L = 2.01 Km de Ø250 mm em PVC DeFoFo	AAT 01 (EEAT 01) – L = 1,694 Km de Ø250 mm em PVC DeFoFo AAT 02 (EEAT 02) – L = 56 metros de Ø300 mm em F ^o F ^o
REL	02 RELs – V = 500 m ³	V = 830 m ³
RDA	L = 38,445 Km	L = 14,127 Km
Ligações	2.226 unidades	1.693 unidades

Fonte: Elaboração própria, 2022.

A população atendida com sistema público de abastecimento de água no município de Alenquer em 2011 era de 10.756 habitantes, equivalente a uma cobertura de 49,40% na área urbana à época. A expectativa, com a conclusão das obras, é de que haja a universalização no atendimento da população urbana residente no final de plano, que será de 33.845 habitantes em 2030; equivalente a uma vazão de 122,22 L/s ou 440 m³/h. Ressalta-se que as ligações previstas preveem atendimento de 11.353 habitantes, correspondente à 33,54% da população final de plano (2030).

Paralelamente, a expectativa com a conclusão das obras de ampliação do SAA no município de Breves, é de que haja a universalização no atendimento da população urbana residente no final de plano (2030), que será de 53.673 habitantes em 2030; equivalente a uma vazão de 178,91 L/s ou 644 m³/h, com ligações domiciliares para 8.465 habitantes (15,77%) da população a ser contemplada.

O detalhamento das unidades constituintes das obras recentemente concluídas ou em fase de implantação dos SAAs nos municípios de Marabá, Moju (SAAs com captação em manancial Superficial) e Ananindeua – bairro Águas Lindas, Marituba – Conjunto Habitacional Beija-Flor, Monte Alegre e Santarém – Núcleo Urbano e Distrito de Alter do Chão (SAAs com captação em manancial Subterrâneo) estão detalhadas nos arquivos suplementares.

A expectativa, com a conclusão das obras de ampliação do sistema público de abastecimento de água no município de Marabá, é de que haja a universalização no atendimento da população urbana residente no final de plano, que será de 311.198 habitantes em 2028; equivalente a uma vazão de 864,44 L/s ou 3.112 m³/h. Por sua vez, destaca-se que a rede de distribuição de água prevista prevê a cobertura de 26.143 habitantes – correspondente

à 8,40% da população projetada, enquanto as ligações previstas preveem o efetivo atendimento de 30.245 habitantes – correspondente à 9,71% da população urbana.

Por fim, com a conclusão das obras de ampliação do SAA no município de Moju, há a previsão de que haja a universalização no atendimento da população urbana residente no final de plano, que será de 43.815 habitantes em 2030 – vazão de 162,28 L/s ou 584,21 m³/h. Ressalta-se que as ligações previstas preveem o atendimento de uma parcela dessa população total, especificamente 14.150 habitantes – ou 32,29% da população projetada.

Frisa-se que os SAAs apresentados daqui em diante possuem a tomada d’água em manancial do tipo subterrâneo. Nesse contexto, com a conclusão das obras de ampliação do SAA no bairro Águas Lindas, localizado no município de Ananindeua, há a previsão de que haja o atendimento de 58,86% da população urbana residente no final de plano (2030) da localidade – 45.998 habitantes, correspondente a uma vazão de 127,77 L/s ou 460 m³/h. A população restante deverá ser atendida mediante a conclusão das intervenções de 2ª Etapa, atualmente em fase de elaboração de projeto. Destaca-se que as ligações previstas preveem o atendimento de 30.270 habitantes, correspondente à 65,80% dos habitantes a serem atendidos em 1ª Etapa.

Por sua vez, a previsão, com a conclusão das obras de ampliação do SAA no Conjunto Habitacional Beija-flor, localizado em Marituba, é de que haja a universalização no atendimento da população urbana residente no final de plano da localidade, que será de 41.249 habitantes em 2030; equivalente a uma vazão de 152,77 L/s ou 550 m³/h. Ressalta-se que as ligações previstas preveem o atendimento de 9.875 habitantes, correspondente à 23,93% da população urbana residente no ano de 2030.

Paralelamente, com a conclusão das obras de ampliação do SAA no Distrito Urbano do município de Santarém, a expectativa é de que haja a universalização no atendimento da população urbana residente no final de plano da localidade, que será de 82.098 habitantes em 2030 – vazão de 228,05 L/s ou 820,98 m³/h. Complementa-se que as demais unidades com os seus respectivos custos pertinentes às obras de implantação do SAA de Santarém não foram possíveis de serem levantados.

Com o término das obras de ampliação do SAA no Distrito de Alter do Chão, localizado em Santarém, há a previsão de que haja a universalização no atendimento da população urbana residente no final de plano da localidade, que será de 14.510 habitantes em 2033; equivalente a uma vazão de 53,74 L/s ou 193,47 m³/h. Importante destacar que, em função do Distrito se tratar de localidade turística com sazonalidade da população residente em função do período do ano, a população final de plano considera o incremento populacional previsto de 80%. Complementarmente, ressalta-se que as ligações previstas preveem o atendimento de 10.650 habitantes, correspondente à 73,40% da população final de plano (2033).

Finalmente, a população atendida com SAA no município de Monte Alegre em 2007 era de 17.237 habitantes, equivalente a uma cobertura de 66,16% na área urbana à época. A expectativa, com a conclusão das obras, é de que haja a universalização no atendimento da população urbana residente no final de plano, que será de 39.480 habitantes em 2027 – vazão de 109,67 L/s ou 394,81 m³/h. Ressalta-se que as ligações previstas preveem o efetivo atendimento de 19.150 habitantes – correspondente à 48,50% da população urbana residente para o ano de 2027.

Por fim, a partir do levantamento das unidades componentes dos SAAs selecionados,

verifica-se a seguinte quantidade de informações disponíveis, sintetizadas no Quadro 4.

Quadro 4 – Municípios cujas obras de ampliação/implantação de SAAs apresentaram informações de custos por unidade componente do Sistema.

Unidades SAA	Superficial	Subterrâneo
Captação/EEAB	Alenquer, Breves e Moju	–
Captação	–	Beija-flor, Alter do Chão e Santarém
EEAB		Águas Lindas e Monte Alegre
AAB	Alenquer, Breves e Moju	Beija-flor, Alter do Chão e Santarém
ETA	Alenquer, Breves, Marabá e Moju	Beija-flor
RAP	Alenquer, Breves e Moju	Beija-flor e Alter do Chão
EEAT	Alenquer, Breves, Marabá e Moju	Águas Lindas, Beija-flor e Alter do Chão
AAT	Alenquer, Breves, Marabá e Moju	Águas Lindas e Monte Alegre
REL	Alenquer, Breves, Marabá e Moju	Beija-flor e Alter do Chão
RDA	Alenquer, Breves, Marabá e Moju	Águas Lindas, Beija-flor, Alter do Chão e Monte Alegre
Ligações	Alenquer, Breves e Moju	–
Ligações Hidrometradas	–	Águas Lindas, Beija-flor, Alter do Chão e Monte Alegre
Hidrômetros		Monte Alegre

Fonte: Elaboração própria, 2022.

3.2 Cálculo dos Indicadores de Custos

Após o levantamento das informações por unidades componentes dos Sistemas, foram calculados os indicadores de custos de implantação de SAAs no estado do Pará, conforme detalhado a seguir.

- Captação/Estação Elevatória de Água Bruta (EEAB)

Os indicadores de custos de implantação referentes aos sistemas, especificamente da unidade de Captação/EEAB, bem como o cálculo das médias e desvios-padrão, estão reunidos a seguir, na Tabela 2 e na Tabela 3.

Tabela 2. Indicadores de Custos de Implantação da captação/EEAB (SAA Superficial).

Obras	Captação/EEAB	
	Indicadores	
	R\$/m ³ .h	R\$/hab.
Alenquer	12.027,96	181,67
Breves	5.067,03	60,80
Moju	3.332,58	45,64
MÉDIA	6.809,19	96,04
DESVIO PADRÃO	3.757,55	60,87

Fonte: Elaboração própria, 2022.

Tabela 3. Indicadores de custos de implantação da captação/EEAB (SAA subterrâneo).

Obras	Captação		Obras	EEAB	
	Indicadores			Indicadores	
	R\$/m ³ . h	R\$/hab.		R\$/m ³ . h	R\$/hab.
Beija-flor	5.616,15	85,78	Águas Lindas	102,35	1,89
Alter do Chão	5.757,74	83,33	Monte Alegre	1.414,31	4,73
Santarém	6.660,77	81,13			
MÉDIA	6.011,55	83,41	MÉDIA	758,33	3,31
DESVIO PADRÃO	462,69	3,60	DESVIO PADRÃO	655,98	1,42

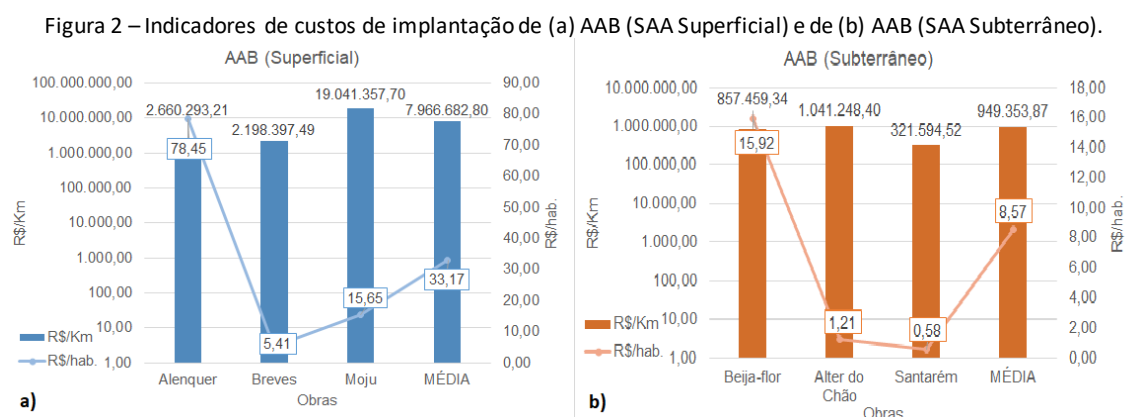
Fonte: Elaboração própria, 2022.

A partir dos indicadores da Tabela 2, verifica-se que o custo médio para implantação da unidade de captação em SAA com manancial superficial é de R\$6.809,19/m³.h, enquanto o custo análogo para SAA com manancial subterrâneo é de R\$6.011,55/m³.h. Complementarmente, apesar dos valores próximos, o desvio padrão do custo médio em R\$/m³.h para SAA com captação subterrâneo foi menor, o que denota tendência de centralização dos dados. Além disso, destaca-se a convergência dos custos da unidade de captação em SAA com manancial superficial em R\$/hab.; expresso pelo diminuto desvio padrão – R\$3,60/hab.

Os indicadores de custos de implantação referentes aos sistemas, especificamente da unidade de AAB, bem como o cálculo das médias, estão reunidos a seguir, na Figura 2.

- Adutora de Água Bruta (AAB)

Os indicadores de custos de implantação referentes aos sistemas, especificamente da unidade de AAB, bem como o cálculo das médias, estão reunidos a seguir, na Figura 2.



Fonte: Elaboração própria (2022).

A partir dos indicadores acima, verifica-se que o custo médio para implantação de AAB em SAA com manancial superficial é de R\$ 7.966.682,80/Km, enquanto o custo análogo para SAA com manancial subterrâneo é de R\$ 949.353,87/Km; configurando custos bem distintos entre si.

Uma hipótese para a discrepância observada entre as AABs em SAA com captação em manancial superficial e em manancial subterrâneo pode ser atribuída à tendência de as adutoras

de Sistemas da primeira tipologia possuírem menores extensões, tendo em vista que usualmente o ponto de tomada d’água não é demasiadamente distante do ponto de destino do volume bombeado, geralmente a própria ETA do SAA. Enquanto isso, as adutoras de SAA com captação em manancial subterrâneo tendem a ser mais extensas devido ao fato de, por exemplo, haver a recomendação de uma distância mínima entre dois poços para que não haja sobreposição dos cones de rebaixamento dos mesmos; ocasionando problemas na exploração de água bruta e, conseqüentemente, na vida útil da unidade de captação subterrânea.

- Estação de Tratamento de Água (ETA)

Os indicadores de custos de implantação referentes aos sistemas, especificamente da unidade de tratamento de água, bem como o cálculo da média e do desvio-padrão, estão reunidos na Tabela 4:

Tabela 4. Indicadores de custos de implantação da unidade de tratamento de água (SAA Superficial).

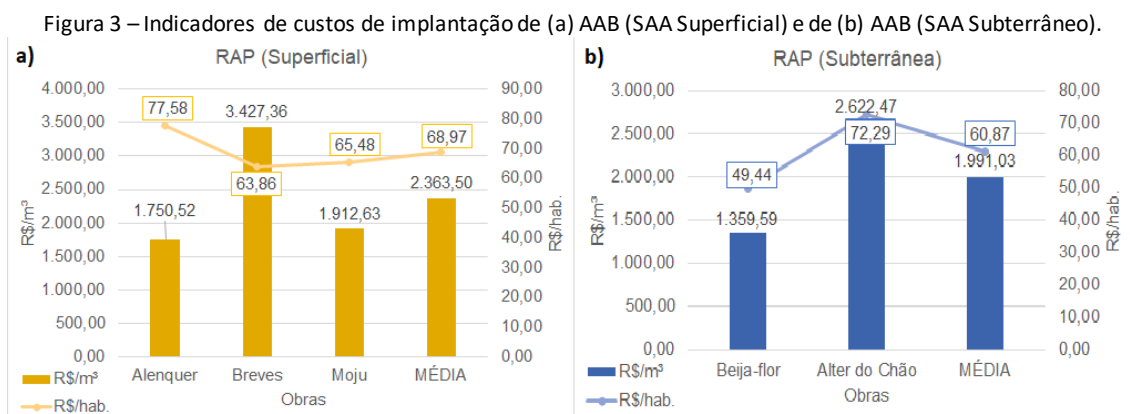
Obras	ETA (Superficial)	
	Indicadores	
	<i>R\$/m³. h</i>	<i>R\$/hab.</i>
Alenquer	21.827,94	329,69
Breves	12.167,22	146,01
Marabá	7.811,01	80,32
Moju	13.860,13	189,80
MÉDIA	13.916,58	186,45
DESVIO PADRÃO	5.072,75	91,42

Fonte: Elaboração própria, 2022.

Destaca-se que em função de terem sido levantadas as informações e sistematizados os custos de somente uma ETA desferrização, aplicável como unidade de tratamento de SAA com manancial do tipo subterrâneo, não houve o cálculo da média e do desvio-padrão para essa categoria. A ETA citada diz respeito à Estação localizada no SAA do Conjunto Habitacional Beijaflo, município de Marituba; cujos indicadores de custo calculados são R\$5.742,85/m³.h e R\$77,97/hab.

- Reservatório Apoiado (RAP)

Os indicadores de custos de implantação referentes aos sistemas, especificamente da unidade de reservação apoiada, bem como o cálculo das médias e desvios-padrão, estão reunidos na Figura 3.



Fonte: Elaboração própria (2022).

A partir dos indicadores da Figura 3, verifica-se que o custo médio para implantação da unidade de reservação em SAA com manancial superficial é de R\$2.363,50/m³, enquanto o custo análogo para SAA com manancial subterrâneo é de R\$1.991,03/m³. Complementarmente, apesar dos valores próximos, o desvio padrão do custo médio em R\$/m³ para SAA com captação subterrâneo foi menor, o que denota tendência de centralização dos dados.

Além disso, destaca-se a convergência dos custos da unidade de captação em SAA com manancial superficial e subterrâneo em R\$/hab.; expresso respectivos pelos desvios-padrão – R\$6,12/hab. e R\$11,43/hab. Essa convergência era esperada, tendo em vista que, independentemente do manancial para captação de água bruta, a unidade de reservação não é impactada; além de que os prestadores de serviços de abastecimento de água tendem a adotar modelos institucionais para o projeto e a instalação dos mesmos.

- Adutora de Água Tratada (AAT)

Os indicadores de custos de implantação referentes aos sistemas, especificamente da unidade de AAT, bem como o cálculo das médias, estão reunidos na Tabela 5:

Tabela 5. Indicadores de custos de implantação da unidade de adução de água tratada (SAA Superficial e Subterrâneo).

Obras	AAT (Superficial)		Obras	AAT (Subterrânea)	
	R\$/Km	R\$/hab.		R\$/Km	R\$/hab.
Alenquer	2.060.327,29	126,89	Águas Lindas	5.072.164,94	2,21
Breves	1.856.993,97	2,73	Monte Alegre	1.691.314,67	17,24
Marabá	1.672.873,21	12,04			
Moju	1.978.197,88	91,16			
MÉDIA	1.892.098,09	58,21	MÉDIA	3.381.739,80	9,72
DESVIO PADRÃO	145.779,01	52,47	DESVIO PADRÃO	1.690.425,14	7,52

Fonte: Elaboração própria, 2022.

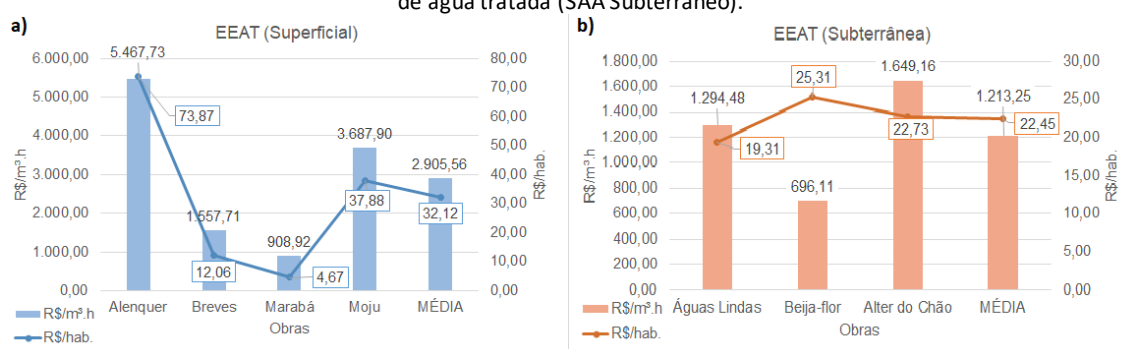
A partir dos indicadores da Tabela 5, verifica-se que o custo médio para implantação da unidade de adução de água tratada em SAA com manancial superficial é de

R\$1.892.098,09/Km, enquanto o custo análogo para SAA com manancial subterrâneo é de R\$3.381.739,80/Km. Complementarmente, o desvio padrão do custo médio em R\$/Km para SAA com captação superficial foi menor, o que denota tendência de maior centralização dos dados. Além disso, destaca-se a convergência dos custos da unidade de adução de água tratada em SAA com manancial subterrâneo em R\$/hab.; expresso pelo diminuto desvio padrão – R\$7,52/hab.

- Estação Elevatória de Água Tratada (EEAT)

Na Figura 4 estão consolidados os indicadores de custos de implantação pertinentes aos Sistemas estudados, especificamente da unidade EEAT, bem como o cálculo das respectivas médias.

Figura 4 – Indicadores de custos de implantação de (a) elevação de água tratada (SAA Superficial) e de (b) elevação de água tratada (SAA Subterrânea).



Fonte: Elaboração própria (2022).

A partir dos indicadores da Figura 4, verifica-se que o custo médio para implantação de EEAT em SAA com manancial superficial é de R\$ 2.905,56/m³.h, enquanto o custo análogo para SAA com manancial subterrâneo é de R\$ 1.213,25/m³.h, configurando custos bem distintos entre si.

Uma hipótese para a discrepância observada entre as EEATs em SAA com captação em manancial superficial e em manancial subterrâneo pode ser atribuída à envergadura dos Sistemas, onde Alenquer, Breves e Moju (Figura 4a) podem ser classificados como de médio porte e Águas Lindas, Beija-flor e Alter do Chão (Figura 4b) são categorizados como de pequeno porte; o que impacta diretamente nas potências instaladas.

- Reservatório Elevado (REL)

Os indicadores de custos de implantação referentes aos sistemas, especificamente da unidade de reservação elevada, bem como o cálculo das médias e desvios-padrão, estão reunidos na Tabela 6.

Tabela 6. Indicadores de custos de implantação de reservação elevada (SAA Superficial e Subterrâneo).

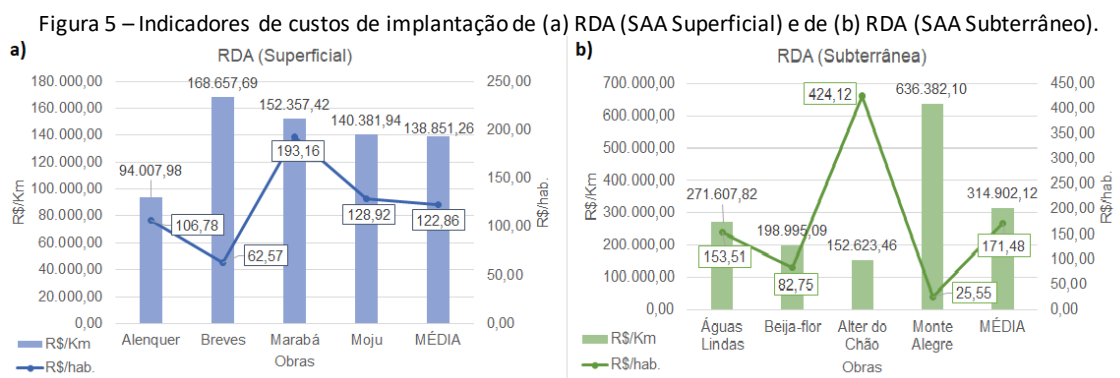
Obras	Reservação Elevada (Superficial)		Obras	Reservação Elevada (Subterrânea)	
	Indicadores			Indicadores	
	R\$/m ³ .h	R\$/hab.		R\$/m ³ .h	R\$/hab.
Alenquer	4.299,35	127,03	Beija-flor	4.323,34	52,41
Breves	3.208,54	69,94	Alter do Chão	2.833,26	58,58
Marabá	3.390,31	10,89			
Moju	3.800,90	69,40			
MÉDIA	3.674,77	69,32	MÉDIA	3.578,30	55,49
DESVIO			DESVIO		
PADRÃO	419,61	41,06	PADRÃO	608,32	3,09

Fonte: Elaboração própria, 2022.

A partir dos valores expressos na Tabela 6, verifica-se que o custo médio para implantação da unidade de reservação elevada em SAA com manancial superficial é de R\$3.674,77/m³, enquanto o custo análogo para SAA com manancial subterrâneo é de R\$3.578,30/m³. Complementarmente, apesar dos valores próximos, o desvio padrão do custo médio em R\$/m³ para SAA superficial foi menor, o que denota tendência de maior centralização dos dados. Além disso, destaca-se a convergência dos custos da unidade de reservação elevada em SAA com manancial subterrâneo em R\$/hab.; expresso pelo diminuto desvio padrão – R\$3,09/hab. Tal qual para a unidade de reservação apoiada, para a reservação elevada havia expectativa dessa convergência.

- Rede de Distribuição de Água (RDA)

Os indicadores de custos de implantação referentes aos Sistemas, especificamente na rede de distribuição de água, bem como o cálculo das médias e desvios-padrão, estão reunidos na Figura 5.



Fonte: Elaboração própria (2022).

A partir dos indicadores da Figura 5, verifica-se que o custo médio para implantação de RDA em SAA com manancial superficial é de R\$ 138.851,26/Km, enquanto o custo análogo para SAA com manancial subterrâneo é de R\$ 314.902,12/Km; configurando custos bem distintos entre si.

Uma possibilidade para a discrepância observada entre as RDAs em SAA com captação em manancial superficial e em manancial subterrâneo pode ser atribuída à envergadura dos Sistemas, onde os Sistemas de médio e grande porte – Alenquer, Breves, Marabá e Moju, por possuírem maiores vazões aduzidas nos trechos de rede, tendem a possuir maiores diâmetros de tubulação, o que demanda maiores volumes de escavação para assentamento das mesmas; sendo que o comportamento inverso pode ser verificado nos Sistemas de pequena envergadura – Águas Lindas, Beija-flor e Alter do Chão. Destaca-se que o SAA Monte Alegre, que consiste em um Sistema categorizado como de pequeno porte, apresentou comportamento anômalo; tendo em vista o elevado custo por quilômetro para assentamento de RDA. Importante ressaltar que, com a retirada do valor anômalo, a média do custo de implantação de RDA em SAA com manancial do tipo subterrâneo se aproxima da respectiva média do SAA com manancial superficial.

- Ligações domiciliares

Os indicadores de custos de implantação referentes aos Sistemas, especificamente no item de ligações, bem como o cálculo das médias e desvios-padrão, estão reunidos na Tabela 7.

Tabela 7. Indicadores de custos de implantação de ligações (SAA Superficial) e de ligações hidrometradas (SAA Subterrâneo).

Obras	Ligações (Superficial)		Obras	Ligações Hidrometradas (Subterrânea)	
	Indicadores			Indicadores	
	R\$/Unidade	R\$/hab.		R\$/Unidade	R\$/hab.
Alenquer	2.440,22	48,58	Águas Lindas	300,21	60,04
Breves	591,83	118,37	Beija-flor	489,42	97,88
Moju	292,87	58,57	Alter do Chão	717,03	143,41
			Monte Alegre	530,79	105,33
MÉDIA	1.108,31	75,17	MÉDIA	509,36	101,66
DESVIO PADRÃO	949,68	30,81	DESVIO PADRÃO	148,10	29,59

Fonte: Elaboração própria, 2022.

A partir dos indicadores da Tabela 7, verifica-se que o custo médio para implantação de ligações em SAA com manancial superficial é de R\$ 1.108,31/Unidade, enquanto o custo análogo para SAA com manancial subterrâneo é de R\$ 509,36/Unidade; configurando custos bem distintos entre si. Essa divergência pode ser explicada pelo valor anômalo (em R\$/Unidade) observado no custo de implantação de ligações do SAA Alenquer; o que fez com que a média para implantação das ligações nos Sistemas com captação em manancial superficial tendesse a aumentar.

Além disso, destaca-se a convergência dos custos da unidade de captação em SAA com manancial superficial e subterrâneo em R\$/hab.; expresso respectivos pelos desvios-padrão – R\$30,81/hab. e R\$29,59/hab.

3.3 Validação dos Indicadores de Custos

Após a identificação das unidades componentes dos SAAs e o cálculo dos indicadores de custos de implantação dos Sistemas, foi feita a validação das planilhas orçamentárias reais das obras levantadas por meio dos custos estimados através da aplicação das metodologias de Jungles (1994) – adaptada por Costa (2003) – e da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (2010).

Nesse contexto, a metodologia de Jungles (1994) não representou bem a estimativa dos custos de implantação dos SAAs em relação aos custos reais levantados para nenhuma das unidades – Captação/EEAB (63,81%), AAB (89,58%), ETA (88,19%) e RDA (95,88%); refinando a conclusão de Barros (2021), que utilizou a mesma metodologia, com melhor resultado – diferenças da ordem de $\pm 10\%$ entre os custos estimados e os valores reais – na mensuração dos custos globais de implantação de SAA com manancial do tipo subterrâneo no município de Belém. Complementarmente, a referida metodologia apresentou resultados demasiadamente distantes dos custos reais levantados na estimativa dos custos de implantação das unidades de reservação – RAP e REL; inferindo que a aplicação da mesma não é especialmente recomendada para tais unidades.

Em contrariedade à aplicação da primeira metodologia, o método proposto pela Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (2010) permitiu a validação de parte dos custos orçados referentes às unidades integrantes de SAAs, conforme detalhado na Tabela 8, a seguir.

Tabela 8. Validação dos custos reais de implantação das obras levantadas a partir da metodologia de SNSA (2010).

Unidades	Diferença Média Percentual (% $\pm \sigma$)
Captação/EEAB	41,62 \pm 19,9176
AAB	51,92 \pm 0,0000
ETA	43,57 \pm 35,3043
RAP	38,74 \pm 10,1031
EEAT	50,56 \pm 48,4955
AAT	18,41 \pm 12,3229
RDA	46,42 \pm 30,1343

Fonte: Elaboração própria, 2022.

Ao se analisar a Tabela 8, verifica-se que as diferenças médias percentuais oscilaram entre 18,41% e 51,92%, enquanto os desvios-padrão oscilaram entre 10,10% e 48,49%; atestando a melhor aplicabilidade da metodologia desenvolvida pela Secretaria em relação à metodologia de Jungles (1994) na estimativa de orçamentos globais de unidades de SAAs, como subsídio para gestão de investimentos e qualificação do gasto público em infraestrutura de saneamento básico (BRASIL, 2010). Além disso, verifica-se que os maiores desvios-padrão observados são pertinentes às unidades que apresentaram maior variabilidade no universo amostral, conforme exposto anteriormente; destacadamente ETA, EEAT e RDA.

Esclarece-se que foram excluídos valores percentuais anômalos do universo amostral para manutenção da lógica interna do conjunto de dados dentro de um intervalo aceitável. Além disso, nos dados apresentados na Tabela 8, não houve a divisão dos mesmos entre SAA com captação em manancial superficial e com captação em manancial subterrâneo tendo em vista

que tanto a metodologia de Jungles (1994) quanto a da SNSA (2010) apresentam formulações matemáticas gerais por unidade componente do Sistema, não detalhando-as em função dessa particularidade da unidade de captação.

Por fim, conforme pontuado anteriormente, tendo em vista a aplicabilidade da metodologia da Secretaria na estimativa de orçamentos globais de unidades de Sistemas, percebe-se que os custos totais de implantação de 09 (nove) SAAs no estado do Pará estão adequados; logo, os indicadores calculados a partir desses custos são aplicáveis para mensuração dos custos de implantação no contexto da elaboração de estudos de viabilidade econômico-financeira de SAAs.

4. CONCLUSÕES

Tendo em vista a pequena disponibilidade de bibliografia técnica que estabeleça indicadores para mensuração dos custos de implantação de SAAs em estudos de viabilidade econômico-financeira, anteprojetos ou projetos básicos, o presente trabalho levantou e sistematizou indicadores de custos de SAAs no estado do Pará a partir da consulta em planilhas orçamentárias referentes a obras em andamento ou recentemente concluídas.

Inicialmente, foram levantadas informações para identificação das unidades componentes dos Sistemas, a saber: captação, adução, reservação e distribuição. Esses dados, além de caracterizar os referidos Sistemas, permitiram a mensuração da cobertura atual e do incremento de atendimento previsto a partir da implementação das intervenções previstas no escopo das obras de implantação ou de ampliação e melhorias dos SAAs.

Além disso, mediante o estabelecimento dos indicadores de custo por unidade integrante dos Sistemas, foi possível a avaliação da convergência ou não dos indicadores calculados a partir das respectivas médias (\bar{x}) e desvios-padrão (σ); destacando-se os indicadores das unidades de elevação de água bruta, de adução de água bruta, de reserva apoiada e elevada pela maior tendência de centralização.

Por fim, a partir da validação das planilhas orçamentárias reais das obras levantadas por meio dos custos estimados por meio da aplicação das metodologias de Jungles (1994) e da Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental (2010), concluiu-se que a primeira metodologia não representou bem a estimativa dos custos de implantação dos SAAs para nenhuma das unidades, destacadamente de reservação apoiada e elevada; enquanto, a partir da aplicação da segunda, concluiu-se pela melhor aplicabilidade da mesma em relação à primeira na estimativa de orçamentos globais de unidades de sistemas de saneamento básico.

Complementarmente, recomenda-se que sejam realizados estudos com maior universo amostral, que resultem no estabelecimento de indicadores referenciais específicos por configuração e por localidade de implantação de Sistema de Abastecimento de Água, conforme recomendado por Barros (2021); subsidiando à mensuração de custos na elaboração de estudos de viabilidade econômico-financeira, contribuindo para a expansão continuada da cobertura com sistema público e, por conseguinte, para a universalização do abastecimento de água potável no país.

REFERÊNCIAS

- ALEGRE, H.; BAPTISTA, J.; CABRERA JUNIOR, E.; CUBILLO, F.; DUARTE, P.; HIMER, W.; MERKEL, W.; PARENA, R. **Performance Indicators for Water Supply Services**, International Water Association Publishing, UK, 2a ed., 2006.
- ANDRADE SOBRINHO, R.; BORJA, P. Gestão das perdas de água e energia em sistema de abastecimento de água da Embasa: um estudo dos fatores intervenientes na RMS. **Eng. Sanit. Ambient.**, p. 1-15, 2016.
- BARROS, A.; MESQUITA, K.; BEZERRA, G.; CONDURÚ, M.; PEREIRA, J. Impact of the Expansion of the Water Distribution Network on Electric Power Expenditure in the Municipalities of the Marajó Archipelago, State of Pará, Brazil. **Comparative Law e-Journal**, p. 40-48, 2017.
- BARROS, A. J. A. B. **Avaliação da Sustentabilidade Econômica da Captação de Água em Manancial Superficial e Subterrâneo para Abastecimento de Áreas Urbanas**, 2021. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal do Pará, 2021.
- COSANPA, Companhia de Saneamento do Pará. **Termo de Referência para Elaboração de Projeto Básico para Ampliação e Melhorias de Sistema de Abastecimento de Água**, 2020. Acesso em 18 jun. 2021, disponível em: <https://www.cosanpa.pa.gov.br/>
- COSTA, A. J. **Metodologia para Análise de Tarifas de Sistemas de Abastecimento de Água – SAA com Base nos Custos de Implantação e Operação do Sistema**, 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental). Universidade Federal de Santa Catarina, 2003.
- FERREIRA, J.; LOPES, R.; PEREIRA, J. Impacto do Desempenho Hidroenergético de Sistema de Abastecimento de Água no Consumo de Energia Elétrica em Campus Universitário. **Revista DAE**, p. 104-120, 2020.
- IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **IBGE Cidades**, 2022. Acesso em 17 jun. 2022, disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pa/panorama>
- JUNGLES, A. E. **Análise de Alternativas de Expansão de Capacidade dos Sistemas Urbanos de Abastecimento de Água em Santa Catarina**, 1994. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina, 1994.
- MARQUES, M. Eficiência energética e hidráulica em saneamento. **Revista da Extensão**, p. 1-6, 2016.
- PORTAL BRASIL. **Índice Nacional de Custo da Construção do Mercado – INCC**, 2017. Acesso em 17 jun. 2022, disponível em: <https://www.portalbrasil.net/incc/>
- SNSA, Secretaria Nacional de Saneamento Básico. **Nota Técnica SNSA n.º 492/2010**, 2010. Acesso em 12 abr. 2021, disponível em: https://antigo.mdr.gov.br/images/stories/ArquivosSNSA/Arquivos_PDF/Referencias_Custos_Globais_Sistemas_Saneamento_Basico.pdf
- SNSA, Secretaria Nacional de Saneamento Básico. **Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento – Série Histórica**, 2020. Acesso em 07 jul. 2020, disponível em: <http://app4.mdr.gov.br/serieHistorica/>