



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL
E AMBIENTAL

DIEGO SOUZA DE OLIVEIRA

ANÁLISE DA (IN)JUSTIÇA HÍDRICA A PARTIR DO METABOLISMO URBANO
DA ÁGUA NA ESCALA DOMICILIAR

CAMPINA GRANDE - PB
2025

DIEGO SOUZA DE OLIVEIRA

ANÁLISE DA (IN)JUSTIÇA HÍDRICA A PARTIR DO METABOLISMO URBANO
DA ÁGUA NA ESCALA DOMICILIAR

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG) como requisito para obtenção do título de Doutor em Engenharia Civil e Ambiental.

Área de Concentração: Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental.

Linha de Pesquisa: Recursos Hídricos.

Orientador: Prof. Dr. Carlos de Oliveira Galvão.

O48a

Oliveira, Diego Souza de.

Análise da (in)justiça hídrica a partir do metabolismo urbano da água na escala domiciliar / Diego Souza de Oliveira – Campina Grande, 2025.
144 f. : il. color.

Tese (Doutorado em Engenharia Civil e Ambiental) - Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2025.

"Orientação: Prof. Dr. Carlos de Oliveira Galvão."

Referências.

1. Acesso à Água. 2. Escala Domiciliar. 3. Metabolismo Social. 4. Metabolismo Urbano da Água. 5. Vulnerabilidade. I. Galvão, Carlos de Oliveira. II. Título.

CDU 628.1(043)



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
POS-GRADUACAO ENGENHARIA CIVIL AMBIENTAL
Rua Aprigio Veloso, 882, - Bairro Universitario, Campina Grande/PB, CEP 58429-900

REGISTRO DE PRESENÇA E ASSINATURAS

1. **ATA DA DEFESA PARA CONCESSÃO DO GRAU DE DOUTOR EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL**

2. **ALUNO(A): DIEGO SOUZA DE OLIVEIRA / COMISSÃO EXAMINADORA: DR. CARLOS DE OLIVEIRA GALVÃO - PPGECA/UFCG (PRESIDENTE) - ORIENTADOR, DR.ª MÁRCIA MARIA RIOS RIBEIRO - PPGECA/UFCG – EXAMINADORA INTERNA, DR.ª KAINARA LIRA DOS ANJOS – UFCG - EXAMINADORA EXTERNA, DR.ª MARIA HELENA DEL GRANDE – IFSP – EXAMINADORA EXTERNA, DR. PAULO EDUARDO VIEIRA CUNHA – UFRN – EXAMINADOR EXTERNO (PORTARIA 16/2025). / TITULO DA TESE: “ANÁLISE DA (IN)JUSTIÇA HÍDRICA A PARTIR DO METABOLISMO URBANO DA ÁGUA NA ESCALA DOMICILIAR” / ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: RECURSOS HÍDRICOS E SANEAMENTO AMBIENTAL / HORA DE INICIO: 08:30 HORAS / NO LABORATÓRIO DE HIDRÁULICA II, BLOCO BU, CAMPUS SEDE DA UFCG, EM CAMPINA GRANDE, DE FORMA HÍBRIDA.**

3. **EM SESSÃO REALIZADA EM FORMATO HÍBRIDO, APÓS EXPOSIÇÃO DE CERCA DE 40 MINUTOS, O(A) ALUNO(A) FOI ARGUIDO(A) ORALMENTE PELOS MEMBROS DA COMISSÃO EXAMINADORA, TENDO DEMONSTRADO SUFICIÊNCIA DE CONHECIMENTO E CAPACIDADE DE SISTEMATIZAÇÃO NO TEMA DE SUA TESE, SENDO-LHE ATRIBUÍDO O CONCEITO “EM EXIGÊNCIA”, SENDO QUE A POSSIBILIDADE DE APROVAÇÃO ESTÁ CONDICIONADA À AVALIAÇÃO DA NOVA VERSÃO DO TRABALHO FINAL, SEGUINDO PROCEDIMENTOS PREVISTOS NA RESOLUÇÃO DO PROGRAMA. O PRESIDENTE DA COMISSÃO EXAMINADORA, OUVIDOS OS DEMAIS MEMBROS, DEVERÁ FICAR RESPONSÁVEL POR ATESTAR QUE AS CORREÇÕES SOLICITADAS NA LISTA DE EXIGÊNCIAS FORAM ATENDIDAS NA VERSÃO FINAL DO TRABALHO. A COMISSÃO EXAMINADORA CUMPRINDO OS PRAZOS REGIMENTAIS, ESTABELECE UM PRAZO MÁXIMO DE 30 DIAS PARA QUE SEJAM FEITAS AS ALTERAÇÕES EXIGIDAS. APÓS O DEPÓSITO FINAL DO DOCUMENTO DE TESE, DEVIDAMENTE REVISADO E MEDIANTE ATESTADO DO ORIENTADOR, O CONCEITO "EM EXIGÊNCIA" PASSARÁ IMEDIATAMENTE PARA O DE “APROVADO”. NA FORMA REGULAMENTAR, FOI LAVRADA A PRESENTE ATA, QUE É ASSINADA POR MIM, FLÁVIO PEREIRA DA CUNHA, SECRETÁRIO(A), ALUNO(A) E OS MEMBROS DA COMISSÃO EXAMINADORA PRESENTES.**

4. **CAMPINA GRANDE, 24 DE ABRIL DE 2025**

5.

6.

Documento assinado digitalmente
 PAULO EDUARDO VIEIRA CUNHA
Data: 28/04/2025 19:18:30-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

7.

8.

9. **PAULO EDUARDO VIEIRA CUNHA – UFRN – EXAMINADOR EXTERNO**



Documento assinado eletronicamente por **DIEGO SOUZA DE OLIVEIRA, Usuário Externo**, em 25/04/2025, às 11:20, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **CARLOS DE OLIVEIRA GALVAO, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 25/04/2025, às 14:14, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **MARCIA MARIA RIOS RIBEIRO, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 25/04/2025, às 20:31, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **Maria Helena Del Grande, Usuário Externo**, em 26/04/2025, às 23:06, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **FLAVIO PEREIRA DA CUNHA, SECRETÁRIO (A)**, em 28/04/2025, às 08:38, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **KAINARA LIRA DOS ANJOS, PROFESSOR(A) DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 28/04/2025, às 15:31, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ufcg.edu.br/autenticidade>, informando o código verificador **5402101** e o código CRC **FB599B23**.

DEDICATÓRIA

Aos meus pais Ivonete e Manoel (*in memoriam*) por sempre me apoiarem nessa trajetória, dedico.

AGRADECIMENTOS

A educação pública e políticas sociais, que possibilitaram que eu chegasse até aqui, sendo essenciais para minha entrada e permanência na Universidade.

A minha família, em nome dos meus pais Ivonete e Manoel (*In memoriam*), meus irmãos Manuela, Gabriela e Rafael, e meus sobrinhos(a) Pérola, Pyetra e Sérgio Neto. Por todo esforço e dedicação ao longo dessa trajetória, por não medirem esforços para que pudesse alcançar esse objetivo, por sonharem isso comigo sempre me apoiando em todas as minhas decisões, sendo meu alicerce nessa caminhada.

Aos meus familiares, por todo apoio e ajuda ao longo dessa trajetória, por entender a minha ausência e por sempre torcer pelo meu sucesso.

Ao meu orientador Prof. Carlos de Oliveira Galvão, pela parceria ao longo dessa jornada, pelos ensinamentos e conselhos, pela disponibilidade em contribuir com a realização desse trabalho, e por ser um exemplo de pessoa e profissional.

Aos meus professores ao longo da minha trajetória acadêmica, por me conduzirem até aqui, por todo o ensinamento, sendo exemplos como pessoas e profissionais.

Aos amigos do laboratório, em especial Áurea, Breno, Epitácio, Laisa, Matheus e Maria Eduarda, que tornaram essa trajetória mais leve, sendo um acalento em momentos essenciais.

Ao Laboratório de Hidráulica II (BU), em especial a Rejane, pela organização do laboratório, por sempre estar disposta a ajudar e por todos os momentos de descontração.

Aos amigos, em especial Ângelo, Carlos, Daniel, Jordânia e Maiara, pela amizade e companheirismo, por me acompanharem em todos os momentos, por toda paciência e compreensão da minha ausência e por me ajudarem sempre que precisei.

Ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental, por todo apoio e orientação ao longo desses dois anos.

Ao Observatório das Metrópoles - Núcleo Campina Grande, por todos os ensinamentos e experiências compartilhadas, que me enriqueceram como pessoa e profissional.

A banca examinadora, pela disponibilidade e por aceitar participar da construção desse trabalho, desde já agradeço todas as contribuições e sugestões para o enriquecimento desse trabalho.

A Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado da Paraíba (FAPESQ) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Ensino Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de doutorado que possibilitou a dedicação exclusiva para a realização deste trabalho.

A todos, que direta ou indiretamente contribuíram para a realização desse sonho, a vocês o meu muito obrigado.

EPÍGRAFE

“A leitura do mundo precede a leitura da palavra” (Paulo Freire).

“[...]Não importa o que você sabe. O que importa é o que você faz com o que sabe[...]” (BaianaSystem).

RESUMO

O acesso à água, uma necessidade básica e um direito humano, é marcado por profundas desigualdades que resultam em injustiça hídrica. Essas desigualdades não decorrem apenas de fatores naturais, mas também da gestão inadequada do recurso, da infraestrutura deficiente e das condições socioeconômicas. A injustiça hídrica ocorre quando os usuários enfrentam acesso limitado à água, intensificando desigualdades existentes e restringindo sua capacidade de adaptação. Este estudo tem como objetivo avaliar a injustiça hídrica por meio da abordagem do metabolismo urbano da água na escala domiciliar. A pesquisa foi conduzida nessa escala, permitindo uma análise detalhada das dinâmicas de acesso, armazenamento e uso da água. Metodologicamente, a abordagem do metabolismo urbano da água, associada ao metabolismo social, foi empregada para compreender a estrutura metabólica da água nos domicílios, caracterizar a vulnerabilidade e identificar as causas e os impactos da desigualdade no acesso à água. A pesquisa utilizou o levantamento de dados secundários e primários, onde os dados primários foram obtidos por meio da aplicação de questionários em 154 domicílios em 58 cidades localizadas na região do nordeste brasileiro. A partir da construção da estrutura metabólica domiciliar, foi possível identificar diferentes níveis de vulnerabilidade relacionados à qualidade e quantidade da água. No entanto, não se verificou um padrão único na estrutura metabólica dos casos estudados. O processo de captação e a intermitência do abastecimento se mostraram fatores determinantes para a forma como a água é metabolizada. Os usuários estão expostos a riscos tanto em relação à qualidade quanto à quantidade da água, e esses riscos ocorrem em diferentes etapas do metabolismo. Algumas mudanças na estrutura metabólica, como o monitoramento e controle das fontes de entrada e o uso de reservatórios fixos com manutenção adequada, tornam os caminhos metabólicos mais seguros.

Palavras-chave: Acesso à água; Escala domiciliar; Metabolismo social; Vulnerabilidade.

ABSTRACT

Access to water, a basic need and a human right, is marked by deep inequalities that result in water injustice. These inequalities stem not only from natural factors but also from inadequate resource management, deficient infrastructure, and socioeconomic conditions. Water injustice occurs when users face limited access to water, exacerbating existing inequalities and restricting their ability to adapt. This study aims to assess water injustice through the approach of urban water metabolism at the household scale. The research was conducted on this scale, allowing for a detailed analysis of the dynamics of access, storage and use of water. Methodologically, the urban water metabolism approach, combined with social metabolism, was employed to understand the water metabolic structure within households, characterize vulnerability, and identify the causes and impacts of inequality in water access. The research used secondary and primary data collection, where the primary data were obtained through the application of questionnaires in 154 households in 58 cities located in the northeast region of Brazil. By constructing the household metabolic structure, it was possible to identify different levels of vulnerability related to water quality and quantity. However, no single pattern was observed in the metabolic structure of the studied cases. The water intake process and the intermittency of the supply system were determining factors in how water is metabolized. Users are exposed to risks concerning both water quality and quantity, and these risks occur at different stages of the metabolism. Some changes in the metabolic structure, such as monitoring and controlling water intake sources and using fixed storage reservoirs with proper maintenance, make metabolic pathways safer.

Keywords: Access to water; Domestic scale; Social metabolism; Vulnerability.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Metabolismo urbano a) Linear e b) Circular	23
Figura 2 - Gráfico de correlação das palavras chaves dos trabalhos sobre Metabolismo Urbano da Água.	24
Figura 3 - Gráfico de correlação das palavras chaves dos trabalhos sobre Justiça Hídrica.	29
Figura 4 - Fluxograma do percurso metodológico.	44
Figura 5 - Estrutura metabólica para coleta de dados.	46
Figura 6 - Mapa de localização dos casos de estudo.	47
Figura 7 - Processos do metabolismo social da água na escala domiciliar	57
Figura 8 - Exemplo da aplicação da estrutura metabólica.	59
Figura 9 - Estrutura metabólica de maior frequência.	60
Figura 10 - Circulação da água dentro do domicílio	69
Figura 11 - Vulnerabilidade metabólica em relação à qualidade	72
Figura 12 - Vulnerabilidade metabólica em relação à quantidade	75
Figura 13 - Sobreposição das vulnerabilidades metabólicas em relação à qualidade e quantidade	76
Figura 14 - Ilustração das relações de vizinhança	77
Figura 15 - Ilustração de usos fora do domicílio.	81
Figura 16 - Estruturas metabólicas a) Segura b) Vulnerável	87
Figura 17 - Número de casos de acordo com o porte da cidade.	90
Figura 18 - Estrutura metabólica das cidades de porte 1	91
Figura 19 - Estrutura metabólica das cidades de porte 2	92
Figura 20 - Estrutura metabólica das cidades de porte 4	93
Figura 21 - Estrutura metabólica das cidades de porte 5	94
Figura 22 - Estrutura metabólica das cidades de porte 6	94
Figura 23 - Número de casos de acordo com a renda	95
Figura 24 - Estrutura metabólica da renda 1	96
Figura 25 - Estrutura metabólica da renda 2	97
Figura 26 - Estrutura metabólica da renda 3	97
Figura 27 - Estrutura metabólica da renda 4	98
Figura 28 - Estrutura metabólica da renda 5	98
Figura 29 - Estrutura metabólica proposta	100

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Ocorrências no trecho entre a Entrada (E) e o Armazenamento (A)	130
Tabela 2 - Ocorrências no trecho entre a Entrada (E), Armazenamento (A) e a Transformação (T).....	131
Tabela 3 - Ocorrências no trecho entre a Entrada (E), Armazenamento (A), Transformação (T) e os Usos (U).....	132
Tabela 4 - Ocorrências no trecho entre a Entrada (E), Armazenamento (A), Transformação (T), Usos (U) e o Efluente (Ef).....	133
Tabela 5 - Ocorrências no trecho entre a Entrada (E), Armazenamento (A), Transformação (T), Usos (U), Efluente (Ef) e Intermitência (I).....	135
Tabela 6 - Ocorrências no trecho entre a Entrada (E), Armazenamento (A), Transformação (T), Usos (U), Efluente (Ef), Intermitência (I) e Usos Fora do Domicílio (Us).....	137
Tabela 7 - Ocorrências no trecho entre a Entrada (E), Armazenamento (A), Transformação (T), Usos (U), Efluente (Ef), Intermitência (I), Usos Fora do Domicílio (Us) e Relações de Vizinhança (R).....	139
Tabela 8 - Ocorrências no trecho entre a Entrada (E), Armazenamento (A), Transformação (T), Usos (U), Efluente (Ef), Intermitência (I), Usos Fora do Domicílio (Us), Relações de Vizinhança (R) e Localidade (L).....	142

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Representação do metabolismo por meio dos índices.....	50
Quadro 2 - Índices das formas de entrada de água	51
Quadro 3 - Índices dos tipos de armazenamento.....	52
Quadro 4 - Índice das formas de transformação	52
Quadro 5 - Índice dos usos da água	53
Quadro 6 - Índice das formas de destinação efluentes	53
Quadro 7 - Índice da ocorrência de falta de água	53
Quadro 8 - Índices da ocorrência de usos fora do lote.....	54
Quadro 9 - Índices das relações de vizinhança.....	54
Quadro 10 - Índice do porte das cidades	55
Quadro 11 – Índice da renda dos usuários.....	55
Quadro 12 - Caminhos dos casos que apresentam falta de água diariamente	86

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A - Armazenamento

CNDAV - Comissão Nacional em Defesa da Água e da Vida

E - Entrada

Ef - Efluentes

GM/MS - Gabinete do Ministro do Ministério da Saúde.

I - Intermitência

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change

Ipea - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada

L - Localidade

MS - Metabolismo Social

MUA - Metabolismo Urbano da Água

OCDE - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico

ODS - Objetivos do Desenvolvimento Sustentável

OMS - Organização Mundial da Saúde

ONU - Organização das Nações Unidas

PNUMA - Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente

R - Relações de vizinhança

SINISA - Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento Básico

T - Transformação

U - Usos

UNICEF - Fundo das Nações Unidas para a Infância

Us - Usos fora do lote

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	16
1.1 OBJETIVOS.....	20
1.1.1 Geral	20
1.1.2 Específicos	20
1.2 HIPÓTESES.....	20
2. REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1 METABOLISMO URBANO	21
2.2 (IN)JUSTIÇA HÍDRICA	26
2.3 ACESSO HUMANO À ÁGUA.....	31
2.3.1 O ABASTECIMENTO DE ÁGUA NA ESCALA DOMICILIAR.....	34
2.3.2 CONTINUIDADE DO ABASTECIMENTO.....	37
2.4 EXPOSIÇÃO, VULNERABILIDADE E RISCO	41
3. METODOLOGIA	44
3.1 LEVANTAMENTO DOS DADOS	45
3.2 ANÁLISE PRELIMINAR DOS DADOS.....	49
3.3 CATEGORIZAÇÃO DOS DADOS EM ÍNDICES.....	50
3.4 ANÁLISE DO METABOLISMO URBANO DA ÁGUA E DA INJUSTIÇA HÍDRICA	56
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	58
4.1 ESTRUTURA DO METABOLISMO NA ESCALA DOMICILIAR.....	58
4.1.1 Entrada	61
4.1.2 Armazenamento	63
4.1.3 Transformação	66
4.1.4 Usos	68
4.1.5 Circulação	69
4.2 VULNERABILIDADE DOS CAMINHOS METABÓLICOS	72
4.3 INTERAÇÕES METABÓLICAS	77

4.4 USOS FORA DO DOMICÍLIO	81
4.5 INTERFERÊNCIAS DA INTERMITÊNCIA NO METABOLISMO.....	83
4.6 MUDANÇAS NO METABOLISMO	87
4.7 ESTRUTURA METABÓLICA EM RELAÇÃO À LOCALIDADE.....	90
4.8 ESTRUTURA METABÓLICA EM RELAÇÃO À RENDA.....	95
4.9 PROPOSIÇÃO DE MUDANÇA METABÓLICA.....	100
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	103
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	105
ANEXO I – QUESTIONÁRIO DE PESQUISA.....	119
ANEXO II – ÍNDICES DO METABOLISMO DA ÁGUA	130

1. INTRODUÇÃO

A água é um recurso vital e essencial para o desenvolvimento da vida. Ela desempenha um papel fundamental em diversos aspectos, desde a saúde humana e a segurança alimentar até a sustentabilidade ambiental e o desenvolvimento econômico. Com a expansão urbana, o crescimento populacional e as mudanças climáticas, esse recurso essencial vem sofrendo pressões, correspondentes ao aumento das demandas e a poluição, causada pelas atividades humanas.

De acordo com o relatório do Programa de Monitoramento Conjunto da Organização Mundial da Saúde (OMS) e do Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF), para Abastecimento de Água, Saneamento e Higiene, uma em cada quatro pessoas em todo o mundo não tem água potável gerenciada com segurança, e quase metade da população global não tem acesso a saneamento adequado (OMS/UNICEF, 2021). A Organização das Nações Unidas (ONU) em 2010, reconheceu o direito à água limpa e segura, como um direito humano essencial para se ter acesso a uma vida digna. O acesso seguro à água está associado à garantia de outros direitos humanos.

Dentre os Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS), criados com a intenção de organizar e materializar as ações necessárias para que o mundo resolva suas principais questões sociais, ambientais e econômicas, o ODS 6, que trata sobre Água Potável e Saneamento, tem como metas a serem atendidas até 2030: o acesso universal e equitativo à água potável e segura; acesso ao saneamento e higiene adequados; melhoria na qualidade da água, reduzindo a poluição; aumento da eficiência do uso da água; redução do número de pessoas que sofrem com escassez de água; implementação da gestão integrada dos recursos hídricos em todos os níveis e proteger e restaurar ecossistemas relacionados com a água (ONU, 2015).

É dentro dessa conjuntura de problemas, garantias de direitos e desafios, que a gestão dos recursos hídricos e do saneamento deve ser realizada. A preocupação dos gestores com a realidade dos recursos hídricos, principalmente com as águas destinadas aos usos prioritários, induz novamente a tomada de uma série de medidas governamentais e sociais, para viabilizar a continuidade das políticas públicas de acesso à água, em particular, aquelas que incidem diretamente sobre a qualidade de vida da população (Machado, 2001; Ribeiro e Johnsson, 2018; Bezerra e Silva, 2019).

As causas dos problemas relacionados à água não se limitam apenas à escassez física do recurso ou à sua qualidade, mas também podem ser atribuídas às falhas na governança em diferentes níveis (Pahl-Wostl, 2017). De acordo com a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) (2015), a governança da água é o conjunto de políticas, institucionais e administrativas, práticas e processos (formais e informais), através dos quais as decisões são tomadas e implementadas, as partes interessadas podem articular seus interesses e ter suas preocupações consideradas, e os órgãos gestores são responsabilizados pela gestão da água.

Nas regiões áridas e semiáridas, o gerenciamento dos recursos hídricos e sua governança se tornam imperativos devido à escassez das reservas naturais de água. Nessas áreas, as restrições severas de oferta de água afetam as populações locais, principalmente devido à irregularidade das precipitações e dos escoamentos superficiais, tanto em termos de tempo quanto de espaço (Arcila e Melo, 2019). Nas áreas urbanas esses problemas são agravados, pelo aumento da urbanização com as mudanças de uso e ocupação do solo, e o crescimento das demandas pelos recursos.

Em termos de planejamento há uma variedade de métodos disponíveis para a gestão do sistema urbano de água, cada um com suas próprias características e aplicabilidade específica, como exemplo a Dinâmica de Sistemas, a Avaliação do Ciclo de Vida e o Metabolismo Urbano da Água (MUA). Alguns desses métodos incluem a gestão integrada da água urbana e a tomada de decisão multiobjetivo. Cada um desses métodos desempenha um papel importante na abordagem dos desafios da gestão da água urbana.

O MUA é um método que vem sendo utilizado para avaliação da gestão das águas urbanas (Girardet, 1990; Newman, 1999; Zhang et al., 2010; Serrão-Neumann et al., 2019; Zhang et al., 2019; Nezami et al., 2022). A abordagem do metabolismo urbano tem evoluído para identificar os processos críticos que podem representar ameaças à gestão urbana sustentável. Essa abordagem pode auxiliar os formuladores de políticas urbanas na melhoria do uso de recursos e capacidades ambientais para fornecer bens e serviços. O metabolismo urbano oferece uma visão abrangente dos fluxos de entrada e saída, permitindo uma compreensão mais completa dos sistemas

urbanos e suas interações com o ambiente circundante (Kenway et al., 2011; Nezami et al., 2022).

No entanto, apesar dos avanços significativos nesse campo, ainda existem lacunas importantes que precisam ser abordadas para uma compreensão mais abrangente e eficaz dos desafios relacionados ao uso sustentável da água nas áreas urbanas. Uma das lacunas nos estudos do MUA é a pouca ênfase a abordagens integradas e multidisciplinares, além da falta de dados detalhados e precisos sobre os fluxos internos de água dentro das áreas urbanas. A falta de dados muitas vezes resulta em modelos simplificados que podem não capturar a complexidade real dos sistemas urbanos de água.

Os estudos sobre o MUA têm se concentrado principalmente na quantificação dos fluxos de água real ou virtual entre um sistema urbano e os sistemas circundantes (Hong e Park, 2023; Nezami et al., 2022; Marinho et al., 2020; Serrão-Neumann et al., 2019), sem abordar os processos dos fluxos internos dentro dos limites do próprio sistema, que correspondem aos interfluxos, caracterizados nesta pesquisa pela transformação, circulação e consumo. Analisar os interfluxos proporciona o entendimento de como a água se movimenta dentro do sistema, podendo ser identificadas situações de injustiça hídrica através do direcionamento dos fluxos e de como a água chega até as pessoas, ou seja, como é distribuída, entendendo que essa distribuição nem sempre é equitativa.

A gestão dos recursos hídricos e o planejamento de saneamento eficaz começam com a compreensão detalhada do acesso e uso da água na escala domiciliar. A análise na escala domiciliar fornece informações sobre padrões de consumo, eficiência do uso da água e práticas de conservação, que são fundamentais para informar e melhorar a gestão da água nas escalas do município, da região e até mesmo do país (Willis et al., 2011; Gato-Trinidad et al., 2011; Reynaud, 2015; Rathnayaka et al., 2017).

De acordo com Zwarteveen e Boelens (2014), a injustiça hídrica refere-se a disparidades no acesso, na distribuição e na qualidade da água, que podem resultar em consequências socioeconômicas e ambientais negativas para certos grupos dentro de uma sociedade. A injustiça hídrica é um problema complexo e multidimensional, com raízes em fatores socioeconômicos, políticos e estruturais (Fioret, 2022). A questão da equidade e justiça na distribuição dos benefícios e riscos

associados à água é frequentemente subestimada nos estudos do metabolismo urbano da água (Huang, 2013; Emamjomehzadeh, 2023; Atkins, 2021). É crucial considerar como as políticas e intervenções podem afetar diferentemente grupos sociais, especialmente os mais vulneráveis, garantindo que o acesso à água e seus benefícios sejam compartilhados de forma justa e igualitária.

Portanto, para análise dos aspectos abordados ao longo deste texto, o trabalho foi aplicado na escala domiciliar, em diversos núcleos urbanos. A aplicação do estudo nesses territórios auxiliará no preenchimento das lacunas acerca do entendimento de como ocorrem os interfluxos do metabolismo na escala local e de como os aspectos socioambientais do território influenciam ou são influenciados, pela forma como a água é metabolizada, identificando os problemas ocasionados por um metabolismo inadequado.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Geral

- Avaliar a injustiça hídrica por meio da abordagem do metabolismo urbano da água na escala domiciliar.

1.1.2 Específicos

- Analisar a estrutura do metabolismo urbano da água domiciliar, entendendo como a água é metabolizada.
- Avaliar a injustiça hídrica através da vulnerabilidade dos processos metabólicos e como os usuários são expostos aos riscos provocados por um metabolismo inadequado.
- Propor medidas e mudanças na estrutura metabólica, que melhorem as condições de acesso à água em qualidade e quantidade.

1.2 HIPÓTESES

1. A caracterização do metabolismo domiciliar da água, por meio das formas de como a água é obtida, distribuída, armazenada e utilizada, possibilita a identificação de situações de injustiça hídrica.
2. As características sociais, econômicas, infraestruturais e ambientais são condicionantes que influenciam a direção dos fluxos do metabolismo.
3. Os usuários vulneráveis socioeconomicamente produzem alternativas inseguras ao metabolismo da água inadequado, em termos de quantidade e qualidade.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 METABOLISMO URBANO

O conceito do metabolismo aplicado ao ambiente urbano é identificado pela primeira vez em 1883 através dos estudos de Karl Marx, que usou o conceito para descrever as trocas de materiais e energia entre a sociedade e a natureza, em sua crítica à industrialização (Marx, 1981). Posteriormente, esse conceito é usado como estrutura de avaliação pela primeira vez por Wolman (1965), para avaliar a deterioração da qualidade do ar e da água nas cidades americanas. Comparado aos processos que acontecem no ecossistema, o autor considera a cidade como um organismo dinâmico que consome recursos e gera resíduos. A teoria do metabolismo urbano, possibilita o entendimento de como os recursos podem ser aproveitados aumentando a eficiência metabólica, possibilitando a identificação dos problemas relacionados aos recursos naturais, dando suporte aos gestores nas tomadas de decisão, contribuindo com cidades mais sustentáveis.

De acordo com Currie & Musango (2017), o metabolismo urbano está associado a uma complexidade de processos sociotécnicos e socioecológicos pelos quais fluxos de materiais, energia, pessoas e informações moldam a cidade, atendem às necessidades de sua população e impactam o interior circundante. Para Kennedy et al. (2007), o metabolismo urbano é definido como o total de processos sociais, econômicos e técnicos de um ambiente urbano, resultando em demanda material, crescimento e produção de resíduos. Estudos sobre a temática vêm sendo desenvolvidos ao redor do mundo (Currie et al., 2017; John et al., 2019; Atkins et al., 2021; Orozco-Hernández et al., 2022). A compreensão desses processos metabólicos das cidades tem o potencial de indicar a sustentabilidade urbana (Pamminger & Kenway, 2008). A análise do metabolismo pode ser utilizada para auxiliar o entendimento de como os recursos são distribuídos dentro do ambiente urbano, possibilitando a discussão da equidade na distribuição desses recursos.

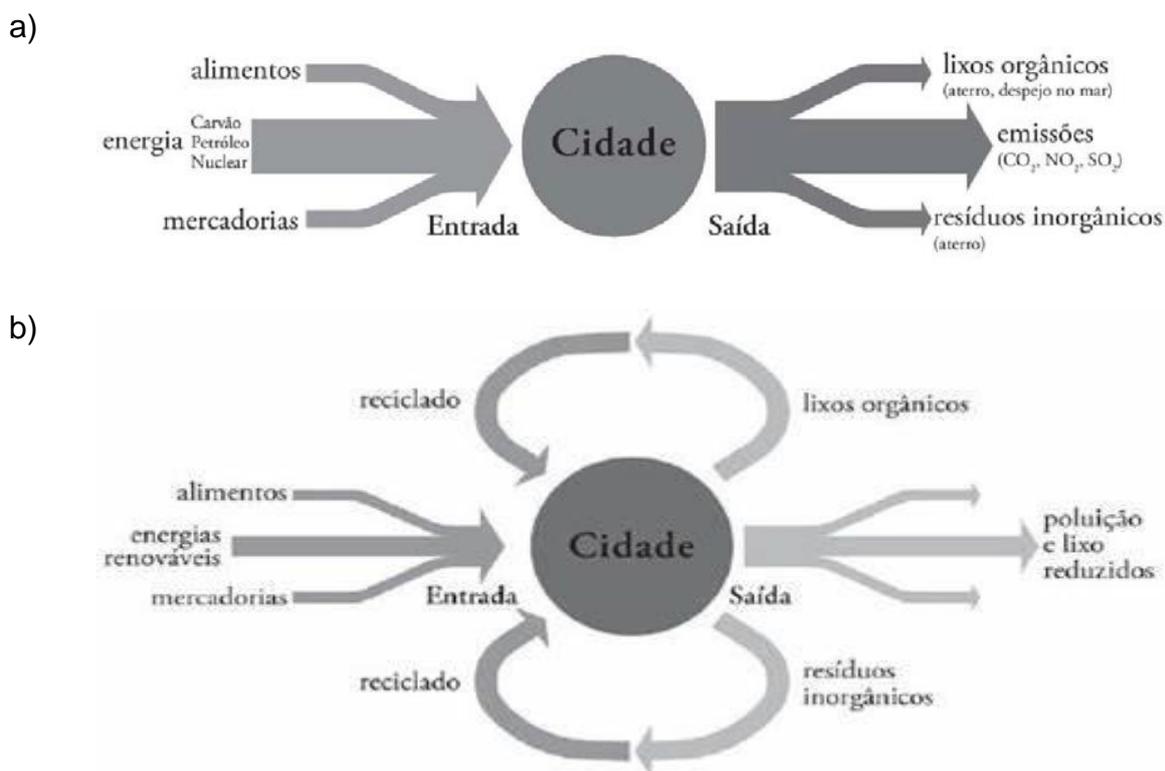
A análise do fluxo de materiais começa com a classificação dos vários fluxos e termina com um balanço que contabiliza todos esses fluxos (Niza et al., 2009; Browne et al., 2011). Haberl (2001) foi importante para a conceituação do metabolismo energético, propondo indicadores semelhantes aos usados na análise de fluxos de

materiais, possibilitando estudos posteriores (Krausmann e Haberl, 2002; Krausmann et al., 2008). O desafio para a análise de fluxo de material e análise de fluxo de energia, são que a sustentabilidade de um sistema não pode ser avaliada, podendo ser utilizado o método da pegada ecológica como alternativa (Gasson, 2002; Novotny et al., 2010).

A abordagem do metabolismo urbano vem sendo amplamente empregada como uma estrutura de análise, porque fornece uma maneira eficaz de obter informações sobre eficiência energética, reciclagem de materiais, gerenciamento de resíduos e as características de infraestrutura de um sistema urbano (Kennedy et al., 2007). As pesquisas envolvem uma grande quantidade de variáveis e um volume de dados muitas vezes inexistente, tornando os estudos complexos, onde alguns pesquisadores têm focado seus estudos em um único recurso, possibilitando um maior conhecimento dos fluxos, como exemplo o metabolismo da água (Broto et al., 2012; Zhang et al., 2015; Kennedy et al., 2015).

A metodologia do metabolismo urbano vem sendo aprimorada nas últimas décadas tanto em relação a seus aspectos metodológicos (Girardet, 1990; Zhang et al., 2019), quanto em função das abordagens e aplicações que são feitas da metodologia (Newman, 1999; Zhang et al., 2010; Serrão-Neumann, 2019; Nezami, 2022). Na sua concepção inicial Wolman (1965) desenvolveu um modelo linear (Figura 1a) de metabolismo que incluía processos de entrada e saída. A partir dessa concepção Girardet (1990) apresentou um modelo cíclico (Figura 1b) do metabolismo urbano, identificando como desvantagem o uso de modelos “black box”, nos quais consistem em modelos em que os conhecimentos internos do sistema são desconhecidos.

Figura 1 - Metabolismo urbano a) Linear e b) Circular



Fonte: Rogers et al. (1997)

O MUA, de acordo com Renouf e Kenway (2016), descreve o quão eficiente as águas estão sendo utilizadas no ambiente urbano, identificando os pontos de otimização e maximização no uso do recurso. Estudos vêm sendo desenvolvidos na proposição de modelos mais sustentáveis (Nezami et al., 2022), na utilização de uma análise integrada (Huang et al., 2013) e no planejamento das cidades sensíveis à água (Serrão-Neumann et al., 2019) a partir da análise do MUA.

As pesquisas do MUA vêm concentrando suas análises na quantificação dos fluxos de entrada e saída de água, na escala da cidade (Hong e Park, 2023; Nezami et al., 2022; Marinho et al., 2020; Serrão-Neumann et al., 2019; Renouf et al., 2018; Kenway et al., 2011). Essa análise do metabolismo, apesar de simplificada, é importante até certo ponto, pois possibilita uma visão global das demandas do recurso e da geração de águas residuais, entretanto não considera os processos internos que ocorrem no metabolismo.

Estudando o uso da água em Pequim, Zhang et al. (2010) propôs um processo de análise do metabolismo urbano da água, por meio do estudo de redes ecológicas, fornecendo um modelo para análise dos principais componentes do sistema e suas

água. A distribuição e o acesso à água nas cidades muitas vezes não são equitativos, resultando em injustiça hídrica. Ao adotar uma abordagem holística para a gestão da água urbana, as cidades podem se esforçar para alcançar uma melhor utilização dos recursos, reduzir os impactos ambientais e melhorar a resiliência geral e a habitabilidade das áreas urbanas.

O MUA tem um potencial de oferecer uma visão abrangente e interdisciplinar dos fluxos de água dentro das cidades, permitindo uma compreensão mais profunda das interações complexas entre os sistemas naturais e humanos. Ao analisar os processos do metabolismo, essa abordagem pode oferecer aspectos valiosos para identificar pontos de ineficiência, identificar estratégias de conservação e melhorar a eficiência dos recursos hídricos urbanos. Além disso, a abordagem do MUA possibilita o destaque da importância da equidade no acesso à água e nos serviços relacionados, enfatizando a necessidade de evitar a injustiça hídrica e a desigualdade social. Portanto, reconhecer e implementar a abordagem do Metabolismo Urbano da Água é pertinente para promover uma gestão integrada, equitativa e sustentável da água nas cidades.

O conceito de MUA utilizado neste trabalho se aproxima do conceito de Metabolismo Social (MS), que descreve o metabolismo desde os fluxos de entrada (apropriação), passando pelos fluxos intermediários (transformação, consumo e distribuição) e os fluxos de saída (excreção) (González de Molina e Toledo, 2014). O metabolismo, portanto, não é apenas formado pelas entradas e saídas, mas fluxos intermediários são importantes para entender como as pessoas acessam os recursos.

2.2 (IN)JUSTIÇA HÍDRICA

A discussão sobre a justiça hídrica está inserida no contexto mais amplo da Justiça Ambiental, constituindo um dos pilares fundamentais dessa abordagem. A Justiça Ambiental reconhece que a distribuição e acesso a recursos ambientais, incluindo a água, estão longe de serem igualitários, e busca equilibrar a relação entre seres humanos e o ambiente natural, assegurando que todas as pessoas, independentemente de sua origem, classe social, etnia ou gênero, tenham o direito a um ambiente saudável, seguro e ecologicamente equilibrado.

O movimento por justiça ambiental ganhou destaque nos Estados Unidos no início da década de 1980, mas sua origem está nas lutas históricas por direitos civis e pela igualdade social. Um marco importante nesse movimento foi o protesto em Warren County, Carolina do Norte, em 1982, onde uma comunidade majoritariamente afro-americana se levantou contra a instalação de um aterro tóxico em seu território. Esse evento não só trouxe à tona as questões de saúde e segurança ambiental, mas também destacou a desigualdade na distribuição dos riscos ambientais entre diferentes grupos raciais e econômicos (UCC, 1987).

No Brasil, a discussão sobre justiça ambiental ganhou força nos anos 2000, influenciada pelas discussões globais e pelos desafios locais, como o impacto desproporcional de desastres ambientais em comunidades pobres e indígenas. As questões relacionadas ao acesso desigual aos recursos naturais, como a água, e a exposição a riscos ambientais têm sido centrais nas demandas por justiça ambiental no país, refletindo a complexa interseção entre desigualdade social, raça, e meio ambiente (Acselrad et al., 2004; Acselrad, 2010).

A justiça hídrica pode ser entendida como o ideal de distribuição equitativa da água entre as diferentes populações que vivem em regiões diversas, e que deveriam ter acesso à água, de acordo com suas necessidades, não somente de sobrevivência, mas para o exercício de uma vida digna (Freitas, 2019). A justiça hídrica está relacionada aos contextos históricos e socioculturais, tendo a água simultaneamente um caráter natural e social, e está diretamente ligada à integridade dos ecossistemas, incluindo as formas de distribuição e o reconhecimento cultural e participação política (Zwarteveen e Boelens, 2014).

De acordo com Isch López (2012), as abordagens e os princípios da justiça hídrica podem ser caracterizados da seguinte forma:

- A água é um recurso disputado, onde sua gestão implica relações de poder e questões jurídicas, e os conflitos giram principalmente em torno do acesso e distribuição injustos e desiguais dos recursos hídricos;
- A governança da água é uma expressão da política, com isso a gestão e distribuição da água não pode ser baseada apenas em sua natureza biofísica e engenharia, mas também requer consideração de perspectivas econômicas e sócio-políticas em disputa.
- A luta pela segurança hídrica tornou-se uma nova fonte de conflito, onde alguns atores se apropriam da água como um recurso estratégico, controlando ou diminuindo o acesso à água de outros atores (indivíduos, comunidades e nações).
- Conflito e cooperação podem se complementar, por isso eles atuam na história com base em combinações mutáveis e interações de mecanismos institucionais formais e informais.

De acordo com Sultana (2011), a justiça hídrica é baseada nos fundamentos da equidade, da justiça e da participação, além disso, ela enfatiza que essa abordagem deve ser adaptada ao contexto específico de cada localidade, sendo sensível às relações e circunstâncias locais, ao invés de adotar uma perspectiva universalista. Para Harris et al. (2015), as principais inquietações no âmbito da justiça hídrica estão associadas à notável disparidade no acesso e na qualidade da água, os quais demonstram variações significativas com base em diversos delineamentos sociais e geográficos.

Para Boelens et al. (2011), a problemática das pesquisas por justiça hídrica deve estar baseada em três questões centrais, sendo as dinâmicas e mecanismos dos processos de acumulação de água e direitos hídricos, considerando variáveis como classe, gênero e etnia; bem como a essência, natureza, dinâmica e contradições subjacentes nos conflitos que surgem; e as possibilidades de implementar estratégias em várias escalas por parte de organizações e atores da base da sociedade civil, buscando estabelecer conexões entre diferentes níveis institucionais e políticos. Isso

visa abordar questões de (in)justiça hídrica e resolver os embates relacionados à água.

As maneiras de acumulação de recursos hídricos assumem múltiplos arranjos, que não apenas resultam em cenários de (in)justiça hídrica, mas também prejudicam o progresso econômico e social das populações e comunidades marginalizadas no processo (Boelens et al., 2011; Isch López, 2012). Para Boelens et al. (2011) é como se os fluxos de água fossem direcionados em direção ao poder, acumulando-se nas mãos de usuários dominantes e sendo distribuídos de maneira desigual, intensificando a marginalização de um lado e ameaçando a segurança alimentar e a sustentabilidade ambiental de outro.

Os conflitos estão diretamente ligados à reprodução das (In)justiças Hídricas e ao processo de desfavorecimento de determinados grupos e comunidades. Panfichi e Coronel (2011) categorizam os conflitos relacionados à justiça hídrica em quatro distintas tipologias, baseadas em suas origens: a) por acesso à água potável; b) associados à contaminação; c) por oportunidades de utilização; e d) por não cumprimento da Lei de Águas. Para Alba (2007), os conflitos em torno da água têm raízes distintamente políticas e não naturais.

Segundo Gentes (2011), a manifestação do poder e da influência política entre diferentes grupos, indivíduos ou regiões se apresenta variadamente por meio da gestão da água, resultando em conflitos relacionados à extensão em que os atores sociais e institucionais são incluídos/excluídos, bem como à medida de representação/legitimidade, e à legalidade dos propósitos públicos e das múltiplas aspirações.

Entre os atores que desempenham um papel fundamental nas discussões sobre justiça hídrica, é possível classificá-los em diversas categorias, incluindo gênero, povos indígenas, comunidades tradicionais, indivíduos de baixa renda e afrodescendentes (Neumayer e Plumper, 2007; Sultana, 2011; Zwertevens e Boelens, 2014). Estudando o contexto uruguaio Dominguez et al. (2015) identificou que os embates decorrentes da exploração de águas subterrâneas, priorizam empreendimentos de irrigação, colocando em risco o abastecimento de água destinado às necessidades familiares, levando as comunidades afetadas a adotarem estratégias organizacionais, sendo uma dessas iniciativas a formação da Comissão Nacional em Defesa da Água e da Vida (CNDAV).

Em seu estudo, Alier (2013) elencou aspectos da justiça hídrica urbana, sendo eles: garantir a manutenção do acesso à água como um serviço público de baixo custo para os estratos socioeconômicos mais vulneráveis; implementar abordagens estabelecidas para aprimorar o fornecimento de água; adotar medidas para evitar que os indivíduos de baixa renda em áreas urbanas paguem preços exorbitantes pela escassez da água, muitas vezes devido à dependência de serviços privados em regiões periféricas.

Analisando a distribuição e o acesso a água em uma cidade de médio porte no semiárido brasileiro, Del Grande (2016) evidenciou situações de injustiça hídrica através da forma desigual como os usuários experienciaram o racionamento na cidade. A autora identificou que a percepção dos impactos do racionamento é influenciada pela renda, sendo os usuários de baixa renda, apresentando uma menor percepção, pois naturaliza o problema.

Propondo um conjunto de indicadores para análise da vulnerabilidade ao desabastecimento de água em situações de intermitência no abastecimento na zona urbana, Diniz (2019) identificou que determinadas áreas da cidade eram mais vulneráveis ao desabastecimento em função de riscos hidráulicos, renda média mensal, presença de aglomerados subnormais e capacidade de reservação, mostrando formas injustas na distribuição dos problemas hídricos.

Para combater a injustiça hídrica, é necessário adotar uma abordagem inclusiva e abrangente que promova o acesso equitativo à água potável e serviços relacionados à água para todos. Isso envolve a implementação de políticas inclusivas de água, investimentos em infraestrutura adequada, participação da comunidade e sensibilização sobre questões de injustiça hídrica. Além disso, é importante considerar a dimensão social nas estratégias de planejamento urbano em todas as escalas, levando em conta a justiça hídrica na formulação de políticas de gestão de água urbana e planejamento urbano, garantindo que todos tenham acesso igualitário e sustentável à água.

2.3 ACESSO HUMANO À ÁGUA

O acesso humano à água não é garantido apenas com o acesso físico ao recurso. A existência de uma torneira, ligada à rede pública de abastecimento, dentro do domicílio não é suficiente para assegurar que os usuários terão acesso à água de forma adequada para o atendimento das suas necessidades. O acesso adequado está associado ao acesso físico, em relação a quantidade e qualidade, e o acesso econômico, com a capacidade dos usuários de pagar pelo acesso (Gleick, 1996; Howard e Bartram, 2003; Briscoe e Grey, 2005).

Em relação à quantidade, os usuários precisam de água suficiente para atender às suas demandas diárias, sem comprometer nenhuma atividade. Com relação à qualidade, a água precisa atender aos requisitos de potabilidade, garantindo a segurança da saúde. De acordo com a OMS, acesso físico à água potável significa que a fonte de água está a menos de 1 km de distância da moradia do usuário e que é possível obter pelo menos 20 litros de água por pessoa por dia. A água deve ser livre de contaminantes que possam causar doenças e deve ser aceitável em termos de cor, sabor e odor (Howard e Bartram, 2003; OWH, 2014).

A portaria GM/MS Nº888 de 2021, que dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade, traz as seguintes definições:

I - água para consumo humano: água potável destinada à ingestão, preparação de alimentos e à higiene pessoal, independentemente da sua origem;

II - água potável: água que atenda ao padrão de potabilidade estabelecido neste Anexo e que não ofereça riscos à saúde;

III - padrão de potabilidade: conjunto de valores permitidos para os parâmetros da qualidade da água para consumo humano, conforme definido neste Anexo;

IV - padrão organoléptico: conjunto de valores permitidos para os parâmetros caracterizados por provocar estímulos sensoriais que afetam a aceitação para consumo humano, mas que não necessariamente implicam risco à saúde;

O Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea) na apresentação dos objetivos de desenvolvimento sustentável traz algumas adequações nas metas, utilizando termos que estão presentes nas regulamentações brasileiras e são

conceitos importantes para o entendimento e discussão da temática. No objetivo 6 que trata sobre Água Potável e Saneamento, na meta 6.1 são apresentados os seguintes conceitos:

Água segura: "É a água que tem parâmetros microbiológicos, físicos, químicos e radioativos e respectivos limites que asseguram que o seu consumo não ofereça riscos à saúde", de acordo com o Comitê de Direitos Econômicos, Sociais e Culturais da ONU (CDESC). A água para consumo pessoal ou doméstico deve ser livre de micro-organismos, substâncias químicas e riscos radiológicos que constituam uma ameaça à saúde da pessoa. Além disso, deve ser de cor, odor e gosto aceitáveis.

Água acessível para todos: Implica que o pagamento pelos serviços não impeça que as pessoas tenham garantido o atendimento das suas necessidades básicas e a promoção da qualidade de vida.

Acesso universal e equitativo à água: "Trata-se de assegurar que o acesso à água seja fornecido para todas e todos, independentemente de sua condição social, econômica ou cultural, de gênero ou etnia. Este conceito está alinhado com a noção do acesso à água como um direito humano. Em 28 de julho de 2010, por meio da Resolução 64/292, a Assembleia Geral das Nações Unidas reconheceu explicitamente o direito humano à água e ao saneamento, bem como reconheceu que a água potável e o saneamento são essenciais para a realização de todos os direitos humanos (...)"

Segundo Hoekstra e Mekonnen (2011) em uma gestão sustentável dos recursos hídricos é importante considerar os aspectos de quantidade e qualidade. Em seu estudo Bain et al. (2014), mostra que a proximidade da fonte de água e a sua disponibilidade contínua são cruciais para assegurar que as necessidades diárias de água sejam atendidas sem grandes esforços. Slaymaker e Bain (2007) estudaram a qualidade da água em países em desenvolvimento, identificaram que a contaminação microbiológica e química da água é um problema persistente que afeta diretamente a saúde pública.

O acesso à água também vai ser influenciado por características socioeconômicas, ocasionando desigualdades no acesso e capacidades de adaptação diferentes. Clark e Smith (2020) analisaram como as desigualdades socioeconômicas e geográficas afetam o acesso à água, particularmente em áreas

urbanas densamente povoadas. Para Ziervogel (2016), a integração de estratégias de adaptação pode melhorar o acesso à água em comunidades vulneráveis.

O acesso à água é um desafio crescente, agravado pelas mudanças climáticas, urbanização e crescimento populacional. Nos últimos anos, avanços científicos e tecnológicos têm sido fundamentais para enfrentar esses desafios e melhorar o acesso à água potável. Tecnologias de tratamento de água vêm avançando com uso de técnicas de tratamento avançado como dessalinização e uso de membranas (Zhang et al., 2016; Sallem et al., 2022; Barka et al., 2024).

As técnicas de monitoramento e modelagem dos recursos hídricos também vêm avançando. O uso de sensores e tecnologias de Internet das Coisas (IoT) permite o monitoramento em tempo real da qualidade e quantidade de água. No seu estudo, Giustolisi et al. (2021) destacam que esses sistemas ajudam na detecção precoce de contaminações e na gestão eficiente dos recursos hídricos. Modelos hidrológicos avançados, como o SWAT (Soil and Water Assessment Tool), têm sido utilizados para prever o impacto das mudanças climáticas na disponibilidade de água. O estudo de Arnold et al. (2012) demonstra como esses modelos ajudam na gestão de bacias hidrográficas, oferecendo suporte na tomada de decisões.

Soluções baseadas na natureza, como a recuperação de zonas úmidas e o uso de sistemas de drenagem sustentável, têm se mostrado eficazes para a gestão da água. O relatório de BenDor et al. (2015) enfatiza que essas abordagens não só melhoram o acesso à água, mas também oferecem benefícios ecológicos e sociais. A recuperação de ecossistemas aquáticos, como rios e lagos, pode aumentar a disponibilidade de água e melhorar sua qualidade. A pesquisa de Palmer et al. (2014) mostra que a restauração de ecossistemas pode resultar em um aumento significativo na resiliência hídrica de comunidades.

Para Rockström (2014) a gestão integrada de recursos hídricos é uma abordagem essencial para garantir o acesso sustentável à água. Ele destaca a importância da coordenação entre diferentes setores para a gestão eficiente dos recursos hídricos. A inclusão de comunidades na gestão dos recursos hídricos tem sido uma tendência crescente. O trabalho de Albuquerque et al. (2017) argumenta que a governança participativa pode melhorar o acesso e a gestão da água, permitindo que as comunidades influenciem as decisões que afetam seus recursos hídricos. A pesquisa de Hering et al. (2015) discute a importância de políticas integradas de

saneamento e recursos hídricos. O estudo conclui que a combinação de esforços em saneamento e gestão de água é essencial para melhorar o acesso e a qualidade da água em comunidades carentes.

Embora muitos estudos abordem o acesso à água em diferentes níveis, há uma escassez de dados que permitam entender as diferenças de acesso em níveis locais e comunitários. Esses dados são importantes, principalmente para populações marginalizadas e em situação de vulnerabilidade. A maioria dos estudos concentra-se em aspectos técnicos e econômicos, negligenciando a importância das dimensões culturais e sociais do acesso à água. Também há uma necessidade crescente de estudos que integrem as consequências climáticas nas estratégias de acesso à água, especialmente em regiões vulneráveis.

Portanto, neste trabalho entende-se acesso a água adequada como o recebimento de água no domicílio em quantidade suficiente para o atendimento das necessidades básicas; em qualidade, de acordo com os padrões de potabilidade, assegurando a saúde dos usuários; e com regularidade que afeta tanto a quantidade quanto a qualidade da água, sendo necessário o fornecimento de água de forma contínua.

2.3.1 O ABASTECIMENTO DE ÁGUA NA ESCALA DOMICILIAR

A análise do abastecimento de água na escala domiciliar permite uma compreensão dos padrões de uso, identificando ineficiências e desperdícios, que podem auxiliar na formulação de políticas e intervenções que visam a reduzir os impactos negativos sobre os usuários. Outro aspecto é a qualidade da água consumida, assegurando que a água fornecida às residências atenda aos padrões de potabilidade estabelecidos. A qualidade da água afeta diretamente a saúde dos usuários, pois a ingestão de água contaminada pode levar a diversos problemas de saúde, incluindo doenças gastrointestinais e intoxicações. Essas análises possibilitam intervenções que promovem a saúde e a qualidade de vida dos usuários.

De acordo com Willis et al. (2011) o monitoramento detalhado do consumo de água em residências pode revelar padrões de uso ineficientes, como vazamentos, uso excessivo em irrigação de jardins, ou hábitos diários que desperdiçam água. Ao identificar essas ineficiências, é possível implementar medidas corretivas específicas

que reduzem o consumo desnecessário e, conseqüentemente, os custos para os usuários. Em seu estudo Gilg e Barr (2006) discutem como a sensibilização dos usuários sobre seus próprios padrões de consumo pode incentivar mudanças comportamentais significativas.

Para Rathnayaka et al. (2017) a modelagem da demanda de água baseada em dados domiciliares permite um planejamento mais preciso da infraestrutura de abastecimento e tratamento de água, garantindo que os recursos sejam adequados às necessidades reais dos usuários. Políticas baseadas em dados sólidos podem prevenir problemas gerados pelo impacto da escassez de água e garantir um fornecimento estável e seguro para todos.

A análise domiciliar é fundamental para identificar e corrigir fontes de contaminação da água que podem levar a doenças de veiculação hídrica. De acordo com Hunter et al. (2010) o monitoramento da qualidade da água nas residências é essencial para detectar contaminantes microbiológicos e químicos que podem causar doenças. Ao identificar e eliminar essas fontes de contaminação, é possível reduzir significativamente a incidência de doenças como diarreia, cólera e hepatite A, melhorando a saúde pública. Richardson et al. (2007) destacam a importância do monitoramento domiciliar para garantir que a água seja segura para consumo, livre de contaminantes e adequada para todas as atividades domésticas.

A segurança hídrica nas residências está diretamente ligada ao bem-estar social. A análise na escala domiciliar pode ajudar a garantir que todas as famílias tenham acesso a uma quantidade adequada de água para atender às suas necessidades básicas, como higiene, alimentação e saneamento.

Com a crescente preocupação com as mudanças climáticas, a análise domiciliar pode contribuir para a adaptação às variações no fornecimento de água. Em seu estudo, Gleick (2003) destaca a necessidade de estratégias adaptativas que incluam a gestão eficiente da demanda. Dados domiciliares podem informar previsões de consumo e ajudar a desenvolver estratégias de resiliência, como a implementação de sistemas de captação de água da chuva e o uso de tecnologias de reutilização da água, reduzindo a vulnerabilidade dos usuários a eventos extremos de seca ou enchentes.

Os dados obtidos na escala domiciliar podem ser agregados e analisados para identificar tendências e padrões que informam o planejamento e a gestão de recursos

hídricos em escalas menores (Reynaud, 2015). Na escala municipal, a compreensão dos padrões de consumo domiciliar pode ajudar na modelagem da demanda de água, permitindo um planejamento mais preciso da infraestrutura de abastecimento e tratamento de água. Na escala regional, os dados domiciliares podem ser usados para comparar diferentes áreas e identificar regiões com práticas de uso da água mais eficientes.

Estudos como o de Gato-Trinidad et al. (2011) demonstram que dados detalhados sobre o consumo domiciliar são essenciais para prever a demanda futura e planejar expansões de infraestrutura de forma eficiente e econômica. Isso pode orientar a implementação de políticas regionais que promovam a adoção de melhores práticas em áreas menos eficientes.

Os resultados da análise domiciliar também podem ser desagregados para identificar comportamentos em escalas maiores, como a análise de subgrupos dentro de uma comunidade. Isso pode incluir a comparação de consumo entre diferentes tipos de residências, entre diferentes bairros ou até entre diferentes tipos de usuários. A análise em escalas micro pode fornecer informações sobre a eficácia de programas de intervenção específicos, como a instalação de dispositivos economizadores de água ou a implementação de campanhas de conscientização. Esses dados micro podem, por sua vez, ser usados para refinar programas e políticas em escalas maiores, garantindo que os recursos sejam direcionados de forma eficaz.

No Brasil, de acordo com os dados do SINISA, em 2022 cerca de 171 milhões de habitantes eram atendidos com redes de água nos municípios. As regiões norte e nordeste apresentam os índices mais baixos de atendimento do país, com 10,8 milhões (64,2%) de habitantes atendidos na região norte e 41,3 milhões (76,9%) de habitantes na região nordeste.

O consumo médio per capita de água no Brasil, em 2022, é de 148,2 L/hab.dia, com as regiões Norte, Centro-Oeste, Sudeste e Sul, apresentando consumo acima da média nacional, com 151,2, 153,5, 159,9 e 149,8 L/hab.dia (SINISA, 2022). A região nordeste apresenta o menor índice e abaixo da média nacional, com 121,4 L/hab.dia, podendo ser atribuída a fatores socioeconômicos, climáticos e infraestruturais (Santos et al., 2018; Silveira e Silva, 2019, SINISA, 2022). O índice de perdas na distribuição de água no Brasil é de 37,8%, onde as regiões norte e nordeste apresentam os índices acima do valor nacional, com 46,9% e 46,7% respectivamente (SINISA, 2022).

Em relação à qualidade da prestação dos serviços de água, em 2022, ocorreram 75,8 mil paralisações no fornecimento de água, impactando 208,7 milhões de economias ativas, esse valor corresponde à quantidade de registro no ano, incluindo repetições, de paralisações com duração de seis ou mais horas. Em relação às interrupções sistemáticas aconteceram 432,9 mil ocorrências com impactos em 312,5 milhões de economias ativas, incluindo repetições. É importante destacar que do total dessas ocorrências, 50,9% das paralisações e 89% das interrupções aconteceram no Nordeste, e conseqüentemente as pessoas que vivem nessa região foram as mais impactadas (SINISA, 2022). Essa situação pode ser explicada por uma combinação de fatores estruturais, operacionais e climáticos, com os períodos de seca intensos.

2.3.2 CONTINUIDADE DO ABASTECIMENTO

Os sistemas de abastecimento de água podem trabalhar de forma contínua ou intermitente. A escolha entre estes sistemas envolve considerações que afetam a saúde pública, a qualidade da água, a sustentabilidade ambiental e os custos econômicos. Com isso o entendimento de como esses sistemas funcionam é importante para compreender como os usuários serão impactados.

Com relação às principais características, sistemas contínuos mantêm uma pressão constante na rede de distribuição, reduzindo o risco de contaminação por infiltração de águas externas. A disponibilidade constante de água limpa e segura é crucial para a saúde pública, reduzindo a incidência de doenças transmitidas pela água (Galaiti et al., 2016). Estudos mostram que a qualidade da água é significativamente melhor em sistemas contínuos em comparação aos intermitentes (Kumpel e Nelson, 2016).

No contexto dos sistemas contínuos de abastecimento de água, o termo “pressão constante” não deve ser interpretado como a manutenção de um valor absolutamente fixo de pressão ao longo do tempo. Trata-se, na realidade, de uma condição operacional que visa garantir a permanência da pressão dentro de uma faixa considerada adequada ao pleno funcionamento do sistema e ao atendimento das necessidades dos usuários. A pressão varia naturalmente em função das oscilações de consumo, sendo influenciada por fatores como a demanda horária e as condições

topográficas. Contudo, sistemas bem projetados e operados contam com mecanismos de controle — como válvulas redutoras de pressão, reservatórios elevados e bombas com controle de velocidade — que mantêm a pressão em níveis compatíveis com os parâmetros técnicos.

A operação e manutenção de sistemas contínuos tendem a ser mais eficientes, evitando danos à infraestrutura causados por ciclos repetidos de pressurização e despressurização (Trifunović, 2006). Sistemas contínuos exigem investimentos significativos em infraestrutura robusta e bem mantida, o que pode ser um desafio em regiões com recursos limitados (Vairavamoorthy et al., 2007). De acordo com Whittington et al. (2019), sistemas contínuos podem levar a um consumo excessivo de água, especialmente em áreas onde a conscientização sobre o uso sustentável da água é baixa.

A implementação de sistemas intermitentes de água está associada principalmente à disponibilidade do recurso hídrico e aos custos da implementação do sistema. De acordo com Jain et al. (2014) esses sistemas podem ser uma estratégia viável para gerenciar escassez de água em regiões onde os recursos hídricos são limitados, através de racionamento controlado. Sistemas intermitentes podem ser menos caros de implementar inicialmente, especialmente em áreas onde a infraestrutura existente é inadequada para suportar um fornecimento contínuo (Gurung et al., 2017).

Entretanto, a intermitência compromete a segurança da disponibilidade e qualidade da água. A intermitência causa variações na pressão da rede, aumentando o risco de contaminação microbológica e comprometendo a qualidade da água (Kumpel e Nelson, 2016). A disponibilidade irregular de água compromete práticas de higiene e pode levar a surtos de doenças transmitidas pela água. Os usuários em sistemas intermitentes frequentemente investem em tanques de armazenamento e sistemas de bombeamento, aumentando seus custos domésticos (Galaiti et al., 2016). Os tanques de armazenamento podem ser ambientes de proliferação de vetores de doenças.

No Brasil diversas legislações e regulamentações abordam de forma direta ou indireta a continuidade dos serviços de abastecimento de água. Esse tema é apresentado na Constituição Federal de 1988, na Lei nº 7.783/1989, na Lei nº 8.987/1995 e na Lei nº 11.445/2007 (alterada pela 14.026/2020). A Constituição

Federal de 1988 nos artigos 6º e 225º estabelecem direitos fundamentais como o acesso à água, saúde e qualidade de vida, no artigo 175 obriga o poder público a manter adequados os serviços públicos, incluindo o abastecimento de água. A Lei nº 7.783/1989 define atividades essenciais, incluindo o tratamento e abastecimento de água, como necessidades inadiáveis da comunidade. A Lei nº 8.987/1995 no artigo 6º, descreve o serviço adequado como aquele que satisfaz condições de regularidade, continuidade, eficiência e modicidade tarifária, também prevê exceções para a descontinuidade do serviço em situações de emergência ou inadimplemento do usuário. A Lei nº 11.445/2007 (alterada pela 14.026/2020) no artigo 43 reafirma a necessidade de continuidade nos serviços de saneamento básico, e no Artigo 40 permite interrupções do serviço em casos específicos, como emergências ou necessidade de reparos.

A Portaria de Consolidação nº 5/2017 (alterada pela nº888/2021) define "interrupção" e "intermitência" do serviço de abastecimento de água, diferenciando entre interrupções programadas e sistemáticas.

XII – interrupção: situação na qual o serviço de abastecimento de água é interrompido temporariamente, de forma programada ou emergencial, em razão da necessidade de se efetuar reparos, modificações ou melhorias no respectivo sistema;

XIII – intermitência: é a interrupção do serviço de abastecimento de água, sistemática ou não, que se repete ao longo de determinado período, com duração igual ou superior a seis horas em cada ocorrência.

A definição de intermitência também vai estar presente na portaria GM/MS Nº888 de 2021, que altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação nº 5/GM/MS, de 28 de setembro de 2017, para dispor sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade.

XI - intermitência: paralisação do fornecimento de água com duração igual ou superior a seis horas em cada ocorrência;

O Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento Básico (SINISA) também apresenta definições relacionadas à continuidade do abastecimento de água. Na seção de qualidade da prestação dos serviços de água são discutidos a

regularidade da operação dos sistemas, onde a mesma está sujeita a dois fatores adversos: paralisações e interrupções sistemáticas.

Paralisação: Interrupção no fornecimento de água decorrente de problemas em unidades do sistema de abastecimento (da produção à distribuição). É causada por fatores como queda de energia e reparos, dentre outros. O SNIS-AE reúne informações de eventos com seis ou mais horas de interrupção no fornecimento de água.

Interrupções sistemáticas: Supressão no fornecimento de água decorrente de problemas como produção, pressão na rede e sub dimensionamento das canalizações. Provoca racionamento ou rodízio do atendimento. O SNIS-AE reúne informações de eventos com seis ou mais horas de interrupção no fornecimento de água.

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) (2021), no Atlas do Saneamento, apresenta informações sobre interrupções dos serviços de abastecimento e racionamentos da água, onde são discutidos os principais motivos para ocorrência dessas interrupções e racionamentos, sendo relacionado a insuficiência de água no manancial; deficiência de água na produção; deficiência de água na distribuição; população flutuante; bem como ou seca ou estiagem. Em termos de definição o documento define apenas racionamento:

racionamento: ação, adotada pelo prestador de serviços, que visa a restrição da oferta de água ao usuário. Quanto à periodicidade, o racionamento pode ser: constante, quando ocorre de forma contínua ou frequente; todos os anos, sempre em determinada época; na mesma época ou esporadicamente, quando ocorre de forma dispersa; com a frequência de algumas horas diariamente; alguns dias por semana; 1 dia por semana; 1 dia por quinzena; ou 1 dia por mês”.

Portanto, observa-se que não existe um padrão nas definições, mas há uma similaridade entre elas. É importante a presença dessas definições nas legislações, pois nos orienta no entendimento e interpretações da mesma, e nos auxiliam nas discussões dos trabalhos. Neste trabalho, entende-se como descontinuidade no abastecimento de água, qualquer interferência no fornecimento de água em um período de tempo menor que 24h.

2.4 EXPOSIÇÃO, VULNERABILIDADE E RISCO

O estudo de exposição, vulnerabilidade e risco, tem se tornado importante para compreender e mitigar os impactos adversos em diversas áreas, especialmente no contexto de saneamento e recursos hídricos. Esses conceitos inter relacionados são fundamentais para a gestão de desastres, planejamento urbano e políticas públicas de saúde e meio ambiente (Sherpa et al., 2014; Kohlitz et al., 2017; Santos et al., 2017; Abrams et al., 2021; Gomes et al., 2021).

A exposição compreende a primeira etapa para analisar o risco e a vulnerabilidade. A exposição refere-se ao grau em que um sistema ou população está sujeito a riscos específicos. Pelling (2003) enfatiza que a exposição é frequentemente determinada por fatores geográficos e socioeconômicos que influenciam a distribuição espacial dos riscos. Em saneamento e recursos hídricos, a exposição pode ser exacerbada por escassez de água, poluição, desastres naturais e infraestrutura inadequada, como discutido por Butler et al. (2018), que exploram soluções de saneamento resilientes para mitigar riscos em áreas urbanas.

De acordo com *Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima* (IPCC) (2022) exposição refere-se à presença de pessoas, meios de subsistência, espécies ou ecossistemas, funções ambientais, serviços e recursos, infraestrutura, ou bens econômicos, sociais ou culturais em locais que possam ser adversamente afetados. Em outras palavras, é a localização ou o posicionamento dos elementos que podem estar em risco devido a ameaças ou perigos.

A ideia de vulnerabilidade é geralmente vista de forma negativa e representa a condição de susceptibilidade resultante de três fatores principais: exposição ao risco, mudanças sociais e/ou ambientais, e incapacidade de adaptação (Adger, 2006). Atualmente, o conceito de vulnerabilidade é abordado a partir de perspectivas social, ambiental e socioambiental. A vulnerabilidade social foca em analisar e mensurar as exposições aos riscos e a insegurança gerada por eventos e mudanças econômicas que afetam determinados grupos sociais. A vulnerabilidade ambiental trata dos riscos aos quais o meio ambiente está exposto, sejam eles naturais ou provocados por fatores externos. A abordagem que combina características sociais e ambientais é conhecida como vulnerabilidade socioambiental (Alves, 2006).

A vulnerabilidade é frequentemente definida como a predisposição de um sistema, comunidade ou indivíduo a sofrer danos devido a um evento adverso. Segundo Cutter (1996), a vulnerabilidade é multidimensional, incluindo aspectos sociais, econômicos, ambientais e institucionais. Em saneamento e recursos hídricos, Heller (2022) discute a vulnerabilidade em termos de acesso desigual a serviços básicos, destacando como a falta de saneamento adequado pode exacerbar a vulnerabilidade de populações marginalizadas.

Segundo o IPCC (2022), a vulnerabilidade é definida como a propensão ou predisposição de um sistema a ser adversamente afetado. Isso inclui uma variedade de fatores, como sensibilidade ou suscetibilidade ao dano e a falta de capacidade para lidar e se adaptar. Vulnerabilidade é um conceito dinâmico que depende de fatores sociais, econômicos, geográficos, ambientais e institucionais.

O risco é a probabilidade de um evento adverso ocorrer e causar impacto significativo. Ele é geralmente modelado como uma função da ameaça, da exposição e da vulnerabilidade, conforme descrito por Blaikie et al. (2014). No contexto de recursos hídricos, Aldaya et al. (2011) introduziram o conceito de "pegada hídrica" para avaliar o risco associado ao consumo de água, destacando a importância de considerar tanto a disponibilidade quanto a demanda de recursos hídricos.

O IPCC (2022) define risco como a combinação da probabilidade de um evento adverso (como um desastre natural ou um impacto climático) e suas consequências negativas. O risco é uma função da interação entre a exposição a perigos, a vulnerabilidade de elementos expostos e a capacidade de adaptação ou resposta.

Houve avanços significativos no entendimento e na mitigação da vulnerabilidade. Tecnologias de monitoramento, como sensores ambientais e sistemas de informação geográfica (SIG), têm melhorado a capacidade de prever e responder a eventos adversos. Modelos de governança adaptativa, que consideram a resiliência e a capacidade de adaptação das comunidades, também estão ganhando destaque (Pahl-Wostl, 2015; Bartram, 2015; Botterill e Fisher, 2018).

No contexto do abastecimento de água esses conceitos nos auxiliam no entendimento de como as formas de acesso e uso da água impactam os usuários, além de serem importantes para o desenvolvimento de estratégias eficazes e sustentáveis para garantir que todas as populações tenham acesso seguro e equitativo à água potável. Esses conceitos inter-relacionados fornecem uma estrutura

abrangente para identificar, analisar e abordar os desafios que afetam a disponibilidade e a qualidade da água.

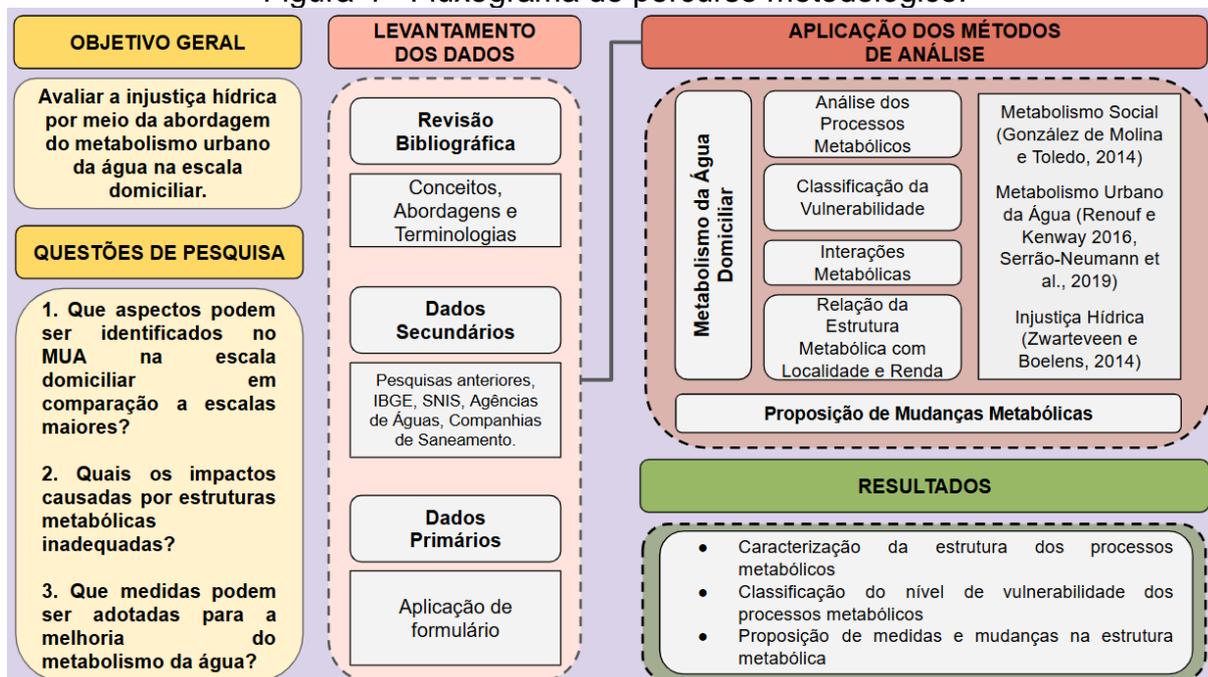
A análise desses conceitos permite identificar áreas críticas, populações vulneráveis e potenciais impactos de eventos adversos, informando a criação de políticas e intervenções direcionadas. Neste trabalho estes conceitos serão utilizados para o entendimento de como os usuários são expostos a situações de perigo, aumentando sua vulnerabilidade aos riscos, a partir da maneira como a água é metabolizada, discutindo o acesso adequado em relação a qualidade e quantidade.

3. METODOLOGIA

Os procedimentos metodológicos para obtenção dos objetivos são apresentados neste capítulo. Essa pesquisa tem uma abordagem quali-quantitativa. Para Creswell (2010), esse é um tipo de abordagem de investigação que combina ou associa as formas qualitativa e quantitativa. Os dados quantitativos geram indagações que podem ser analisadas qualitativamente e os dados qualitativos podem ser quantitativamente avaliados, o que possibilita um maior potencial de interpretação do objeto de estudo. De acordo com a natureza, a pesquisa é classificada como pesquisa aplicada que, segundo Siena (2007), tem como objetivo a geração de conhecimentos visando aplicação prática, direcionados para a solução de problemas específicos.

Quanto aos procedimentos, a pesquisa é classificada como estudo de caso que, de acordo com Gil (2009), é uma modalidade de delineamento de pesquisa em que são utilizados diversos métodos/técnicas de coletas de dados, sendo amplamente utilizada para a execução da pesquisa exploratória. A pesquisa foi dividida nas etapas de levantamento dos dados, aplicação dos métodos e análise dos resultados. A Figura 4 apresenta o fluxograma do percurso metodológico.

Figura 4 - Fluxograma do percurso metodológico.



Fonte: Autor (2024)

3.1 LEVANTAMENTO DOS DADOS

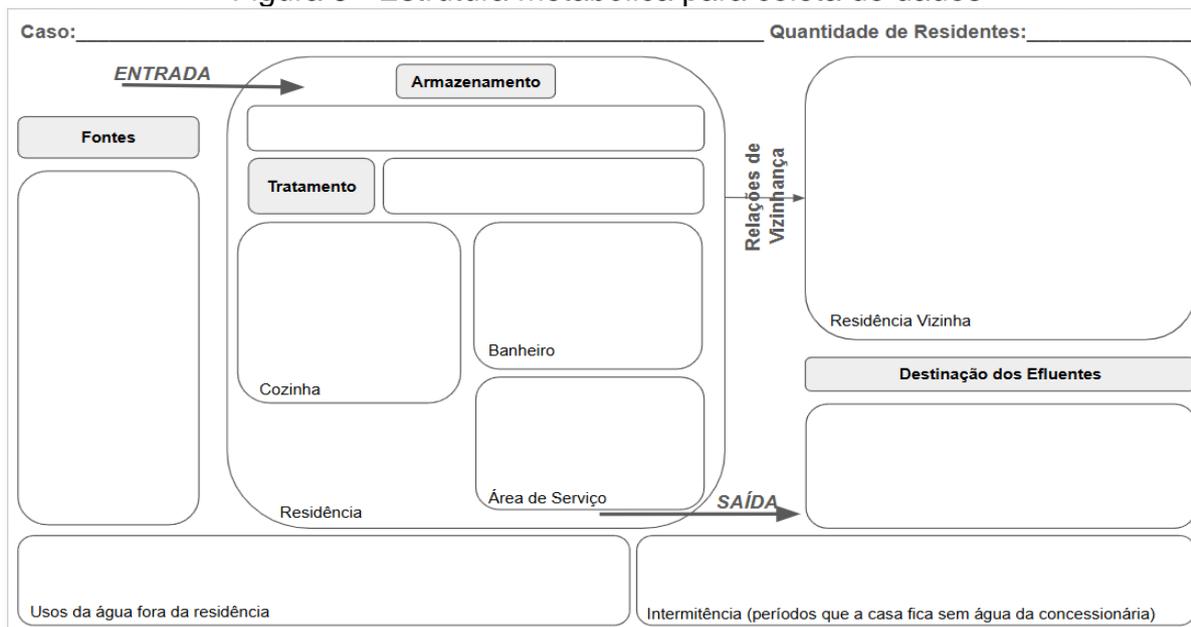
A revisão bibliográfica consiste no levantamento dos artigos, trabalhos de teses e dissertações que abordam a temática ou que tenham relação com o caso de estudo. É nessa etapa onde as teorias e conceitos foram levantados, para escolha dos métodos, e as formas de análise e discussão dos resultados.

Os dados secundários, são os dados existentes levantados por outras pesquisas/instituições para propósitos que não são os mesmos do estudo em andamento. São dados obtidos de trabalhos realizados dentro da temática e de instituições como IBGE, agências de água, concessionárias de serviços de saneamento e SINISA.

Já os dados primários são aqueles que nunca foram coletados anteriormente, identificando essa ausência a partir da revisão bibliográfica e dos dados secundários. A coleta de dados ocorreu por meio da amostragem não probabilística por conveniência, na qual as cidades não foram previamente selecionadas, mas determinadas a partir dos respondentes. Esse tipo de amostragem é especialmente utilizado em pesquisas qualitativas e exploratórias (Fonseca e Martins, 2012). A escolha dessa técnica se deve à inviabilidade de tempo e custo para acessar toda a população. No entanto, como o estudo tem caráter exploratório e busca levantar dados iniciais sobre a metabolização da água nos domicílios, essa abordagem se mostra adequada para atingir seus objetivos.

Esses dados foram obtidos inicialmente por meio de uma estrutura formada com os processos metabólicos (Figura 5), onde cada entrevistado preenchia os quadros com as informações em relação a esses processos. Foram levantados 50 casos, que permitiram obter as informações sobre formas de acesso, reservação, utilização da água e destinação dos efluentes. Visando ampliar a coleta dos dados, a estrutura anterior foi transformada em um formulário, composto por perguntas objetivas (fechadas) e subjetivas (abertas) (Anexo I).

Figura 5 - Estrutura metabólica para coleta de dados



Fonte: Autor (2024)

De acordo com Ribeiro (2004) o método de coleta de dados por meio da aplicação de formulários é amplamente empregado em pesquisas quantitativas, inclusive para a obtenção de informações básicas. Essa forma de coleta de dados possui uma natureza que envolve algum grau de subjetividade, exigindo cuidados em sua elaboração e aplicação. No que diz respeito à elaboração, é essencial formular as perguntas de maneira clara, objetiva, precisa e em linguagem acessível ou familiar ao informante, garantindo fácil compreensão. Em relação a aplicação, é importante que o entrevistador esteja familiarizado com o assunto da pesquisa, saiba o que está procurando e seja objetivo. Além disso, ele deve estar ciente dos possíveis erros e ser capaz de eliminá-los para que não influenciam o que é coletado.

O formulário foi divulgado na internet por meio das redes sociais e obteve-se um total de 206 respostas. Não houve restrição quanto à delimitação geográfica. O intuito desse levantamento foi ter uma maior diversidade quanto aos casos e possibilidades de formas de metabolização da água nos domicílios. O formulário foi respondido em todas as regiões do Brasil, em 20 estados e um total de 89 cidades. Neste trabalho foram utilizados apenas os casos da região nordeste, por compreender o maior número de casos levantados e por ser uma das regiões do Brasil com o maior quantitativo de problemas no acesso a água (SINISA, 2022). Com relação às residências, foram consideradas apenas os domicílios da zona urbana com ligação na

rede pública de abastecimento de água, com o intuito de analisar os efeitos da intermitência na estrutura metabólica da água domiciliar (Figura 6). Assim, o número de casos analisados foi de 154 em 58 cidades.

Figura 6 - Mapa de localização dos casos de estudo.



Autor (2024)

Além dos dados obtidos no formulário a discussão dos resultados obtidos neste estudo foi incrementada pela minha experiência prática, adquirida durante a participação como organizador e ministrante no curso de extensão “*Fortalecendo Capacidades Pelo Direito à Cidade*”, oferecido pelo Observatório das Metrôpoles – Núcleo Paraíba. Esse curso proporcionou uma compreensão aprofundada das dinâmicas urbanas e das implicações do direito à cidade, aspectos que estão intrinsecamente ligados ao tema desta tese.

Além disso, os dados coletados e analisados no presente trabalho também foram complementados pelas percepções obtidas durante minha colaboração no projeto de pesquisa “*Segurança Hídrica de Municípios Paraibanos: Uma Modelagem Integrada da Variabilidade Climática e das Dinâmicas Naturais e Antrópicas*”. A aplicação de formulários para levantamento de dados no âmbito desse projeto permitiu a coleta de informações relevantes sobre a segurança hídrica, que serão fundamentais para a análise das dinâmicas hídricas locais e regionais, integrando assim uma visão mais holística dos desafios enfrentados pelos municípios paraibanos.

A participação nas duas atividades possibilitou a discussão sobre as questões de acesso e uso da água, diretamente com os usuários, entendendo quais os problemas relacionados à água são enfrentados por diferentes grupos dentro de uma mesma cidade, além de discutir que medidas de adaptação que os usuários fazem para enfrentar esses problemas.

3.2 ANÁLISE PRELIMINAR DOS DADOS

Para os dados coletados foi realizado um tratamento estatístico com cálculos de frequências, médias, medidas de dispersão e correlações, para analisar e resumir os dados de forma a obter informações relevantes e compreender padrões e relações nos dados. O tratamento estatístico básico ajuda a tornar os dados mais compreensíveis e úteis para tomar decisões informadas e fundamentadas.

Para as perguntas subjetivas foi aplicado a análise de conteúdo, que tem como objetivo desvendar o significado subjacente às palavras que são estudadas. Para Espírito Santo (2010), a análise de conteúdo é uma técnica que busca organizar informações por meio de processos de codificação, categorização e inferência. Isso possibilita uma abordagem analítica com natureza quantitativa e/ou inferencial, adaptada aos objetivos e técnicas de análise utilizadas. Seu propósito é adquirir conhecimento sobre variáveis de natureza psicológica, sociológica, entre outras, por meio de um processo dedutivo fundamentado em indicadores reconstruídos a partir de uma amostra de mensagens. A análise é feita seguindo três fases: pré-análise, exploração do material, tratamento dos resultados e a interpretação (Bardin, 2016).

A etapa inicial, denominada pré-análise, envolve a organização do material a ser analisado. O objetivo é estruturar as ideias iniciais, levando em consideração as hipóteses e os objetivos do estudo. Na segunda fase, conhecida como exploração do material transcrito, ocorre a codificação, a identificação de unidades de registro e a categorização dos depoimentos. Na fase final, dedicada ao tratamento e interpretação dos resultados, o processo tem início com a categorização, que consiste no agrupamento das características comuns das unidades de registro, ou seja, dos elementos significativos e seus significados. Esse procedimento permite o surgimento das categorias concretas, relacionadas aos aspectos estudados (Bardin, 2016).

3.3 CATEGORIZAÇÃO DOS DADOS EM ÍNDICES

Para análise dos resultados as variáveis qualitativas foram transformadas em índices, visando a construção de gráficos e tabelas. A seguir são apresentadas as definições dos índices que foram utilizados neste trabalho. O metabolismo será representado por uma sequência de números (que corresponde aos índices ou tipos), seguindo a ordem de entrada (E), armazenamento (A), transformação (T), usos (U) e efluentes (Ef) (Quadro 1). Há ainda os índices referentes a intermitência (I), aos usos fora do lote (Us), às relações de vizinhança (R) e à localidade (L) (Quadro 1).

Quadro 1 - Representação do metabolismo por meio dos índices

E	A	T	U	Ef	I	Us	R	L
1	3	2	(1-2)*	2	3	1	2	3

*Usos são representados dessa forma, porque todos os casos apresentam as duas opções existente.

Fonte: Autor (2024)

As entradas de água dentro da residência foram agrupadas em função das maiores ocorrências, no caso da água envasada, e pelas fontes alternativas à companhia de água, que é a principal forma de entrada de água citada nos casos deste trabalho (Quadro 2). O termo “companhia” foi utilizado nesta pesquisa para se referir à rede coletiva de distribuição de água, com o intuito de facilitar a compreensão dos respondentes durante a aplicação dos formulários. Esta escolha metodológica baseia-se no uso popular do termo, amplamente empregado pelos moradores para identificar os serviços de abastecimento, independentemente da natureza administrativa do prestador. No entanto, conforme estabelece o Marco Legal do Saneamento (Lei nº 11.445/2007, atualizada pela Lei nº 14.026/2020), os serviços de saneamento básico — incluindo o abastecimento de água — podem ser prestados por diferentes modalidades institucionais, como companhias estaduais, autarquias municipais, serviços autônomos ou ainda por meio de concessões à iniciativa privada. Dessa forma, embora o termo “companhia” tenha sido utilizado de maneira unificada no instrumento de coleta, neste trabalho ele é compreendido como uma referência geral à rede pública de abastecimento, abrangendo os diversos arranjos institucionais presentes nas cidades investigadas.

Quadro 2 - Índices das formas de entrada de água

ENTRADAS	ÍNDICE	DESCRIÇÃO
	1	Companhia ¹
	2	Companhia, Água envasada
	3	Companhia, Fontes Alternativas ²
	4	Companhia, Água envasada, Fontes Alternativas ²

¹Rede coletiva de distribuição de água

²Água de Chuva, Poço, Carro da Água e Carro Pipa

A divisão das formas de armazenamento foi feita em função da capacidade de manuseio dos reservatórios, separando em armazenamentos fixos e móveis, entendendo que esses tipos apresentam uma maior e menor vulnerabilidade para os usuários, respectivamente (Quadro 3). Os reservatórios fixos quando bem protegidos oferecem uma maior segurança, podendo ser fechados hermeticamente, reduzindo o risco de contaminação externa e a proliferação de vetores; a limpeza pode ser mais sistemática e eficiente; normalmente têm maior capacidade de armazenamento, permitindo um abastecimento mais estável e reduzindo a necessidade de manipulação frequente; e a qualidade da água é mais fácil de monitorar e tratar, garantindo uma qualidade melhor e mais consistente (WHO, 2017; WRIGHT et al., 2004).

Já os reservatórios móveis estão mais propensos à contaminação, em função de: armazenamento inadequado, quando não são bem vedados ou não tem tampas; da manipulação frequente, aumentando as chances de contaminação direta através do contato com as mãos, utensílios sujos ou superfícies contaminadas; é mais difícil garantir a limpeza regular e adequada de recipientes móveis, em função da sua frequência de utilização; e volume limitado, reservando quantidade menores e a necessidade de reabastecê-los com mais frequência, aumentando as chances de contaminação durante o transporte e o manuseio (WHO, 2017; WRIGHT et al., 2004).

Quadro 3 - Índices dos tipos de armazenamento

ARMAZENAMENTO	ÍNDICE	DESCRIÇÃO
	1	Armazenamento Fixo*
	2	Armazenamento Móvel**
	3	Armazenamento Fixo* e Móvel**
	4	Não há armazenamento de água

*Caixa de Água, Cisterna, Tanque, **Baldes, Tonéis, Garrafas

A divisão dos tipos de transformação foi obtida a partir do levantamento dos primeiros 50 casos, onde a desinfecção e a filtração foram as técnicas de tratamento mencionadas (Quadro 4). Lantagne et al. (2011), em seu estudo sobre tratamento de água doméstica e armazenamento seguro, apresentaram as cinco opções mais comuns de tratamento doméstico, sendo eles a cloração, filtração, desinfecção solar, filtração/cloração combinada e a floculação/cloração combinada.

Quadro 4 - Índice das formas de transformação

TRANSFORMAÇÃO	ÍNDICE	DESCRIÇÃO
	1	Desinfecção
	2	Filtração
	3	Filtração, Desinfecção
	4	Não há tratamento

A divisão dos usos foi feita a partir da exigência de potabilidade da água, visando a análise do nível de vulnerabilidade dos usuários em função do contato com as diferentes fontes de água (Quadro 5).

Quadro 5 - Índice dos usos da água

USOS	ÍNDICE	DESCRIÇÃO
	1	Usos para fins potáveis
	2	Usos para fins não potáveis

As formas de destinação dos efluentes foi feita a partir dos principais destinos dados aos efluentes nas cidades brasileiras (SINISA, 2022). Além das destinações usuais, foi inserida a reutilização, com o intuito de identificar se acontece a recirculação da água dentro das residências (Quadro 6).

Quadro 6 - Índice das formas de destinação efluentes

EFLUENTES	ÍNDICE	DESCRIÇÃO
	1	Fossa
	2	Sistema de Esgotamento Sanitário Coletivo
	3	Fossa, Reutilização
	4	Sistema de Esgotamento Sanitário Coletivo, Reutilização

As ocorrências de falta de água foram divididas em função da frequência da falta de água (Quadro 7). Essa classificação tem como objetivo analisar os níveis de intermitência do abastecimento e como isso impacta as pessoas.

Quadro 7 - Índice da ocorrência de falta de água

INTERMITÊNCIA	ÍNDICE	DESCRIÇÃO
	1	Falta água diariamente
	2	Falta água mensalmente
	3	Falta água semanalmente
	4	Falta água, mas com aviso prévio da companhia
	5	Falta água, mas não têm uma regularidade
	6	Não há falta de água
	7	Não sei responder

Em relação aos usos fora do lote (lava jato, lavanderia, pet shop) foi feita uma divisão da ocorrência ou não desses usos (Quadro 8), buscando identificar quais os usos indiretos da água é feito pelos moradores da residência, entendendo como esses usos podem expor os usuários a situações de risco e os impactos nas demandas de água.

Quadro 8 - Índices da ocorrência de usos fora do lote

USOS FORA	ÍNDICE	DESCRIÇÃO
	1	Não há usos fora do lote
	2	Há usos fora do lote*

*Lava-Jato, Lavanderia, PetShop

Para as relações de vizinhança foi feita a divisão da ocorrência da doação e/ou recebimento de água (Quadro 9). O mapeamento dessas relações é importante uma vez que não se tem um controle e fiscalização de que tipo de água é usada nessas trocas, e de como o metabolismo de uma residência pode influenciar no metabolismo do seu vizinho.

Quadro 9 - Índices das relações de vizinhança

RELAÇÕES DE VIZINHANÇA	ÍNDICE	DESCRIÇÃO
	1	Fez doação de água
	2	Recebeu água
	3	Fez doação de água, recebeu água
	4	Não aconteceu essa situação

A classificação das cidades foi feita com base nas Regiões de Influência das Cidades do IBGE (2018), que tem como referência a unidade territorial dos Municípios e os Arranjos Populacionais (Quadro 10). A hierarquia e região de influência das cidades são obtidas pela atração exercida entre as cidades próximas e as ligações de longa distância realizadas pela atuação de instituições públicas e privadas presentes nos centros urbanos.

Quadro 10 - Índice do porte das cidades

LOCALIDADE	ÍNDICE	DESCRIÇÃO
	1	Até 10.000 hab
	2	Acima de 10.000 até 50.000 hab
	3	Acima de 50.000 até 200.000 hab
	4	Acima de 200.000 até 500.000 hab
	5	Acima de 500.000 até 1.200.000 hab
	6	Acima de 1.200.000 hab

A classificação da renda domiciliar foi dividida de acordo com as faixas de salários mínimos, organizada por índices de 1 a 5 (Quadro 11). Essa categorização é comumente utilizada em pesquisas socioeconômicas para representar diferentes estratos de renda da população. Essa classificação é fundamental para a análise de desigualdades sociais, acesso a serviços públicos e elaboração de políticas públicas.

Quadro 11 – Índice da renda dos usuários.

RENDA	ÍNDICE	DESCRIÇÃO
	1	Até 1 salário mínimo
	2	Entre 1 e 2 salários mínimos
	3	Entre 2 e 3 salários mínimos
	4	Entre 3 e 4 salários mínimos
	5	Acima de 5 salários mínimos

3.4 ANÁLISE DO METABOLISMO URBANO DA ÁGUA E DA INJUSTIÇA HÍDRICA

Para obtenção do primeiro objetivo específico, foi utilizado o método do Metabolismo Social proposto por González de Molina e Toledo (2014), para o entendimento dos interfluxos e de como a água é metabolizada dentro da residência, ou seja, a forma como as pessoas acessam e utilizam a água.

O metabolismo urbano compreende as etapas que vão desde a obtenção do recurso até a sua disposição final, após sua utilização. Este trabalho tem como foco os processos de obtenção, distribuição e utilização da água na escala domiciliar, para o entendimento de como as pessoas acessam e utilizam esse recurso. Em um sistema de abastecimento coletivo convencional, esses processos compreendem o sistema de abastecimento de água, que corresponde a uma das formas de acesso à água pela população.

Para a caracterização dos interfluxos do metabolismo, foi utilizada a metodologia do metabolismo social. De acordo com González de Molina e Toledo (2014), o metabolismo social é uma representação idealizada, abstrata e geral da totalidade da sociedade humana e da natureza, mas com uma localização indefinida no tempo e no espaço. O metabolismo social envolve três fluxos, sendo eles os fluxos de entrada, fluxos internos e fluxos de saída. Nesta pesquisa, os fluxos internos são entendidos como os interfluxos que acontecem dentro do sistema, que é o foco de interesse deste trabalho.

Uma vez que o modelo abstrato do metabolismo social tenha uma expressão concreta, as análises podem ser feitas tanto de sua totalidade, como de um processo em relação às suas frações, dimensões ou escalas. O metabolismo social pode ser abordado de múltiplos ângulos, enquadrado ao longo de pelo menos três eixos: dimensão espacial representada pelo território global; a dimensão do tempo e a dimensão dos processos metabólicos analisados. Nesse sentido, deve-se ter em mente que a definição de um problema muitas vezes limita as possibilidades de sua solução (González de Molina e Toledo, 2014).

A partir dos objetivos traçados neste trabalho, foi analisada uma parte do metabolismo, que coincide com o sistema de abastecimento de água. Na dimensão espacial foi utilizada a escala domiciliar, para a percepção de como os interfluxos ocorrem dentro da residência e a maneira de como o acesso à água é experienciado

pelas pessoas. Na dimensão temporal, os dados foram tratados para a realidade mais atual. Na dimensão dos processos metabólicos, foram analisados quatro processos, sendo eles a apropriação, transformação, circulação e o consumo (Figura 7).



Fonte: Autor (2023)

A análise da injustiça hídrica, que pode ser caracterizada pelas diferenças que acontecem no acesso, na distribuição e na qualidade da água (Zwarteveen e Boelens, 2014), será feita através da classificação dos níveis de vulnerabilidade para cada processo do metabolismo em termos de qualidade e quantidade. Os grupos de cada processo foram classificados em alta, média e baixa vulnerabilidade, sendo analisado o nível de exposição ao risco a saúde dos usuários. Esses níveis foram definidos a partir das recomendações da OMS e da classificação da vulnerabilidade do IPCC, relacionadas a exposição, sensibilidade e capacidade adaptativa.

A definição dos níveis de exposição ao risco foi feita com base na percepção do pesquisador associada à literatura. Primeiramente a estrutura metabólica foi analisada avaliando os riscos em relação à qualidade, em seguida foram analisados os riscos associados à quantidade. Na segunda análise, o processo metabólico de transformação não foi considerado, pois corresponde a um processo exclusivo de qualidade. Para cada processo, ao grupo que apresentava o maior risco foi atribuída alta vulnerabilidade, tendo as demais classificações referência a esse nível, por entender como a situação mais desfavorável para os usuários.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

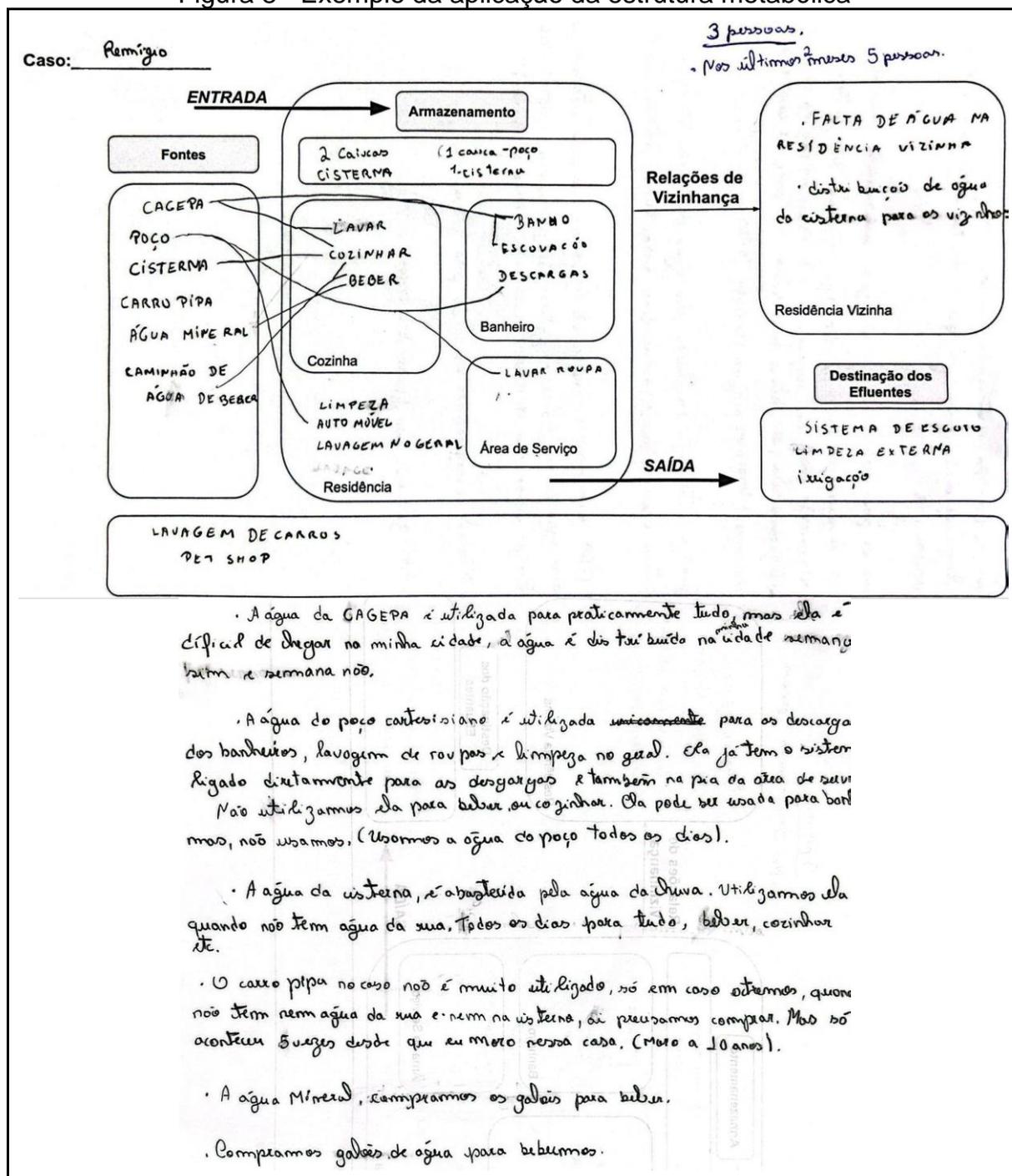
4.1 ESTRUTURA DO METABOLISMO NA ESCALA DOMICILIAR

A forma como a água é metabolizada dentro da residência foi obtida a partir da construção da estrutura metabólica, com a identificação dos processos que acontecem entre a entrada e saída de água na residência. A construção dessa estrutura é um dos objetivos deste trabalho, contribuindo para o entendimento de como acontecem os fluxos da água na escala da residência e como essa movimentação impacta a rotina das pessoas.

Foram identificadas 74 estruturas metabólicas diferentes, nas quais a água se movimenta entre a entrada e saída da residência, apresentando uma diversidade nas formas como a água é metabolizada (Anexo II). Essas formas vão ser influenciadas pela infraestrutura do sistema de abastecimento, através da qualidade do serviço; pela infraestrutura da residência, em função da estrutura mínima para a movimentação da água; e pela capacidade adaptativa das pessoas, na busca de soluções que garantam a qualidade do metabolismo.

Para os primeiros 50 casos, os dados foram obtidos por meio da estrutura metabólica (Figura 8). E a partir desse primeiro levantamento foi possível entender as primeiras movimentações da água, e a ocorrência dos grupos para cada um dos processos.

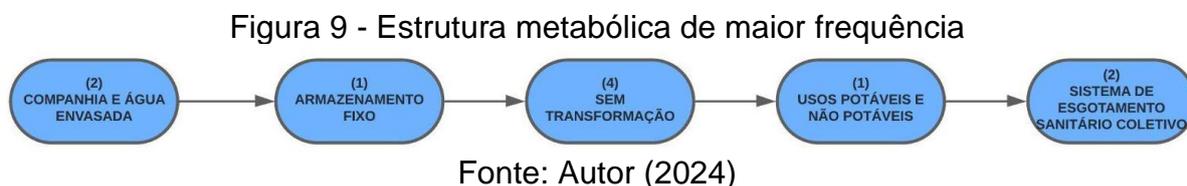
Figura 8 - Exemplo da aplicação da estrutura metabólica



Fonte: Autor (2024)

A estrutura metabólica com maior frequência (20 casos) foi a 21412, apresentada na Figura 9. Nos tipos de entrada, a água envasada corresponde à maior frequência. Existe uma cultura muito predominante no uso da água envasada como fonte para beber, o que pode estar associada a uma maior conscientização por parte

da população da importância da qualidade da água associado a aspectos de, e pelo crescimento no mercado das águas envasadas.



O armazenamento domiciliar acontece com o uso de caixa de água, um dispositivo comum em sistemas intermitentes. Alguns casos também apresentam cisterna como forma de armazenamento. Devido à intermitência do sistema, o armazenamento existe para atender as demandas quando ocorre falta de água. Esses reservatórios apresentam uma capacidade entre 1.000 L a 3.000 L, abastecendo em média 4 pessoas por 1,5 dia e a 5 dias, respectivamente. Essa quantidade possibilita que as pessoas tenham tempo para buscar outras alternativas. Um problema associado às caixas de água é a falta de manutenção e limpeza com uma periodicidade adequada.

Nos casos de maior frequência, não foi indicada nenhuma forma de tratamento interno antes do uso da água. Esse fato pode estar associado à forma como a água é usada dentro da residência. Nesses casos, a água da companhia é usada para limpeza geral da casa, preparo de comida e higiene pessoal; e a água envasada para beber e o preparo de alimentos. As pessoas têm contato direto com a água, mas a ingestão, que seria a situação de maior risco, acontece no preparo de comida, que é submetida a elevadas temperaturas; na higiene pessoal, de forma não intencional em pequenas quantidades; e beber, com o uso da água envasada, essas formas de uso reduzem o risco.

Em relação ao efluente, nos casos de maior frequência, a destinação é feita para o sistema de esgotamento sanitário coletivo. As cidades de ocorrência são de médio a grande porte, que são cidades que apresentam uma infraestrutura mais desenvolvida, com um sistema de esgotamento sanitário coletivo com tratamento e destinação adequadas. Esse serviço de saneamento garante um ambiente salubre, evitando a contaminação e a proliferação de doenças.

4.1.1 Entrada

Em relação à entrada foram observados 23 casos (14,94%) que usam apenas a companhia de água como fonte de abastecimento. Mesmo com uma cultura do uso de água envasada para consumo direto, ainda existem residências que usam a água da companhia para beber. Isso acontece nas situações em que as pessoas não têm condições de comprar a água envasada ou pela confiança na qualidade da água fornecida pela companhia. Essa situação reforça a importância do sistema de abastecimento entregar uma água em quantidade adequada para atender as demandas e em qualidade atendendo aos parâmetros de potabilidade.

Desses 23 casos, 2 usam cloro para desinfecção da água antes do uso, 11 fazem filtração principalmente para uso de beber e 10 não realizam nenhum tratamento interno antes do uso. Para os casos em que os usuários não fazem tratamento, os mesmos ficam mais dependentes da qualidade fornecida pelo sistema de abastecimento e pela forma como a água é manuseada dentro da residência.

O uso da água da companhia e fontes alternativas totalizam 16 casos (10,39%). Dentre as fontes alternativas estão água de chuva, carro pipa, carro da água e poço, ocorrendo o uso de uma ou mais de forma simultânea, sendo esses usos influenciados pela qualidade do fornecimento da companhia e pelo período de estiagem da região. A seguir são apresentadas algumas respostas obtidas no formulário onde foram identificadas essas informações.

“Água da chuva utilizada apenas na falta de água da companhia, não sendo utilizada para consumo. Água da companhia utilizada para todos os fins” (Caso 191).

“A água da chuva abastece a cisterna da casa e a caixa de água também, a água do carro pipa que é comprado todo mês para abastecer a cisterna (no tempo sem chuva)” (Caso 165).

Existe uma maior predominância no uso da água de chuva e água subterrânea, sendo usadas na maioria dos casos para consumo. No entanto, como são soluções individuais, não se tem um controle e garantia da qualidade dessa água, além do fato de não existirem no Brasil diretrizes de regulamentação para o uso da água de chuva e nem uma fiscalização eficaz no uso da água subterrânea. Uma outra fonte que também é usada para consumo é o carro da água, uma forma de abastecimento

presente em cidades de pequeno porte, onde uma empresa privada comercializa água potável, porém não existe regulamentação desses carros, diferente do carro pipa que é uma forma de abastecimento regulamentada. O carro pipa é uma fonte utilizada para atividades domésticas gerais da casa. Interessante observar que, apesar de ser uma forma de distribuição de água potável, as pessoas ainda destinam essa água para fins menos nobres e não usa para o consumo direto. O trecho abaixo exemplifica a descrição dos usos da água em algumas das respostas.

“Companhia de água e carro pipa - Água usada para atividades domésticas Água de chuva / Poço / Carro de Água - Usadas para consumo (beber)” (Caso 31).

“Água da chuva utilizada apenas na falta de água da companhia, não sendo utilizada para consumo. Água da companhia utilizada para todos os fins” (Caso 192).

A maioria dos casos, um total de 68 (44,15%), usam como entrada de água a companhia e a água envasada, sendo a água da companhia usada para as atividades domésticas gerais e a água envasada para consumo e em alguns casos para cozinhar. Também acontece o consumo direto da água da companhia após a filtragem. É muito comum o uso da água envasada para beber, e isso pode estar associado a uma melhoria no entendimento sobre qualidade da água. Apesar do sistema de abastecimento apresentar uma etapa de tratamento, entende-se que no percurso entre a estação e a residência essa água pode ser contaminada por diversos fatores, uma das causas é a intermitência pois a ausência de pressão e água na tubulação possibilita a entrada de contaminantes. Dentro da residência também pode ocorrer contaminação pela forma como água é armazenada e utilizada. A seguir são apresentadas algumas das respostas.

“Água da companhia para fins domésticos (banho, lavar roupa, cozinha) e mineral para beber” (Caso 111).

“Água da companhia de água utilizada para usos normais residenciais (lavagem de roupa, alimentação, limpeza, refeições, etc). Para beber anteriormente era utilizada a água envasada, que posteriormente foi substituída por água do filtro” (Caso 70).

Analisando a qualidade da água envasada e a fornecida pela concessionária, no ponto de uso, em residências na cidade de Natal-RN, Cunha (2015) identificou

amostras com a presença de coliformes nos dois tipos de água, sendo a água envasada apresentando um maior quantitativo dessas amostras. A autora conclui que a contaminação ocorreu no próprio domicílio, pela falta de manutenção dos sistemas de armazenamento de ambas as águas, reforçando que a cadeia de produção da água envasada e da concessionária passam por medidas de controle e fiscalização.

Ainda há a ocorrência de 47 casos (30,52%) que utilizam a companhia, água envasada e fontes alternativas. Assim como nos casos anteriores, a água da companhia é usada para as atividades domésticas gerais, a água envasada para consumo direto e as fontes alternativas como complemento, para conviver com os sistemas intermitentes e as situações de crise. A seguir são apresentadas algumas das respostas.

“Companhia de água para uso geral, mineral e chuva para beber, carro pipa quando falta água da companhia” (Caso 25).

“Companhia de Água - usada para tomar banho, lavar a casa, lavar roupas e lavar louça (limpeza de forma geral); Garrafão Mineral - beber água e cozinhar; Carro pipa - usada para tomar banho, lavar a casa, lavar roupas e lavar louça (limpeza de forma geral - em situações de escassez); Carro de Água - beber água e cozinhar” (Caso 37).

Observa-se que grupos com baixa capacidade de adaptação recorrem a estratégias alternativas para manter a funcionalidade do metabolismo hídrico de suas residências. Isso pode incluir a utilização de fontes informais de abastecimento, como caminhões-pipa, poços, coleta de água da chuva ou a dependência de sistemas de armazenamento improvisados devido à intermitência do fornecimento. Tais estratégias, embora garantam a continuidade do acesso à água no curto prazo, podem expor os usuários a riscos sanitários e econômicos, além de impactarem a eficiência no uso do recurso.

4.1.2 Armazenamento

Em 90 residências, que compreendem a maioria dos casos, utiliza-se o armazenamento fixo, que são a caixa de água (polietileno ou alvenaria), a cisterna e o tanque; essas formas de armazenamento podem acontecer em separado ou em

simultâneo. Desses casos, 62 usam apenas a caixa de água, que compreende um dispositivo comumente usado nas residências, sendo pensado desde a etapa do projeto da residência. Mesmo em situações de um bom funcionamento do sistema de abastecimento, o uso da caixa de água é naturalizado, sendo entendido como um elemento essencial para a residência, podendo está associado a insegurança que os usuários têm do sistema e pelos problemas vividos no passado.

Esses dispositivos, se usados de forma inadequada, podem ser locais de acúmulo de vetores e proliferação de doenças de veiculação hídrica (WHO, 2017). Normalmente ficam expostos ao ambiente externo, precisando ser garantidos uma boa vedação e o uso de um material de boa durabilidade. Para garantia da qualidade adequada é necessário a limpeza periódica, sendo recomendado uma limpeza a cada 6 meses (SABESP, 2024).

Em 22 dos casos, são utilizadas caixa de água e cisterna e em 5 casos é utilizada apenas cisterna. Apesar da cisterna ser um dispositivo pensado para a reservação de água de chuva na zona rural, no ambiente urbano ela é utilizada como reservatório da água da companhia. Em seu estudo, Del Grande (2014) identificou que as pessoas usam a cisterna, porque trazem a cultura do uso de quando viviam na zona rural. A seguir são apresentadas algumas das respostas.

“A cisterna é cheia com a água da Gagepa, e esta água é canalizada para as duas caixas d'água” (Caso 24).

“A água da rua entra direto na cisterna, algumas poucas vezes a pressão é pouca e não sobe até a caixa” (Caso 123).

Em uma residência utiliza-se caixa de água e tanque. O tanque é uma forma de armazenamento utilizada antigamente quando o sistema apresentava uma intermitência mais frequente e o fornecimento não chegava com pressão suficiente para subir para a caixa. A seguir são apresentadas algumas das respostas levantadas no formulário.

“Caixa de água - as vezes faltava água, então uso a caixa de água para não ficar sem água. Tanque - hoje não é mais usado, mas antigamente faltava mais água e usava o tanque para armazenar uma quantidade maior de água” (Caso 147).

Em 45 dos casos são empregados armazenamento fixo e móveis, como baldes, garrafas e tonéis. Essa associação dos dois tipos de armazenamento acontece para aumentar a capacidade de armazenamento, garantindo uma quantidade de água maior para atender as demandas diárias. A necessidade do aumento da capacidade de armazenamento acontece pela falta constante de água ou nos períodos de seca em que o fornecimento de água é reduzido. A seguir são apresentadas algumas das respostas.

“O armazenamento em caixas d'água ocorre de forma contínua, e em alguns casos o uso de baldes se dá apenas para garantir que a água seja suficiente para o uso” (Caso 136).

“Armazenamos em cisterna e tambor, por que é mais seguro e também podemos armazenar uma quantidade maior para o tempo de seca que os carros pipa parar de transportar água ou vim a secar as barragens e outras fontes” (Caso 138).

Em 10 casos (6,49%) são usados apenas armazenamentos móveis. Por não usarem a caixa de água, esse tipo de armazenamento é usado como uma forma de segurança para falta de água em situações de interrupção do abastecimento para manutenção do sistema ou para eventuais faltas. A seguir são apresentadas algumas das respostas.

“Quando acontece alguma falta devido a reparos na infraestrutura com aviso prévio da companhia a gente armazena água em baldes. As vezes falta sem aviso” (Caso 170).

“Sempre mantemos baldes com água para serra usada em eventuais racionamentos de água” (Caso 182).

Em 9 dos casos (5,84%) não há armazenamento de água, onde os usuários ficam dependentes da continuidade do abastecimento das entradas de água. Dentre esses casos, 2 residências utilizam apenas a companhia, outras 2 usam companhia, água envasada e fontes alternativas, e 5 usam companhia e água envasada. Esses casos acontecem em cidades de médio a grande porte, que se caracterizam por apresentarem um sistema de abastecimento com uma melhor estrutura, onde apesar da intermitência em algumas regiões, pela sua localização, acabam por ter água continuamente ou falta com uma frequência mais baixa, sem causar grandes impactos na rotina das pessoas.

A etapa de armazenamento desempenha um papel crítico no metabolismo domiciliar da água, especialmente em contextos onde o fornecimento é intermitente. Em áreas com infraestrutura limitada, é comum que as famílias utilizem caixas d'água, cisternas ou até recipientes improvisados para garantir um suprimento contínuo. No entanto, a forma como esse armazenamento é realizado pode influenciar diretamente a qualidade da água consumida. Estudos indicam que práticas inadequadas de armazenamento podem resultar em contaminação microbiológica, tornando a água imprópria para consumo humano e aumentando os riscos de doenças de veiculação hídrica (Howard e Bartram, 2003; WHO, 2017).

4.1.3 Transformação

A transformação é avaliada a partir das formas de tratamento que são realizadas dentro da residência. A fonte de água, a qualidade do serviço de abastecimento, a forma de utilização da água e o próprio entendimento de qualidade pelo usuário, são características que vão influenciar no tipo de tratamento de água usado dentro da residência. Nos casos estudados foram identificadas as técnicas de desinfecção e filtração, sendo feita uma ou as duas técnicas em uma mesma residência.

O uso apenas da desinfecção aconteceu em 19 dos casos, sendo utilizado o cloro e o calor como agentes desinfetantes. Essa técnica de tratamento é utilizada principalmente para água que será usada para consumo ou preparo de alimentos. A adição do cloro em muitas cidades brasileiras é realizada pelo agente de saúde, um trabalho já pensado em função do uso da caixa de água, visando a segurança dos usuários. Também foi identificado nas respostas o uso da fervura para a preparação de alimentos para crianças. Abaixo algumas respostas.

“Era utilizada a desinfecção com cloro, diretamente na cisterna e fervura ao ser utilizada para fins de consumo humano” (Caso 17).

“Água fervida, para alimentação da minha filha menor de 1 ano que faz uso de fórmula” (Caso 26).

“Utilizamos a desinfecção com cloro apenas pra água da chuva armazenada na cisterna e utilizada para beber ou cozinhar” (Caso 54).

“o agente de saúde coloca cloro uma vez no mês” (Caso 152).

Em 31 dos casos ocorreu o uso apenas da filtração, com filtros elétricos e de barro. Essa forma de tratamento é aplicada na água para consumo e preparo de alimentos. Também foi identificada a utilização da filtragem com o pano de prato, na água destinada para consumo, uma técnica comum nas cidades de pequeno porte no interior. A seguir são apresentadas algumas das respostas.

“A água (fruto da companhia) é tratada. Para o consumo humano, ela é filtrada em filtro de barro” (Caso 06).

“se filtra água para beber, através de um pano limpo e uma peneira” (Caso 148).

“Realizamos o tratamento da água para ingestão e uso em alimentos por meio de um filtro elétrico” (Caso 206).

O uso da desinfecção e filtração acontece em 13 dos casos, também sendo utilizadas para água que será consumida e usada no preparo de alimentos. É utilizada a adição de cloro, fervura e a filtragem com filtro elétrico ou de barro, sendo aplicada tanto na água da companhia como nas fontes alternativas, principalmente na água de chuva.

Na maioria dos casos, 91, não acontece nenhum tratamento dentro da residência. São usadas tanto água da companhia, que tem maior controle da qualidade, como fontes alternativas, em que não existe um controle da origem e qualidade da água que é utilizada. Na maioria desses casos é utilizada água envasada, entretanto existem situações apenas do uso da companhia e do uso da companhia e fontes alternativas.

A transformação da água dentro das residências é influenciada por fatores como qualidade da fonte, necessidade de tratamento e disponibilidade hídrica. A adoção de processos como filtragem doméstica e reutilização da água pode mitigar parte dos desafios enfrentados, mas exige conhecimento técnico e investimento financeiro, o que pode ser uma barreira para populações mais vulneráveis. A análise dessas dinâmicas é essencial para o desenvolvimento de políticas públicas que promovam o acesso equitativo à água e incentivam práticas sustentáveis de consumo.

4.1.4 Usos

Dentro das residências os usos da água são divididos de acordo com os cômodos da cozinha, banheiro, área de serviço e área externa. Na cozinha a água é usada para consumo, cozinhar, lavar louça e a limpeza da cozinha. No banheiro é usada para higiene pessoal, na bacia sanitária e na limpeza do banheiro. Na área de serviço, para lavar roupa e limpeza geral da casa. Na área externa, para irrigação de plantas, limpeza de animais, limpeza de transportes e para o lazer. Esses usos vão estar associados a uma maior ou menor vulnerabilidade, em função da forma como os usuários entram em contato com água. Entende-se o consumo como o uso de maior vulnerabilidade e os usos para limpeza da casa com o menor nível de vulnerabilidade.

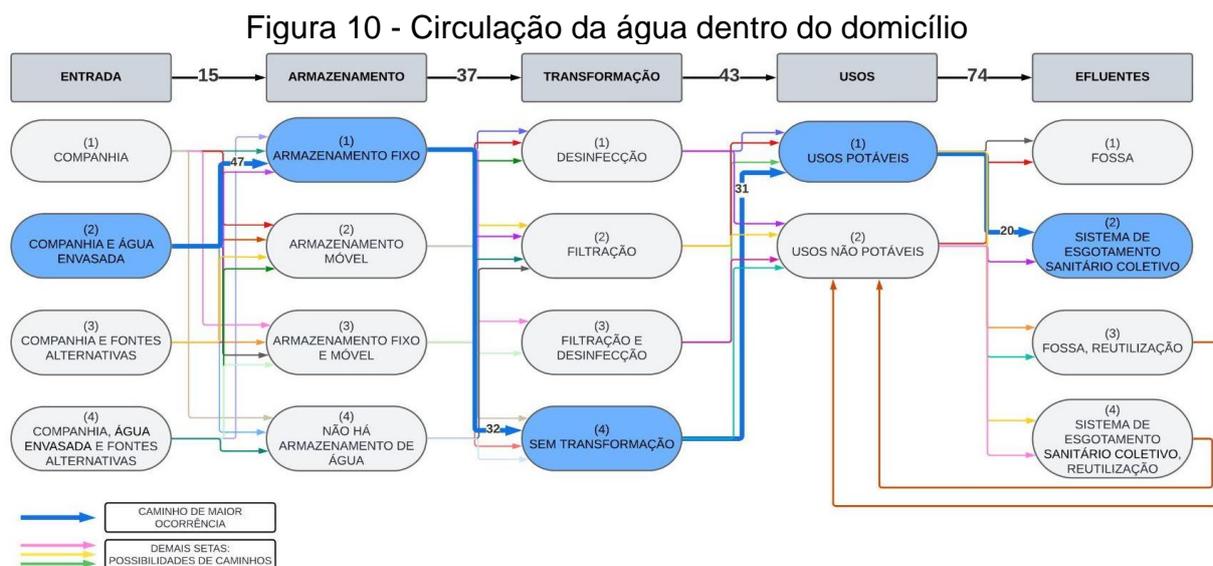
Na escala da cidade, os usos da água podem ser avaliados em função do zoneamento urbano, sendo divididos em usos residenciais, comerciais, industriais e público. Cada uma dessas zonas apresenta características e demandas de água diferentes. Apesar de existir uma separação dessas zonas, elas podem se cruzar e existirem, por exemplo, residências que exercem funções comerciais, assim como edifícios em zonas comerciais serem usados como residência.

Dentre as situações, foram observados 6 casos em que a residência utiliza uma atividade comercial (salão de beleza, produção de alimentos). A importância da identificação dessas modalidades duplas de uso se dá pela identificação das demandas e qualidade da água que está sendo usada, pois nessa situação a água que entra na residência afeta não só os moradores da casa, mas também as pessoas que usam o serviço oferecido.

O processo de uso da água varia conforme hábitos culturais, disponibilidade hídrica e a qualidade da fonte. O consumo pode ser dividido entre usos essenciais, como ingestão e higiene pessoal, e usos secundários, como irrigação de jardins e lavagem de veículos. A adoção de medidores e tecnologias eficientes, como dispositivos economizadores de água, pode reduzir o consumo per capita e otimizar o metabolismo hídrico residencial. No entanto, a implementação dessas tecnologias depende de fatores econômicos e do nível de conscientização dos usuários sobre práticas sustentáveis (Gato-Trinidad et al., 2011; Rathnayaka et al., 2017).

4.1.5 Circulação

A circulação compreende a movimentação da água dentro da residência entre a entrada e a saída (efluente). Ocorreram 74 caminhos entre a entrada e a saída nos 154 casos. A Figura 10 apresenta os caminhos que a água faz dentro da residência, observando uma diversidade nas possibilidades da movimentação da água.



Fonte: Autor (2024)

Entre a entrada e o armazenamento foram observados 15 caminhos, com uma predominância entre a entrada tipo 2 e armazenamento tipo 1, com 47 casos passando por esse caminho. Essas ocorrências podem estar associadas a uma maior segurança em relação a esse caminho, com o uso da água envasada para beber e o armazenamento fixo, garantindo a reserva de maiores volumes. O segundo caminho de maior frequência é entre a entrada tipo 4 e armazenamento tipo 1, com 27 casos nesse caminho. Na entrada tipo 4 temos as fontes alternativas que, diferente da companhia, não se tem um controle de como essas águas estão sendo coletadas e utilizadas.

Para o processo de transformação, os casos são agrupados em 37 caminhos, com a maior ocorrência na direção da transformação tipo 4, que corresponde à situação em que não acontece nenhum tipo de transformação, com 32 casos nesse caminho. Essa situação pode ser explicada pelo uso da água envasada para consumo e o uso da companhia para os demais usos. Normalmente as formas de transformação

são aplicadas na água que é consumida, e entende-se que a água envasada tem a qualidade necessária e não precisa de nenhuma transformação.

No processo de uso todos os casos apresentam os dois tipos, que corresponde aos usos para fins potáveis e não potáveis, formando 43 caminhos. Os usos que ocorrem em todos os casos são de consumo, higiene pessoal, cozinhar e limpeza geral da casa. As principais diferenças em relação aos usos são a fonte de água que é usada para determinado fim e a ocorrência dos usos de rega de planta, limpeza de animais e limpeza de transportes (carro, moto ou bicicleta), que não acontece em todos os casos.

No último processo são formados 74 caminhos, onde a maioria dos casos são do tipo 2, que corresponde ao sistema de esgotamento sanitário coletivo com 20 casos. Essa maior frequência, pode ser explicada pelo fato da maioria dos casos acontecerem em cidades de médio porte, que apresentam uma infraestrutura básica mais consolidada e os investimentos públicos são maiores, diferente das cidades de pequeno porte que normalmente apresentam uma infraestrutura mais simples.

Em 19 dos casos aconteceram reutilização da água, apresentando processos de recirculação no metabolismo. A principal ocorrência é o reúso da água para fins não potáveis. Comumente a água da máquina de lavar é utilizada para limpeza geral da casa e a do banho para descarga da bacia sanitária, esse tipo de reutilização da água pode ter começado em uma situação de escassez hídrica ou em casos de alta intermitência, e mesmo em situações mais favoráveis continuou-se a reutilização. Outra ocorrência é o direcionamento da água da pia da cozinha para a rega de plantas frutíferas, que pode ser uma cultura trazida de moradores da zona rural. Essas formas de reutilização também podem ser explicadas pelo impacto na conta de água; os usuários podem realizar na intenção de reduzir a conta. A seguir são apresentadas algumas das respostas levantadas no formulário.

“A água da máquina de lavar é utilizada para a limpeza da garagem e área de serviço” (Caso 76).

“A água capitada em banhos, se utiliza para descargas nas bacias sanitárias e para limpar a casa” (Caso 130).

“As águas da pia da cozinha e da lavagem de roupa são direcionadas através de tubulações para as plantas frutíferas” (Caso 155).

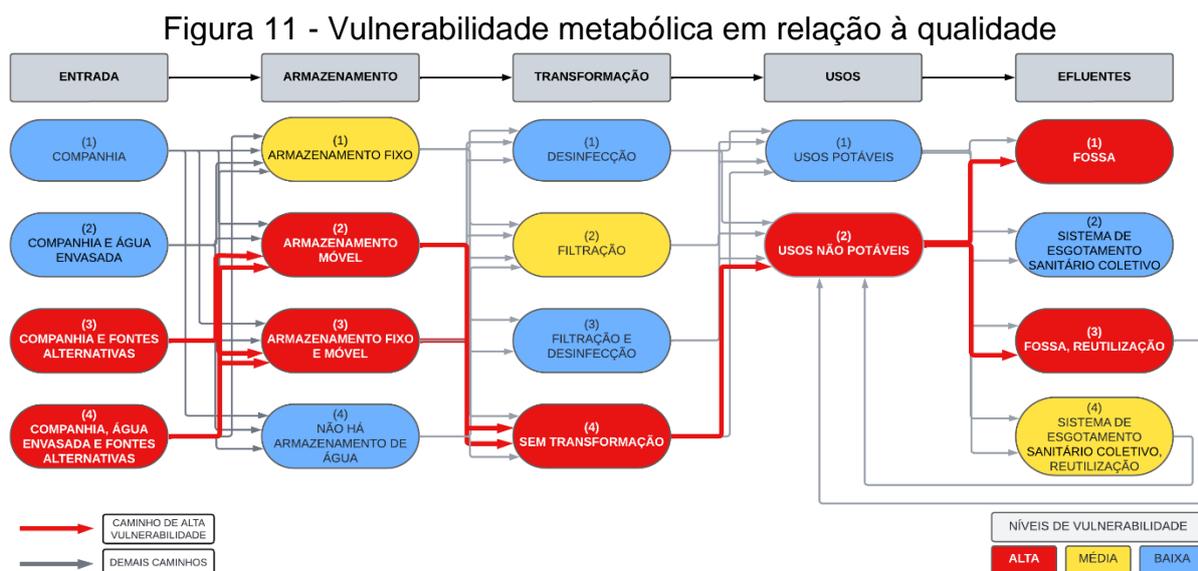
“A água utilizada para lavagem de roupa é reutilizada para regar as plantas e limpar a casa ou banheiro (não é realizado nenhum tratamento, vai com sabão mesmo)” (Caso 199).

Os efluentes gerados refletem não apenas o padrão de consumo, mas também a capacidade de tratamento e descarte adequado da água utilizada. Em contextos onde o saneamento é precário, observa-se maior dependência de soluções individuais, como fossas rudimentares ou descarte direto em corpos hídricos, comprometendo a qualidade ambiental e a saúde pública (UNESCO, 2020). Portanto, compreender o metabolismo da água na escala domiciliar permite identificar vulnerabilidades e propor estratégias de resiliência hídrica adaptadas às realidades locais.

4.2 VULNERABILIDADE DOS CAMINHOS METABÓLICOS

Cada um dos processos que compõem o metabolismo foi classificado em níveis de Alta (vermelho), Média (amarelo) e Baixa (azul) vulnerabilidade. Entende-se que cada uma das opções apresenta níveis de exposição ao risco diferentes. Ao fazer essa classificação e analisando o metabolismo é possível identificar o caminho mais vulnerável, ou seja, aquele em que os usuários são mais expostos aos riscos. A classificação da vulnerabilidade foi feita em relação à qualidade e quantidade.

A Figura 11 apresenta a classificação dos níveis de vulnerabilidade em relação à qualidade para cada um dos processos do metabolismo. É possível ver a partir da imagem os caminhos mais vulneráveis, e por meio dos mesmos entender como os usuários são expostos aos riscos.



Fonte: Autor (2024)

No primeiro processo, as entradas tipo 3 e 4 foram classificadas em alta vulnerabilidade, em função da ausência de controle e regulamentação das fontes alternativas. Não são estabelecidos padrões de potabilidade para essas fontes, transferindo a responsabilidade do uso adequado aos usuários, que nem sempre têm conhecimento técnico e recurso suficiente para garantir uma água de boa qualidade; muitas vezes utilizam a água que tem disponível independente da qualidade.

As entradas tipo 1 e 2 foram classificadas com baixa vulnerabilidade, pois são águas que passam por processos de tratamento e são formas de distribuição de água

regulamentadas. Shields et al. (2015) em seu trabalho, onde realizou uma revisão sistemática de estudos da qualidade da água no ponto de captação e no armazenamento domiciliar em países em desenvolvimento, identificou que a água de captação e a do armazenamento domiciliar de abastecimento canalizado tiveram chances significativamente menores de contaminação em comparação com a água não encanada, potencialmente devido ao cloro residual.

No processo do armazenamento, os tipos 2 e 3 foram classificados com alta vulnerabilidade pela presença do armazenamento móvel, que tem a maior facilidade de contaminação, pela vedação inadequada ou inexistente; e a manipulação mais frequente dificultando a garantia da limpeza e possibilitando maiores chances de contaminação (Who, 2017; Wright et al., 2004). O armazenamento tipo 1 foi classificado com média vulnerabilidade, pois os armazenamentos fixos normalmente são mais protegidos e fechados de forma adequada; têm limpeza mais sistemática e eficiente, reduzindo a manipulação frequente; e é mais fácil de serem monitorados e tratar a água, garantindo uma melhor qualidade (Who, 2017; Wright et al., 2004).

O armazenamento tipo 4, ou seja, quando não há armazenamento, em termos de qualidade é a opção mais segura, pois o armazenamento feito de forma inadequada e sem manutenção regular pode tornar o reservatório um ambiente de proliferação de vetores de doenças de veiculação hídrica, além de atrair roedores e insetos, que podem introduzir doenças no ambiente doméstico, colocando em risco a saúde dos usuários. Outro problema está associado ao tipo do material do reservatório, onde materiais plásticos e metálicos podem degradar com o tempo, liberando substâncias nocivas na água ou tornando-se frágeis e propensos a vazamentos.

Com relação à transformação, ao tipo 4, quando não há transformação, foi atribuída a condição de alta vulnerabilidade. As transformações que acontecem na água dentro da residência visam o aumento da qualidade através do tratamento. Apesar de simples, esses tratamentos aumentam a segurança da água, caso aconteça alguma contaminação nos processos anteriores ou no seu manuseio. Portanto, quando não acontece algum tratamento antes do uso, os usuários estão mais expostos a situações de risco.

Nas respostas sobre formas de tratamento que são usadas dentro do domicílio, foram mencionadas a realização de desinfecção e filtração, acontecendo de forma

individual ou em conjunto. A desinfecção é extremamente eficaz contra patógenos microbiológicos e oferece uma rápida neutralização de contaminantes, sendo uma solução efetiva para garantir a potabilidade da água (Crittenden et al., 2012). Por isso, às transformações tipo 1 e 3 foram atribuídas baixa vulnerabilidade. Já a filtração é excelente na remoção de sólidos, sedimentos e alguns compostos químicos, melhorando a claridade e o sabor da água (Crittenden et al., 2012), sendo atribuído um nível de vulnerabilidade médio para o tipo 2. A combinação de ambos os métodos proporciona uma abordagem mais abrangente e eficaz para garantir uma água de qualidade, como é o caso da transformação tipo 3.

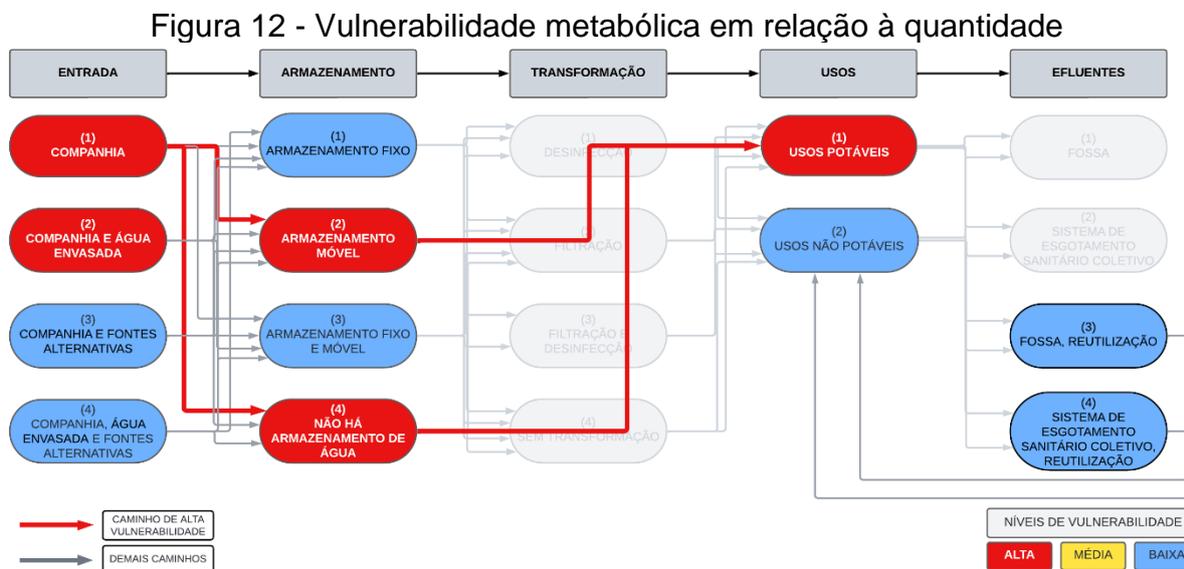
Em relação aos dois grupos de usos, foi atribuída alta vulnerabilidade aos usos não potáveis, que correspondem a usos que não exigem uma água com altos níveis de qualidade, e que é o tipo de uso no qual as águas de reúso são destinadas, onde os usuários ficam mais expostos à contaminação. Já os usos potáveis necessitam de águas com níveis de qualidade elevados e que não comprometam a saúde dos usuários, por isso para esse grupo foi atribuída baixa vulnerabilidade, pois entende-se que a água que está sendo utilizada é segura, para atender os níveis de potabilidade.

Para o último processo, aos efluentes do tipo 1 e 3, que apresentam fossa como forma de destinação, foram atribuídas alta vulnerabilidade; esse tipo de destinação apresenta uma série de desafios ambientais e de saúde pública. A infiltração de contaminantes no solo e nos lençóis freáticos pode comprometer a qualidade da água subterrânea, enquanto o escoamento superficial pode afetar corpos d'água superficiais. Além disso, fossas inadequadamente mantidas podem propagar doenças transmitidas pela água e por vetores. A necessidade de manutenção regular e os custos associados também representam barreiras.

Ao efluente do tipo 4, a destinação para sistema de esgotamento sanitário coletivo e reutilização, foi atribuído o nível de média vulnerabilidade pela presença da reutilização. Dependendo de qual é a água de reúso, e como é manuseada e utilizada, os usuários podem se expor a situações de risco.

Com relação ao efluente tipo 2, sistema de esgotamento sanitário coletivo, foi atribuída baixa vulnerabilidade, por essa ser uma das formas de destinação ambientalmente adequada dos efluentes com coleta, tratamento e destinação final no meio ambiente, garantindo salubridade ambiental e conseqüentemente condições adequadas de saúde para os usuários.

A Figura 12 mostra a classificação dos níveis de vulnerabilidade em relação à quantidade para cada processo do metabolismo. A partir da imagem é possível identificar os caminhos mais vulneráveis e compreender como os usuários são expostos aos riscos.



Fonte: Autor (2024)

Em relação à quantidade, para o primeiro processo as entradas do tipo 1 e 2 foram classificadas com alta vulnerabilidade, pois são domicílios que dependem de uma única fonte para garantir a quantidade de água suficiente para o desenvolvimento das atividades domésticas. As entradas do tipo 3 e 4 foram classificadas com baixa vulnerabilidade, em função das diversas fontes que são utilizadas, não dependendo apenas de uma. As fontes alternativas são usadas para suprir deficiências da companhia.

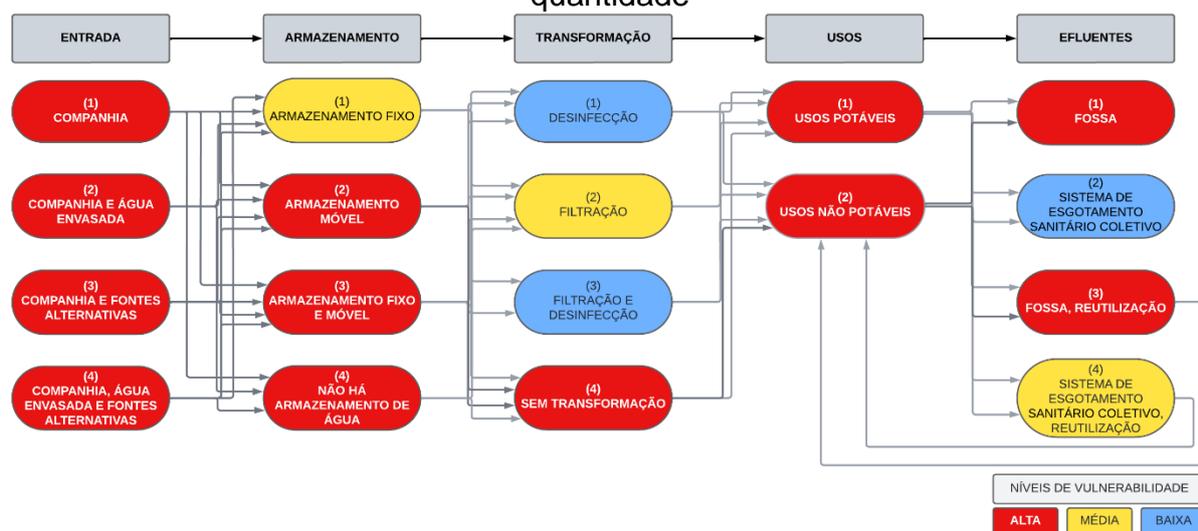
No processo do armazenamento, os tipos 2 e 4, armazenamento móvel e não há armazenamento respectivamente, foram classificados com alta vulnerabilidade. Para os casos de armazenamento móvel os reservatórios apresentam baixa capacidade de reservar água, comprometendo o atendimento das atividades. Em relação aos casos que não têm armazenamento, os sistemas de abastecimento do estudo trabalham em regime de intermitência, portanto quando falta água os domicílios ficam comprometidos.

Para o processo de usos, o tipo 1 foi classificado com alta vulnerabilidade, pois compreende a maioria dos usos dentro da residência, necessitando de maiores

volumes de água. Já os usos do tipo 2 foram classificados com baixa vulnerabilidade, compreendendo a menor parcela do consumo da residência, consequentemente necessitam de uma menor quantidade de água. Volumes insuficientes de água podem ter impactos significativos na saúde, higiene e bem-estar dos usuários. Os efluentes que são reutilizados, aumentam o volume de água disponível dentro do domicílio. Essa água é destinada para usos com fins não potáveis que correspondem aos menores volumes usados, por isso foi classificado com baixa vulnerabilidade.

Fazendo a sobreposição das figuras 11 e 12 observa-se que a entrada apresenta alta vulnerabilidade em todos os tipos, mesmo que não aconteça uma sobreposição na entrada para vulnerabilidade em termos de qualidade e quantidade, é importante essa visualização pois é possível identificar regiões dentro da cidade que estejam acontecendo as duas vulnerabilidades. Esse comportamento também acontece para o processo do Uso. Já com relação ao armazenamento, o tipo 2 (móvel) apresenta vulnerabilidade alta tanto em relação a qualidade como em termos de quantidade, indicando uma maior atenção para essa forma de armazenamento, pois os usuários estão a uma maior vulnerabilidade com o uso desse tipo de reservatório (Figura 13).

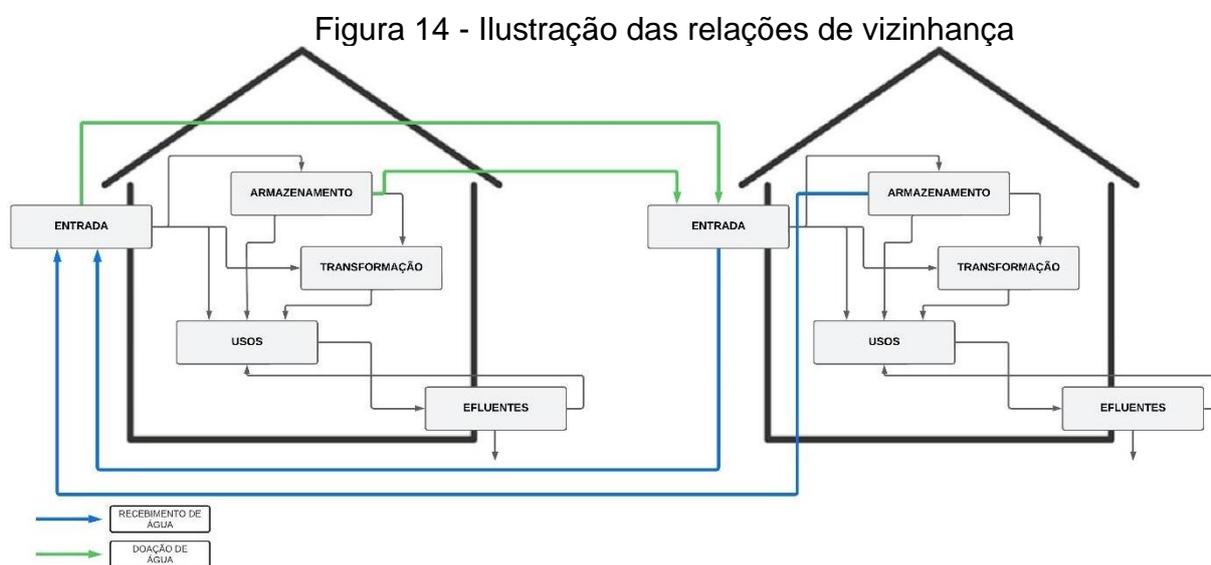
Figura 13 - Sobreposição das vulnerabilidades metabólicas em relação à qualidade e quantidade



Fonte: Autor (2024)

4.3 INTERAÇÕES METABÓLICAS

O funcionamento do metabolismo domiciliar é condicionado à existência de uma entrada de água. Existem situações de interação metabólicas na qual a entrada acontece por meio das relações de vizinhança, onde um domicílio recebe ou doa água ao domicílio vizinho. A partir dessa relação podemos ter um ou mais metabolismos domiciliares conectados (Figura 14). No entanto, não se tem um controle ou diretrizes de regulamentação dessas relações de trocas, ficando os usuários responsáveis pela garantia da segurança sanitária do abastecimento.



Fonte: Autor (2024)

No estudo, foram levantadas as ocorrências de doação e/ou recebimento de água entre vizinhos. Do total de casos essas relações de troca aconteceram em 50 domicílios (32,47%). Desse total, a maior frequência foi de doação de água com 25 casos, seguindo de 14 casos com o recebimento de água, e em 11 casos foram feitas doação e recebimento de água.

Essas relações de troca de água são formas de solidariedade entre os usuários, e é uma prática cultural. Essas práticas são muito comuns em situações de emergência, como na ocorrência de escassez hídrica. Na maioria dos casos do estudo o motivo para ocorrência das trocas de água diz respeito às situações de escassez e períodos de racionamento. A seguir são apresentadas algumas das respostas, do porque os usuários fizeram doação e/ou recebimento de água.

“Era comum entre os vizinhos a prática de doar e receber água, a depender da disponibilidade de cada um. Isso ocorreu principalmente durante os anos de 2016 e 2019” (Caso 42).

“Como passamos por um prolongado período de racionamento passamos a doar e até receber água” (Caso 74).

“Durante a última crise hídrica, por volta de 2012, era muito comum os vizinhos se ajudarem quando faltava água e não dava para comprar água do caminhão pipa, porque na época era muito caro. Então era muito comum um vizinho socorrer o outro com alguns baldes de água” (Caso 117).

A deficiência do sistema de abastecimento também é um motivo recorrente nas respostas. Os sistemas intermitentes fazem com que as pessoas sejam submetidas a períodos de falta de água, que podem ser curtos ou longos, afetando a rotina das pessoas. Manutenções prolongadas do sistema de abastecimento também ocasionaram relações de vizinhança. A seguir são apresentadas algumas das respostas.

“Em situações de falta de água, por ter um grande volume de armazenamento com as duas caixas, já dou água para o “vizinho” (Caso 173).

“Já fiquei dois dias sem água na caixa, a água não tava subindo para caixa. O vizinho tem um tanque e forneceu uns baldes de água” (Caso 163).

“Quando a companhia ficou em manutenção por muito tempo e água que eu tinha armazenado acabou” (Caso 111).

Outros motivos para a ocorrência dessas trocas são a inadimplência e cortes do abastecimento, ou seja, residências que têm sua água cortada por falta de pagamento, até regularizar a situação tem como entrada de água a residência vizinha. A seguir são apresentadas algumas das respostas.

“Em períodos de falta de água por ter uma capacidade de armazenamento maior doava para o vizinho, mas já aconteceu o compartilhamento da água por inadimplência porque a água do vizinho foi cortada, usava uma mangueira da água da rua para encher o tanque” (Caso 124).

“A vizinha não tinha ligação com a companhia por não conseguir pagar a conta, então era compartilhado uma torneira para encher o tanque” (Caso 147).

“Os vizinhos não tinham condições de pagar a conta de água” (Caso 155).

Essas relações acontecem quando se tem armazenamento de grandes volumes de água, principalmente por meio do uso de cisternas ou de mais de uma caixa de água. Em termos de quantidade, nas situações de falta de água os reservatórios são importantes dispositivos para a garantia do abastecimento dos usuários. A seguir são apresentadas algumas das respostas.

“Em situações de falta de água, por ter um grande volume de armazenamento com as duas caixas, já dou água para o vizinho” (Caso 173).

“Foi feita doação de água armazenada na cisterna para vizinhos e já compramos água durante a seca para reabastece a cisterna” (Caso 158).

Para os casos levantados, as fontes de água utilizadas para as relações de vizinhança são a água da chuva, do poço e da companhia. Compreendem fontes com grandes volumes de água, mas para as fontes alternativas (água de chuva e poço) a qualidade é assegurada pelo usuário, sem existir um controle da mesma. A seguir são apresentadas algumas das respostas.

“A água para ingestão é doada pelo vizinho que tem cisterna que armazena água de chuva” (Caso 114).

“Quando a cidade ficou completamente sem água na seca de 2015 a água do poço foi oferecida para algumas pessoas que precisavam” (Caso 31)

“Em período de falta e escassez da água pegamos água na vizinha, da qual possui um tanque em sua residência com água da CAGEPA” (Caso 176).

Em relação ao uso, a água que é compartilhada nas relações de vizinhança é usada principalmente para as atividades mais urgentes de beber e cozinhar. Deve-se ter ainda mais atenção para essas relações, pois a água é usada para fins potáveis, e as principais fontes usadas são alternativas, em que não se tem a garantia da qualidade da água. A seguir são apresentadas algumas das respostas.

“Foi doada água de chuva para beber. Motivo: partilhar” (Caso 157).

“No momento de severa crise hídrica e sem abastecimento por parte da companhia de água, doamos em maior proporção água da cisterna pros vizinhos beber e cozinhar. Mas mesmo em

outros momentos, alguns vizinhos ainda pegam porque a água da companhia tem baixa qualidade” (Caso 54).

“Aconteceu quando estava com falta de água na casa da vizinha e ela veio até nossa casa para pedir água pra cozinhar” (Caso 35).

Outro aspecto muito comum nas relações de vizinhança, são o compartilhamento da água entre familiares. Foram observados nos casos estudados esse tipo de compartilhamento familiar, tanto em situações de falta de água como ausência da ligação da companhia. A cooperação e o apoio entre familiares é uma característica cultural; familiares tendem a ter laços de confiança mais fortes e uma disposição maior para ajudar uns aos outros em momentos de necessidade. A seguir são apresentadas algumas das respostas.

“O armazenamento de água é doado para a residência vizinha da minha irmã, onde a mesma não possui abastecimento da CAGEPA” (Caso 174)

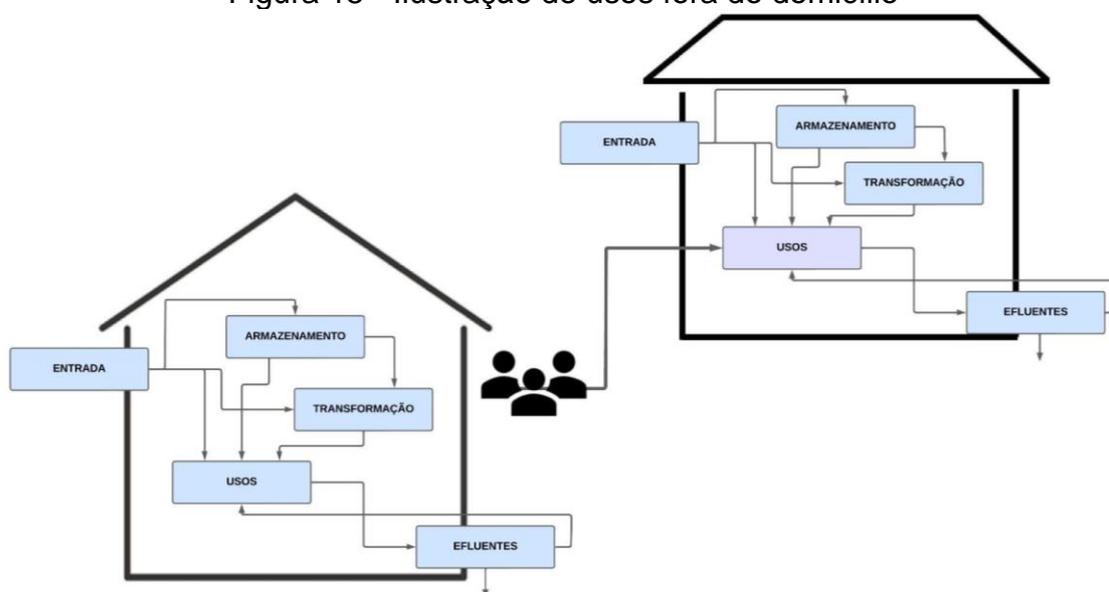
“Em episódios de falta de água utilizamos a casa do meu avô, que apresenta um menor consumo e por consequência demora mais a acabar” (Caso 180).

“Por conta da falta de água no bairro devido uma obra da concessionária que durou varias semanas foi necessário que a gente pegasse água na residência da minha avó ja que nosso estoque acabou” (Caso 205).

4.4 USOS FORA DO DOMICÍLIO

A maior parcela do consumo da água dos usuários acontece dentro do domicílio. No entanto, esses usuários também consomem água fora do domicílio, e alguns desses usos fazem parte da rotina dos usuários. Normalmente esses usos acontecem em estabelecimentos comerciais (Figura 15). No levantamento dos dados foram identificados os seguintes usos fora do domicílio: lavagem de carro (lavajato), lavagem de roupa (lavanderia) e limpeza de animais (PetShop).

Figura 15 - Ilustração de usos fora do domicílio



Fonte: Autor (2024)

Os núcleos urbanos são divididos em zonas e as formas de uso da água são diferenciadas a partir dessas zonas. Apesar dessa divisão, acontece uma relação entre elas por meio do uso da água. Existe um consumo indireto da água dos usuários das zonas residenciais nas zonas comerciais, portanto esses usuários também podem ser expostos a situações de vulnerabilidade pelo uso inadequado da água nessas zonas.

No estudo, em 39 dos casos (25,32%) é feita apenas a lavagem de carro, sendo a maior porcentagem, seguido da lavagem de roupa com 9 dos casos (5,84%); em 4 dos casos (2,6%) ocorre apenas limpeza de animais. As demais ocorrências acontecem de forma combinada com mais um uso: em 5 dos casos (3,25%) são feitas lavagem de carro e lavagem de roupa; em 2 dos casos (1,3%) acontecem a lavagem

do carro, roupa e limpeza de animais; em 4 dos casos (2,6%) ocorrem lavagem do carro e limpeza de animais; e em 2 casos (1,3%) ocorrem lavagem de roupa e limpeza de animais.

Os usos fora do domicílio não acontecem de forma diária, mas sua identificação é importante, uma vez que esses consumos impactam a demanda de água da cidade. Um lava-jato pode consumir entre 200 a 300 litros de água por veículo, dependendo do tipo de lavagem e da eficiência dos equipamentos utilizados (Zaneti et al., 2011; Sasi Kumar e Chauhan, 2018). Uma lavanderia em média pode consumir em torno de 200 litros por lavagem (Pakula e Stamminger, 2010). Dependendo do tamanho e dos serviços oferecidos, um PetShop pode consumir entre 200 a 3.000 litros de água por dia (WERF, 2010). No processo de gestão dos recursos hídricos é necessário que esses consumos sejam contabilizados.

Em termos de qualidade esses usos são feitos com água potável, e normalmente os usuários não têm contato com a água, pois já recebem o produto após o uso. Em termos de vulnerabilidade estariam expostos apenas a riscos de quantidade insuficiente.

Dentre as razões pela qual os usuários utilizam esses serviços, estão a comodidade, pela rapidez e eficiência nos serviços oferecidos, economizando tempo; redução de desperdício, onde alguns dos estabelecimentos utilizam sistemas de reutilização de água, com opções mais sustentáveis em comparação à lavagem tradicional; e por questões econômicas, onde muitas vezes realizar essas atividades além do esforço com o trabalho acaba sendo mais caro quando o usuário precisa comprar os produtos.

Em regiões com escassez de água, entender essas formas de consumo é ainda mais importante, uma vez que os recursos são limitados e em situações de falta de água as prioridades devem ser estabelecidas. Portanto, essas informações são necessárias para uma boa gestão dos recursos hídricos.

4.5 INTERFERÊNCIAS DA INTERMITÊNCIA NO METABOLISMO

Dos 154 casos, 61 casos (39,61%), que correspondem à maioria, relataram a ocorrência de falta de água, mas não têm uma regularidade. Em 26 dos casos (16,88%) ocorre falta de água semanalmente, seguido de 10 casos (6,49%) em que há falta diariamente e 7 casos (4,54%) em que há falta mensalmente. Dois casos não souberam responder.

A falta de água é uma realidade enfrentada pelos usuários, com isso o metabolismo domiciliar é afetado e precisa adequar sua estrutura para conviver com essa realidade. Uma das primeiras ações para conviver com a falta de água é a utilização de diferentes tipos de entrada e formas de armazenamento, como discutido nas seções 4.1 e 4.2, o uso de fontes alternativas e reservatórios pode expor os usuários a situações de risco em termos de qualidade e quantidade. A seguir são apresentadas algumas das respostas.

A companhia d'água oferece água em dois horários, às 5h e 17h. Por conta disso é necessário ter uma caixa d'água pra reservar água (Caso 203).

A falta de água não ocorre com frequência. Em geral, há abastecimento ao longo do dia. Quando ocorre a falta de água, normalmente usamos água armazenada em balde (137).

Não tem uma regularidade definida para essa falta de água, mas, geralmente ocorre em torno de uma vez por semana. O principal impacto da falta de água é a insegurança, pois, além de ficar sempre dependente de ter uma caixa de água e baldes cheios, não se tem certeza de que a água armazenada será suficiente para suprir as demandas até o abastecimento retornar, visto que podem ocorrer imprevistos e o prazo ser maior do que o esperado (Caso 135).

Na verdade o fornecimento é intermitente, ocorrendo em dias quase que aleatórios por período indeterminado. Isto faz com que seja necessário um reservatório maior para armazenar o máximo possível de água (Caso 81).

O uso do reservatório também faz com que as pessoas não consigam perceber que o abastecimento é intermitente, ou seja, não é fornecido 24h por dia. Em alguns casos foi relatado que a água só é fornecida por 2h durante o dia. Uma outra característica é o abastecimento acontecendo no período da noite ou madrugada, que

é período no qual o sistema de abastecimento é menos solicitado, ou pode se tratar de zonas mais altas. A seguir são apresentadas algumas das respostas.

A água chega aqui semana sim e semana não, mas nesses últimos meses tá chegando mais vezes do que antes, toda semana em pelo menos 2 dias tem água, a água costuma chegar de noite, entre 18:00 as 23:00, não sofremos muito com a falta de água da cagepa, por conta da nossa cisterna (Caso 165).

A água é fornecida no bairro que moro a cada 15 dias, chegando no domingo e sendo desligada na quarta ou quinta, retornando apenas com 15 dias (Caso 20).

A água é fornecida pela CAGEPA de segunda a sexta, no final de semana é usado a água armazenada na caixa de água e cisterna (Caso 168).

A falta de água não acontece com regularidade e devido a caixa de água não é perceptível os momentos de falta (Caso 177).

Atualmente só ocorrem faltas de água pontuais, sem um dia ou horário específico, que no geral, não são sentidas devido às caixas de água (Caso 42).

Uma outra ação é a busca por fontes alternativas para o atendimento das demandas diárias de água. O uso dessas fontes compromete a segurança dos usuários, uma vez que não existe um controle ou fiscalização da garantia da qualidade das mesmas. A seguir são apresentadas algumas das respostas.

“A falta de água não só na minha residência como em toda a cidade é constante, no meu caso como moro em um lugar de relevo alto a água demora a chegar e as vezes passa mais de mês sem água por isso precisamos economizar e usar a água que acumulamos da chuva e armazenamos na caixa” (Caso 68).

“O abastecimento pela CAGEPA acontece cerca de 20h por dia por 6 dias, ficando um dia sem. Nos outros bairros abastecimento 2 vezes por semana, 20h. Na época de crise, CAGEPA a cada 15 dias com 6h de água e água doce de poços proveniente do sítio da família, 800L/dia.” (Caso 181).

A intermitência também afeta a forma como os usuários utilizam a água, impactando a rotina. Os usos da água sofrem modificações principalmente em relação à quantidade, limitando ou até impedindo que determinados usos sejam realizados. A seguir são apresentadas algumas das respostas.

A falta de água não é regular. Gera impactos no que diz respeito a ter que poupar o uso da água, reduzindo assim os banhos e a limpeza do ambiente em que residimos (Caso 93).

É muito incerto qual dia faltará água, nunca se sabe e nunca há aviso. As consequências são menores porque há caixa em cima da casa pra armazenar água e distribuir nos dias sem água, mas quando a quantidade de dias é grande e a caixa seca é bastante complicado, sendo necessário mudar a rotina de uso da água e, por exemplo, dar descargas com baldes (Caso 54).

Essa falta de água não ocorre de forma regular, e geralmente não demora muitas horas para voltar, mas atrapalha na questão da higiene e limpeza (Caso 84).

Não tem os dias específicos. As vezes vem água todo dias, as vezes passa mais de 4 dias sem chegar água. E, já teve uma vez que passou um mês sem chegar água na nossa rua. Consequentemente, esses acontecimentos impactam negativamente na nossa rotina, o qual precisamos levar a louça em uma bacia para lavar na casa de um vizinho que tem água; temos que ir tomar banho na casa de um parente; a roupa suja fica acumulada; entre outros. Além de influenciar significativamente no estresse (Caso 14).

Observa-se a partir das respostas que os usuários não reivindicam a solução do problema, o que pode estar relacionado com a percepção, onde a intermitência não é entendida como um problema, ou em desacreditar que o problema será resolvido; com isso os usuários buscam melhores condições para conviver com a situação. Em termos de metabolismo, as adequações que são feitas para conviver com a intermitência dizem respeito às modificações que são realizadas na estrutura metabólica. A seguir são apresentadas algumas das respostas.

A companhia que fornece alega que a falta de água se dá por dificuldades hídricas da fonte. O que maiores dificuldades é a falta de comunicação da empresa com os usuários. Não existe um cronograma para os moradores de nenhum bairro se programar para o dia certo de receber água do saneamento, o que acaba ocasionando diversos constrangimentos entre a população e os responsáveis pelo abastecimento (Caso 29).

A concessionária fornece água dia sim, dia não. Não atrapalha nossa rotina, pois já estamos acostumados. Nós nos adequamos ao sistema (Caso 85).

A residência é ligada a uma companhia de água no entanto o fornecimento não é contínuo. Tem abastecimento geralmente pela manhã ou tarde, mais ou menos 1h. As vezes também falta água sem um aviso prévio também (Caso 199).

Os casos na qual a água falta diariamente, corresponde à situação mais crítica em termos de vulnerabilidade dos usuários. A estrutura metabólica desses domicílios precisa se adequar a essa situação para que os usuários consigam realizar suas atividades. O Quadro 12 apresenta o percurso metabólico dos casos em que a falta de água ocorre diariamente.

Quadro 12 - Caminhos dos casos que apresentam falta de água diariamente

CASO	CAMINHO (E-A-T-U-Ef)		CASO	CAMINHO (E-A-T-U-Ef)
22	414(1-2)2		158	414(1-2)2
24	214(1-2)2		174	434(1-2)1
80	224(1-2)2		192	332(1-2)4
141	414(1-2)2		199	334(1-2)3
154	413(1-2)1		203	234(1-2)1

Fonte: Autor (2024)

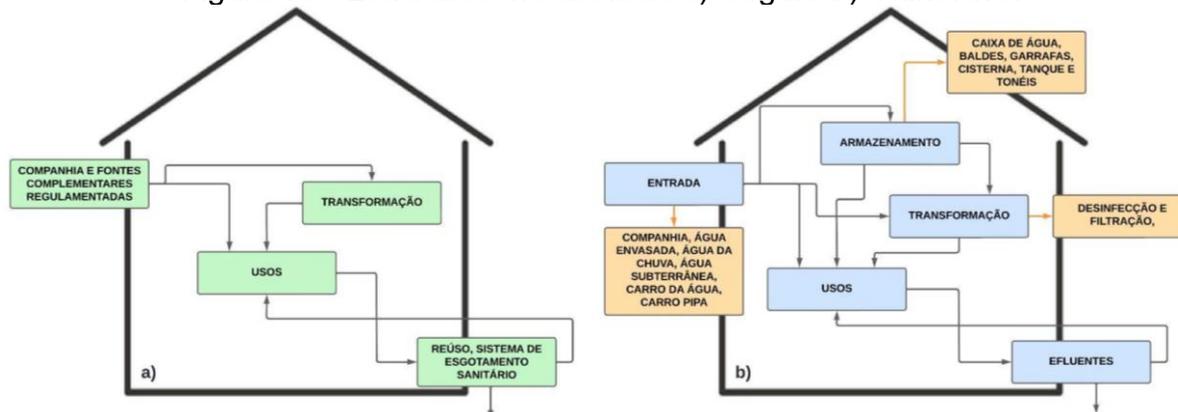
Observa-se que na maioria dos casos ocorre o uso tipo 4, com o uso de fontes alternativas como entrada. Em todos os casos acontece algum tipo de armazenamento, com a predominância de armazenamento fixo. Apenas em dois dos casos é feito algum tipo de transformação, e a destinação dos efluentes em sua maioria é direcionada para o sistema de esgotamento sanitário coletivo. Quando comparamos com os caminhos mais vulneráveis apresentados na seção 4.2, em termos de qualidade o caminho metabólico desses casos em sua maioria passa pelos caminhos mais vulneráveis. Com relação à quantidade, em alguns casos o caminho mais vulnerável também é percorrido. Essa ocorrência pode estar associada à alta intermitência na qual esses domicílios são submetidos.

4.6 MUDANÇAS NO METABOLISMO

A forma como os domicílios metabolizam a água se adequa às condições de qualidade e quantidade da água que chega no domicílio. Os processos do metabolismo domiciliar vão se organizar a partir dessas condições, onde a qualidade e quantidade da água de entrada condicionam a ocorrência de determinados processos, definindo também o seu quantitativo.

Um processo metabólico domiciliar mais seguro seria composto por uma entrada da água da companhia e fontes complementares regulares, com um abastecimento 24h/dia em qualidade e quantidade adequadas. Em algumas situações, essa água poderia passar por alguma transformação no sentido de melhorar as características organolépticas, como cor e sabor. Posteriormente seria encaminhada direto para os pontos de usos e, após o uso, direcionada para o sistema de esgotamento sanitário coletivo (Figura 16a). Nessas condições os usuários estariam menos vulneráveis a problemas de qualidade e quantidade. Entretanto, nas condições reais outros processos foram inseridos para conseguir resolver os problemas de qualidade e quantidade, garantindo a eficiência metabólica (Figura 16b).

Figura 16 - Estruturas metabólicas a) Segura b) Vulnerável



Fonte: Autor (2024)

A intermitência do sistema de abastecimento é um fator determinante para definir quais processos metabólicos domiciliares serão necessários para a garantia do abastecimento. Fatores ambientais também causam mudanças no metabolismo domiciliar, com os períodos de seca prolongada, comprometendo as fontes de entrada

da água, fazendo com que os usuários busquem fontes alternativas, aumentem a capacidade de armazenamento e modifiquem suas rotinas de uso da água.

“antes essas faltas de eram mais contantes, a ponto de, algum tempo atrás, a gente precisar pedir mais de um carro pipa na semana, agora a situação está bem melhor, mas ainda não foi completamente resolvida” (Caso 142).

“Houve um período de seca na região há alguns anos e ocorria falta de água de forma regular com agendamento, sendo necessário o armazenamento da água, o qual, na residência em que moro, foi feito através de baldes de água.” (Caso 129).

“antes minha residência precisava armazenar água em bacia o qual era em pouca proporção é o banho era de cuia (copo) e hoje em dia a água é armazenada em caixa de água com encanação para o chuveiro sendo assim não tomando mais banho de cuia” (Caso 78).

“A situação mais crítica do passado foi com a escassez e racionamento por vários dias da semana, exigindo o hábito de guarda água em outros recipientes” (Caso 182).

Alguns casos relataram como era a situação antes da chegada do sistema de abastecimento coletivo e como a ausência do sistema impactava na rotina dos usuários. Naquelas situações, os próprios usuários precisavam fazer o transporte da água, em condições que os tornavam mais vulneráveis à qualidade, pela ausência de proteção durante o transporte, e quantidade, pois a capacidade era limitada à condição física de cada pessoa. Ainda é uma realidade a existência de pessoas que não tem água encanada e precisam fazer o transporte da água entre a fonte e o domicílio, principalmente em cidades de pequeno porte, principalmente na zona rural; nas cidades de médio a grande porte, isso acontece nos assentamentos populares.

“Antigamente, tínhamos que pegar água em chafariz. Hoje temos água encanada.” (Caso 63).

“Houve épocas em que a escassez hídrica era muito severa, quando pequena (anos 2006,2007) me recordo do governo do estado colocar uma caixa de água na pracinha da minha rua, onde todos os moradores iam buscar água com baldes. Na minha casa quem fazia essa tarefa era minha mãe e eu.” (Caso 117).

“Na época da estiagem (2012 a 2013), o acesso a água se deu por chafariz em locais pontuais da cidade, onde as pessoas do entorno precisam ir com baldes. Além disso, nessa mesma época havia a compra de água através de carro-pipa. Hoje em

dia, o acesso é através da rede de distribuição da companhia de água.” (Caso 38).

“No passado nós íamos esperar a água em chafariz durante a noite, era em dias específicos e só a noite, todo mundo de casa ia pegar água e trazia a quantidade que era compatível com o que cada um podia carregar. Era tão difícil, faltava água pra tudo, a seca era cruel.” (Caso 92).

Um dos processos do metabolismo que apresentou mudanças e impactou os processos metabólicos seguintes foi o tipo de entrada de água. Em alguns dos casos foi mencionado como a mudança da fonte de água impactou na estrutura metabólica domiciliar.

“Antes a casa recebia água do poço do bairro de forma gratuita e não tínhamos caixa d’água. Agora a água é fornecida pela companhia, utilizamos caixa d’água e o principal quesito de mudança foi o financeiro. Não houve melhorias significativas quanto a qualidade da água” (Caso 206).

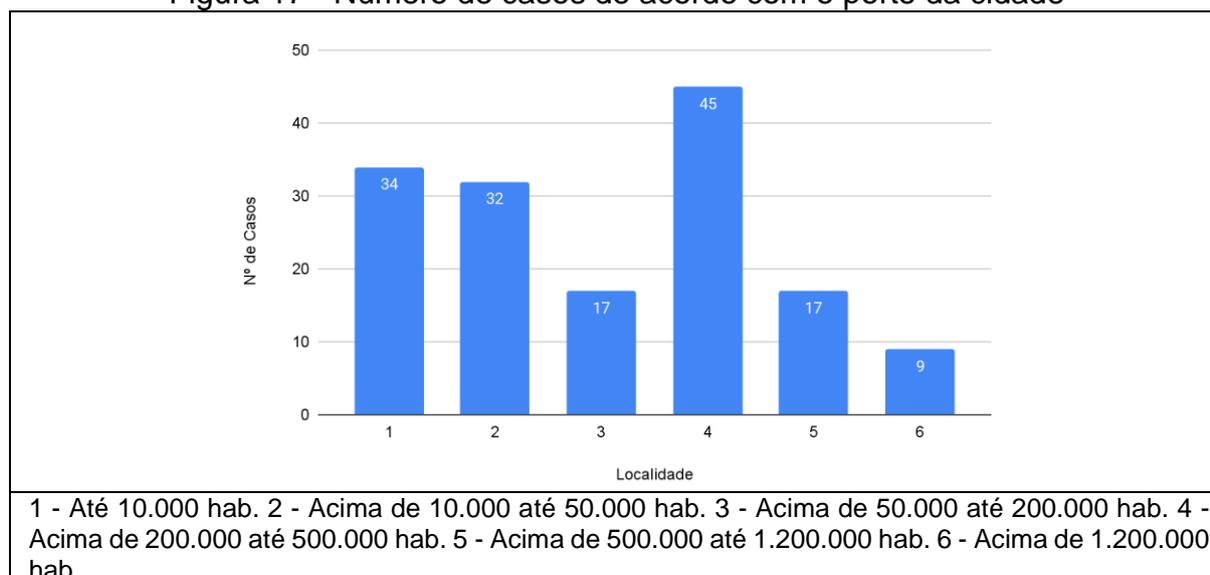
“Antes a residência era ligada a rede de um poço próximo a casa, no entanto também tinha problemas com abastecimento. O acesso era mais por coletar água em garrafas e deixar armazenada.” (Caso 199).

As melhorias nos sistemas de abastecimento ao longo do tempo contribuíram para construção de uma estrutura metabólica domiciliar mais segura. Entretanto, mesmo em situações de um abastecimento regular, as pessoas mantêm rotinas que eram feitas na situação crítica, como o uso do armazenamento e a utilização de fontes alternativas. Portanto, ao longo do tempo as estruturas metabólicas vêm se modificando, tornando os usuários mais vulneráveis a situações de risco. Entender essas mudanças é importante para a determinação de ações que possam resolver e amenizar essas problemáticas.

4.7 ESTRUTURA METABÓLICA EM RELAÇÃO À LOCALIDADE

O porte da cidade está relacionado à infraestrutura disponível para o abastecimento dos usuários. De acordo com os dados do SINISA (2023) e IBGE (2022) as cidades de pequeno porte são as que apresentam as piores condições de infraestrutura urbana básica, incluindo os serviços de Saneamento Básico. Nessas cidades são comuns os serviços autônomos de abastecimento, com serviços mais simples e sem um controle rigoroso, além da ocorrência do fornecimento da água sem tratamento. Em 34 dos casos estudados (22%), as residências estão situadas em cidades de pequeno porte com uma população de até 10.000 habitantes. E a maioria dos casos compreende cidades de médio porte com uma população de até 500.000 habitantes (Figura 17).

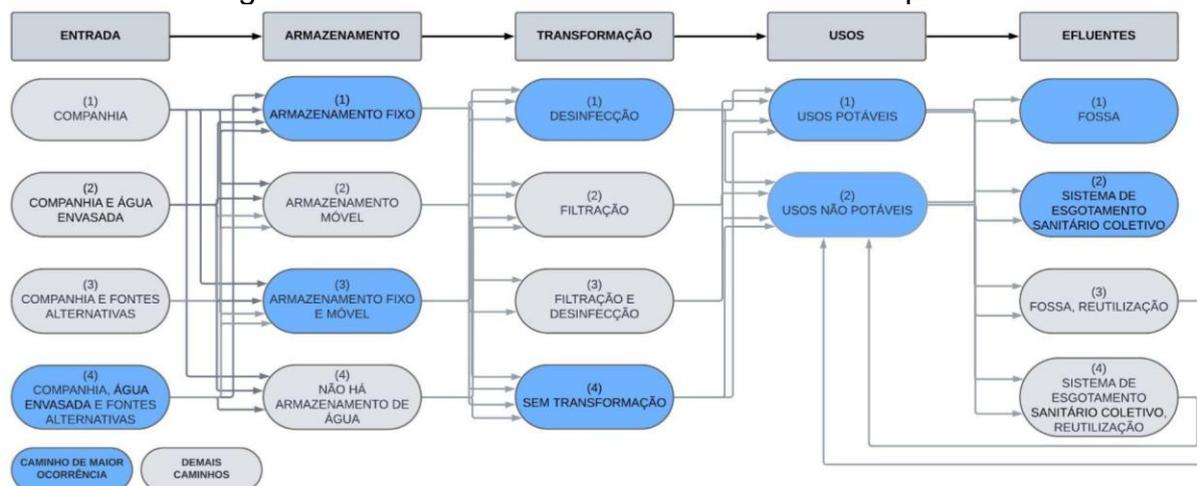
Figura 17 - Número de casos de acordo com o porte da cidade



Fonte: Autor (2024)

Com relação à estrutura metabólica, as residências estudadas não apresentam um padrão metabólico, mas foi possível observar a ocorrência de alguns processos nos quais os usuários ficam mais vulneráveis, discutidos na seção 4.2. Para as cidades de pequeno porte o caminho de maior frequência passa pela entrada do tipo 4, o uso de armazenamento fixo e fixo e móvel, a transformação utilizando a desinfecção e sem transformação antes do uso, e a destinação dos efluentes com o uso de fossa e sistema de esgotamento sanitário coletivo (Figura 18).

Figura 18 - Estrutura metabólica das cidades de porte 1



Fonte: Autor (2024)

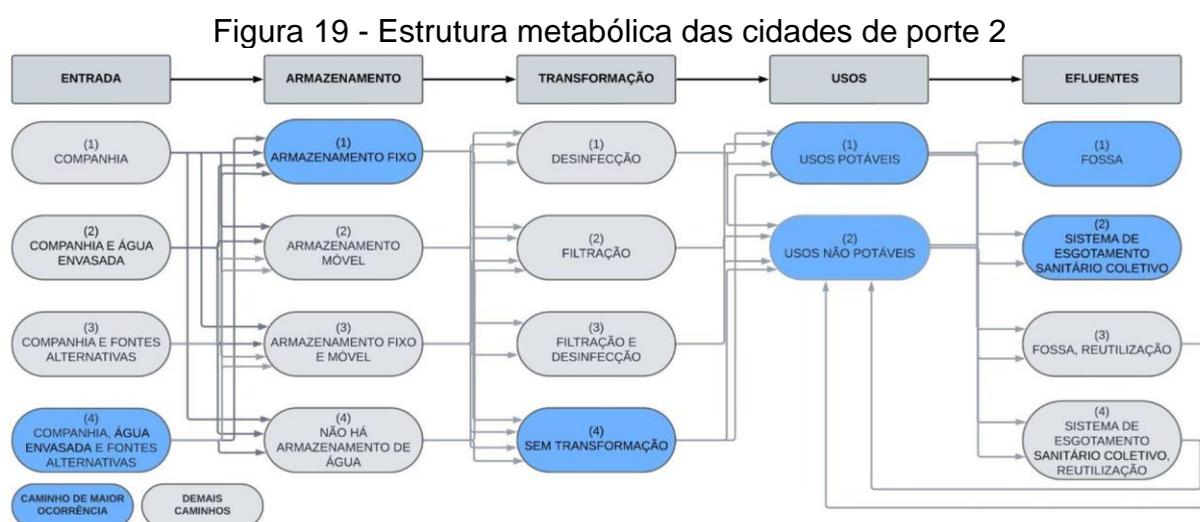
Devido às condições precárias e/ou ausência da infraestrutura básica, as cidades de pequeno porte se tornam mais vulneráveis a condições inadequadas de acesso à água, considerando a qualidade e quantidade. Em situações de escassez com a necessidade de racionamento, as concessionárias sempre priorizam as cidades de médio e grande porte, devido ao maior quantitativo de pessoas que serão atingidas, entretanto por se tratar de um recurso essencial, todas as pessoas precisam ser atendidas e garantido um acesso adequado.

Em 17 dos casos (50%) a entrada é do tipo 4, na qual o uso de fontes alternativas está presente, além de 5 casos (15%) com o tipo 3 com uso apenas da água da concessionária e fontes alternativas, o que inclui o uso de uma dessas águas para beber. Por não apresentar uma forma de monitoramento e controle, as fontes alternativas podem ser potencialmente prejudiciais aos usuários, desde de sua obtenção até a forma como é armazenada e usada. Reforçando a importância das concessionárias de saneamento, para garantia de um fornecimento de água em qualidade e quantidade adequadas.

O armazenamento ocorre em 20 casos (59%) com o uso de reservatórios fixos e em 14 casos (41%) o uso de reservatórios fixos e móveis. O uso de reservatórios móveis é mais vulnerável à contaminação, devido à frequência e facilidade no manuseio. Em relação à transformação em 15 dos casos (44%) não há transformação e em 11 casos (32%) é realizada a desinfecção. Os usos apresentam as duas formas principais que são para os usos potáveis e não potáveis. Para a destinação dos

efluentes em 17 dos casos (50%) é utilizado a fossa e em 14 casos (41%) é usado o sistema de esgotamento sanitário coletivo.

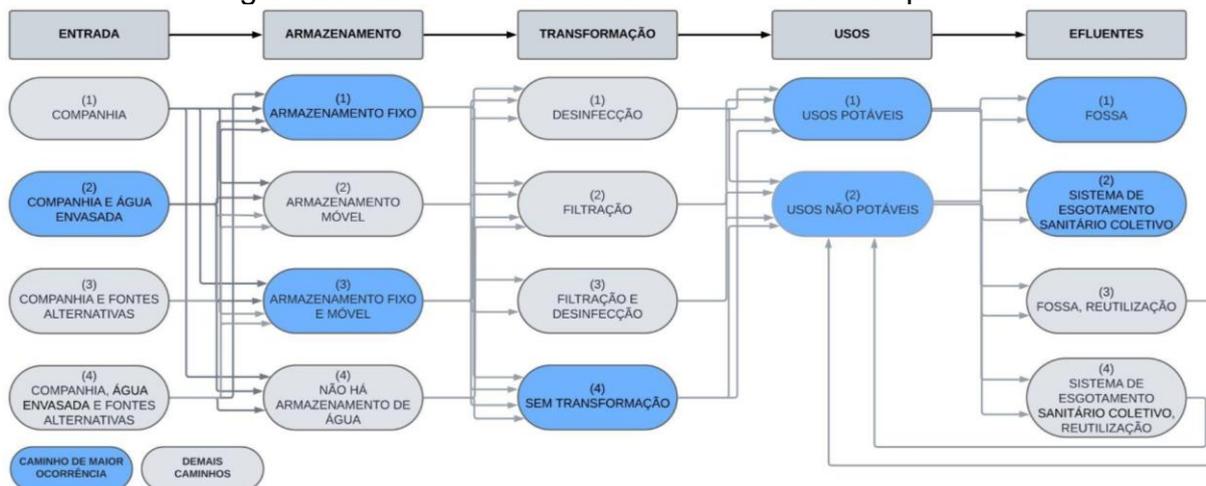
Para as localidades 2 (entre 10.000 e 50.000 habitantes), a estrutura metabólica se comporta de modo semelhante as cidades de pequeno porte, como uma maior frequência da entrada do tipo 4, armazenamento do tipo fixo, sem transformação e com destinação dos efluentes para fossa e sistema de esgotamento sanitário coletivo (Figura 19). O porte das cidades é bem parecido, mas algumas localidades já apresentam uma infraestrutura de serviços urbanos mais completa.



Fonte: Autor (2024)

A localidade com o maior número de casos (45) é a 4 (entre 200.000 e 500.000 habitantes), compreendendo cidades de médio porte. Em função do maior número de casos é possível observar uma repetição do caminho 2-1-4-(1-2)-2, com 11 casos metabolizando a água por esse mesmo caminho. Os caminhos de predominância se diferenciam das localidades anteriores e passam por caminhos menos vulneráveis (Figura 20).

Figura 20 - Estrutura metabólica das cidades de porte 4



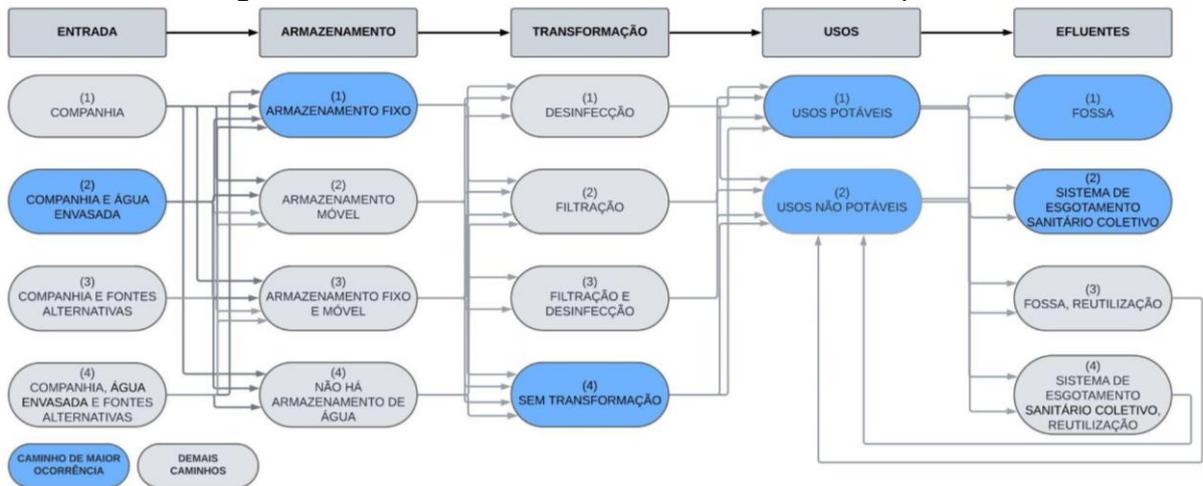
Fonte: Autor (2024)

A Entrada em 35 dos casos (78%) acontece o tipo 2 com o uso da companhia e a da água envasada. O Armazenamento em 26 casos (58%) é fixo e em 10 casos (22%) é fixo e móvel. Em 35 dos casos (78%) não é realizada transformação antes do uso, mas em 7 casos (16%) é realizada a filtração. Os usos predominam os usos potáveis e não potáveis. Com relação a destinação dos efluentes em 29 casos (64%) é utilizado o sistema de esgotamento sanitário coletivo e em 11 casos (24%) a utilização da fossa. Pode-se perceber que para a maioria dos casos, as cidades de médio porte estudados neste trabalho se diferenciam das de pequeno porte em termos de entrada de água e destinação dos efluentes, com a utilização de tipos que são menos vulneráveis. Isso pode estar associado à melhor infraestrutura de serviços urbanos que as cidades de médio porte apresentam.

Paras as cidades de grande porte (entre 500.000 e 1.200.000 habitantes) (Figura 21) e metrópoles (acima de 1.200.000 habitantes) (Figura 22), a estrutura metabólica se comporta de forma parecida com as localidades de médio porte, metabolizando a água por caminhos menos vulneráveis, quando comparado às cidades de pequeno porte. Para os casos estudados a localidade 6 apresentou uma maior frequência com 4 casos da entrada do tipo 4, que apresenta o uso de fontes alternativas, entretanto isso pode estar associado ao número baixo de casos coletados para essa localidade, que totalizaram 9 casos, o que pode está enviesando o resultado. Mas é importante destacar o uso das fontes alternativas e da necessidade

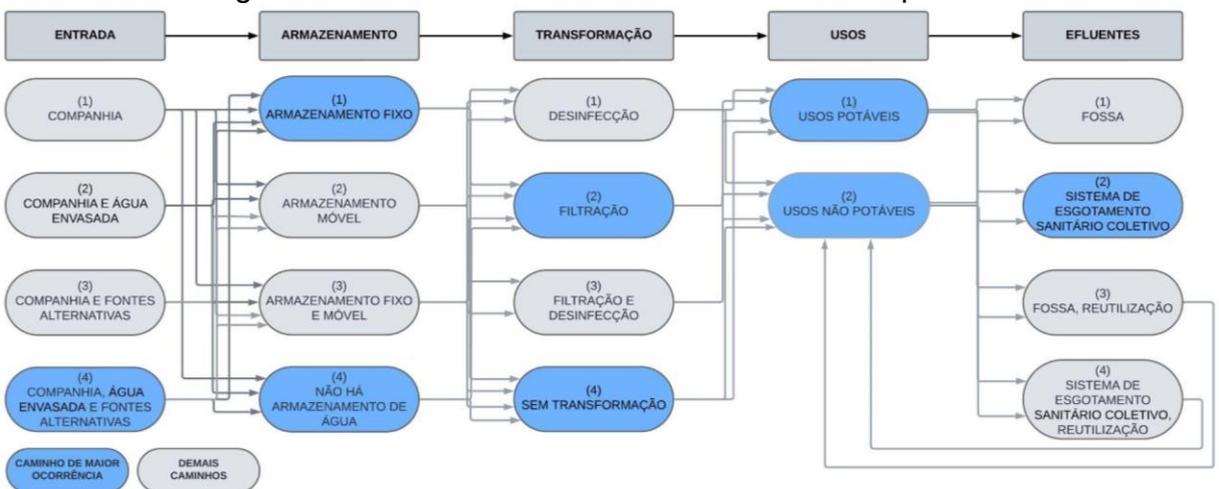
que esses usos sejam regulamentados e que sua ocorrência não se restringe a cidades de pequeno porte.

Figura 21 - Estrutura metabólica das cidades de porte 5



Fonte: Autor (2024)

Figura 22 - Estrutura metabólica das cidades de porte 6



Fonte: Autor (2024)

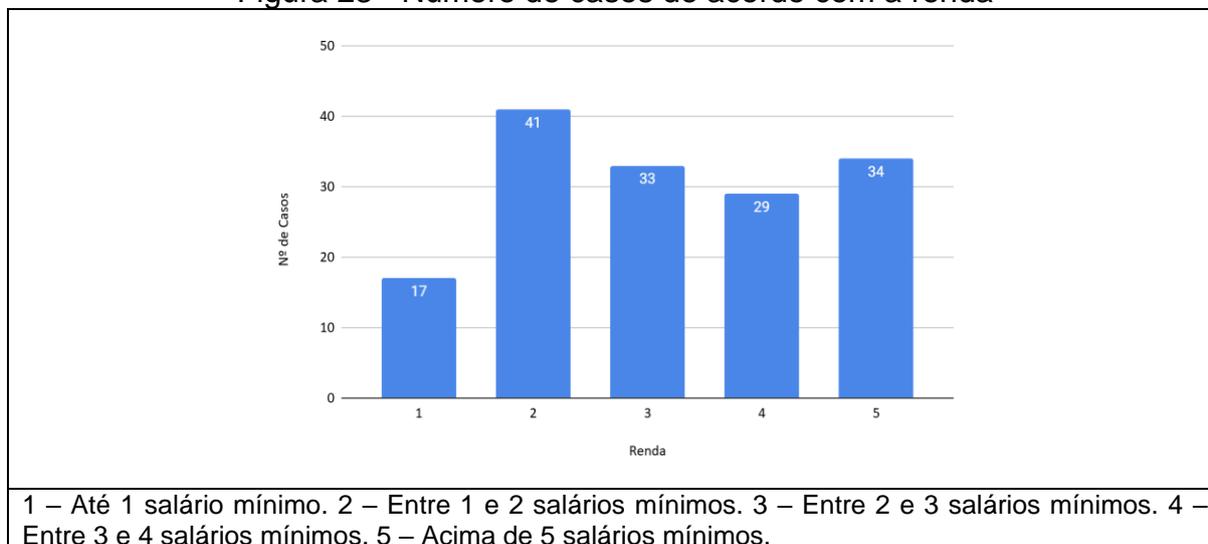
4.8 ESTRUTURA METABÓLICA EM RELAÇÃO À RENDA

A condição social influencia diretamente na forma como os usuários acessam os serviços de abastecimento tanto em termos de quantidade quanto de qualidade. Pesquisas têm demonstrado que variações na renda impactam significativamente o consumo domiciliar de água (Dias et al., 2010; Del Grande, 2016; Diniz et al., 2021). Em sistemas de abastecimento intermitentes essa variável desempenha um papel significativo na forma como os usuários se adaptam às condições dos serviços.

Famílias de maior renda frequentemente possuem recursos para implementar soluções alternativas, como a instalação de reservatórios domésticos, permitindo-lhes armazenar água durante os períodos de fornecimento e mitigar os efeitos da intermitência. Em contrapartida, famílias de baixa renda geralmente não têm condições financeiras para adotar essas medidas, tornando-as mais vulneráveis às interrupções no abastecimento e forçando-as a buscar fontes de água menos seguras ou a pagar preços mais elevados pela água de fornecedores privados (Del Grande, 2016; Diniz et al., 2021).

Nos casos estudados, 17 famílias (11%) apresentam até um salário mínimo, que compreende a situação de menor renda. Em 41 dos casos (27%) que corresponde a maior frequência, as famílias apresentam uma renda entre um e dois salários mínimos. A renda 3, 4 e 5 apresentam 33 (21%), 29 (19%) e 34 (22%) casos respectivamente, onde essas rendas apresentam um quantitativo próximo (Figura 23).

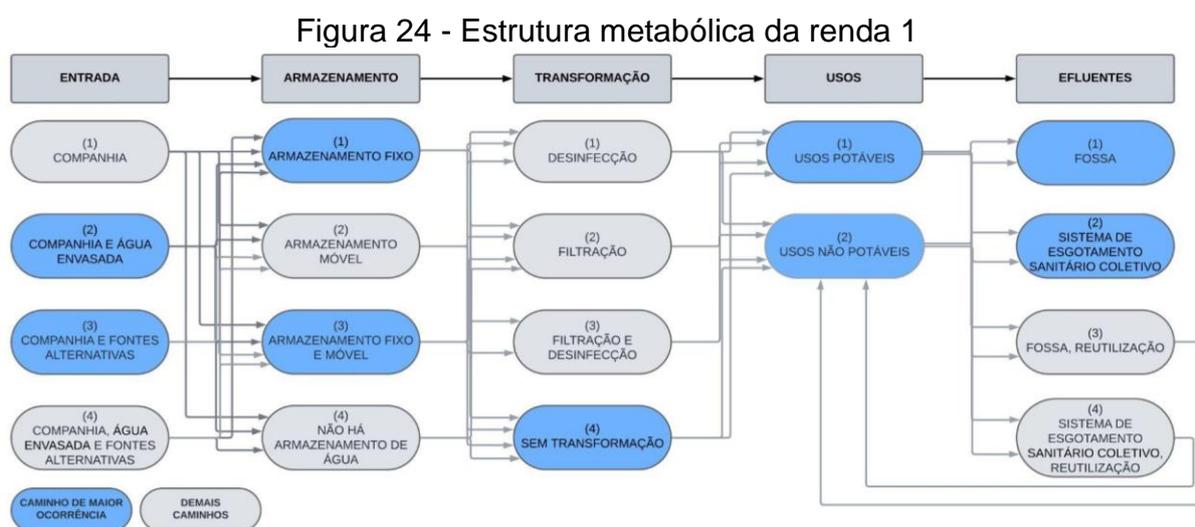
Figura 23 - Número de casos de acordo com a renda



Fonte: Autor (2024)

Com relação a estrutura metabólica quando analisada os grupos de renda, não foram identificados um padrão nos caminhos metabólicos. Assim como na análise da localidade, isso pode estar associado ao número de casos, o que seria necessário um quantitativo maior de casos, para ter uma amostra representativa e possibilitar as inferências estatísticas. Entretanto, com os casos obtidos é possível identificar a ocorrência de processos mais vulneráveis em termos de acesso e uso da água.

Para o grupo de menor renda, até um salário mínimo, no processo de entrada a maior frequência foi do tipo 2 e 3, sendo as situações de menor e maior vulnerabilidade respectivamente. Para o armazenamento a maior frequência foi do tipo 1 e 3, sendo este último a situação de maior vulnerabilidade, com uso de reservatórios móveis. Para a transformação, o tipo 4 apresenta a maior frequência com 11 casos (65%), sendo este o tipo de alta vulnerabilidade, onde em 4 casos são utilizadas fontes alternativas, ou seja, os usuários utilizam uma água que não apresenta um controle de qualidade e não é feito nenhum tratamento antes do uso, tornando os usuários mais vulneráveis a problemas de contaminação. Em termos de uso ocorre os usos para fins potáveis e não potáveis. Os efluentes são destinados em sua maioria para os tipos 1 e 2, sendo classificados com alta e baixa vulnerabilidade respectivamente (Figura 24).

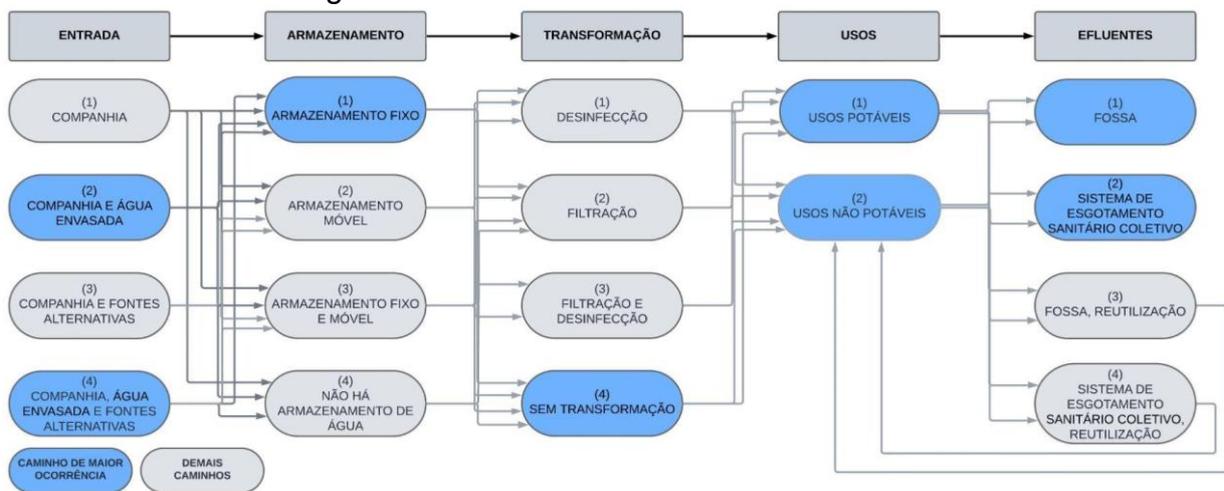


Fonte: Autor (2024)

Para o grupo de maior frequência que corresponde à renda 2 (entre um e dois salários mínimos), a estrutura metabólica também apresenta a passagem por

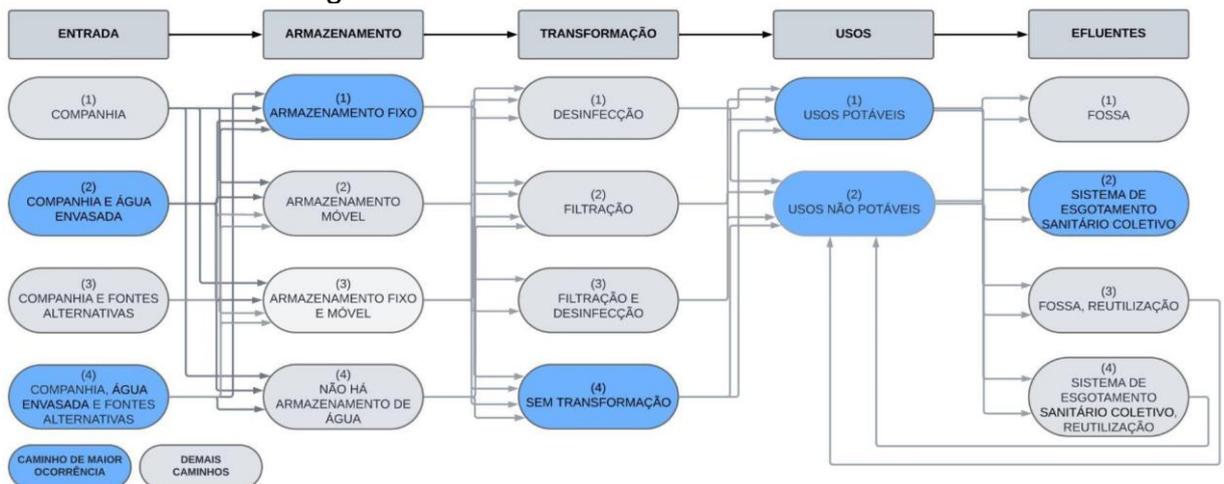
caminhos de alta vulnerabilidade, nos processos de entrada com o tipo 4, na transformação com o tipo 4 e na destinação dos efluentes com o tipo 1 (Figura 25). Essa estrutura é bem semelhante à que acontece no grupo de renda 3 (entre dois e três salários mínimos) com a diferença apenas na destinação dos efluentes, na qual a sua maior frequência é o tipo 2, que é classificado com baixa vulnerabilidade (Figura 26). Foi verificado se essa mudança teria uma relação com a localidade, mas não foi observada essa relação.

Figura 25 - Estrutura metabólica da renda 2



Fonte: Autor (2024)

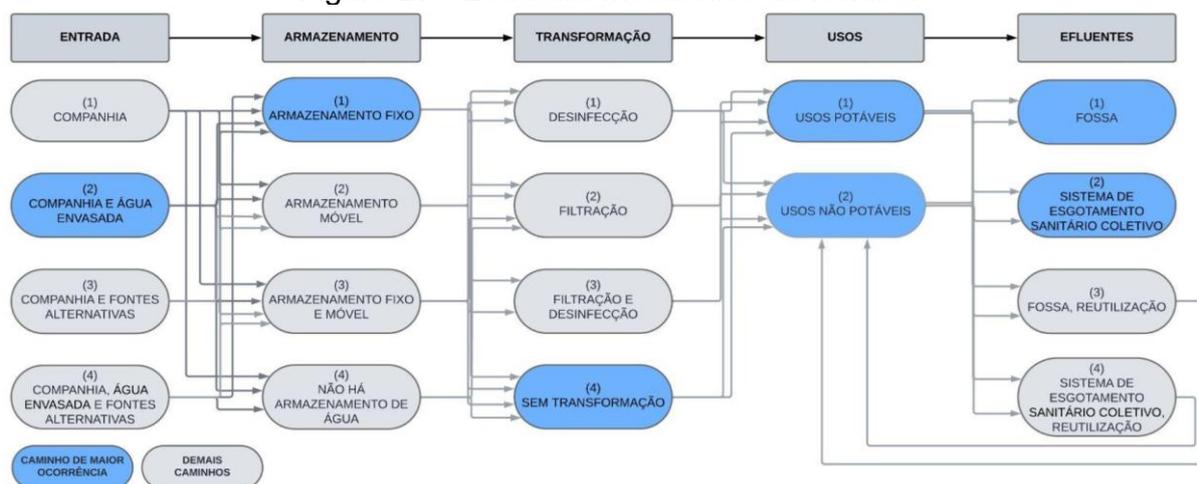
Figura 26 - Estrutura metabólica da renda 3



Fonte: Autor (2024)

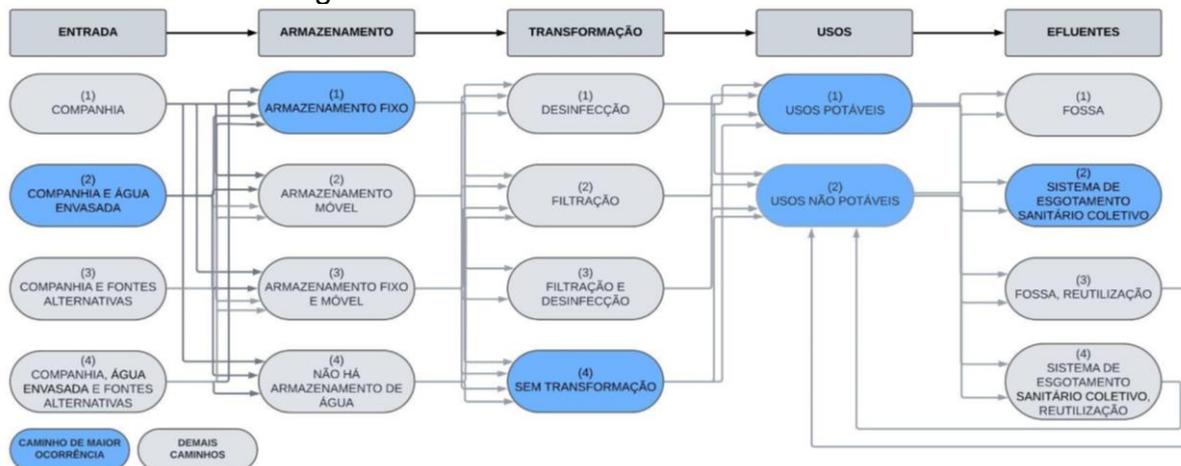
Para o grupo de renda 4 (Figura 27) e 5 (Figura 28), que corresponde as maiores rendas, foi observado uma semelhança na ocorrência de maior frequência dos processos metabólicos, com uma diferença apenas na destinação dos efluentes, onde o grupo 5 apresenta sua maior frequência apenas para o tipo 2, enquanto o grupo de renda 4 tem sua destinação com maior frequência para os tipos 1 e 2. Para esses grupos é importante observar que no processo de entrada a maior frequência é do tipo 2, que é classificado com baixa vulnerabilidade, diferente dos grupos de renda anteriores, onde apresenta a maior frequência de ocorrência de casos que utilizam fonte alternativas, ou seja, são grupos com menor poder econômico e estão mais vulneráveis a problemas de contaminação.

Figura 27 - Estrutura metabólica da renda 4



Fonte: Autor (2024)

Figura 28 - Estrutura metabólica da renda 5



Fonte: Autor (2024)

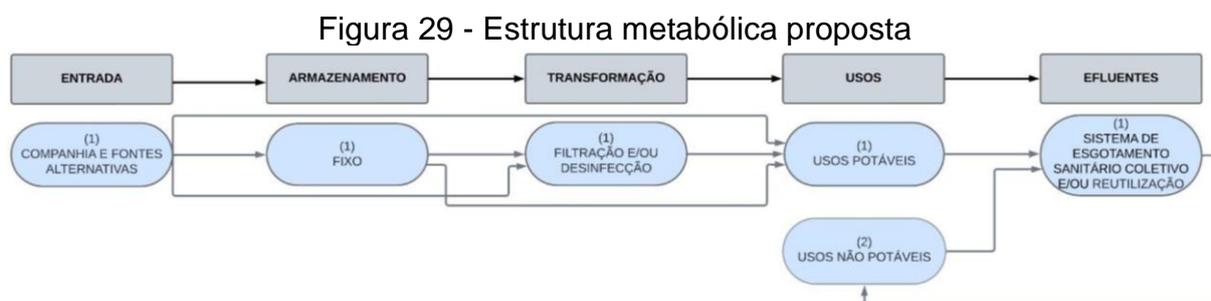
Ao analisar a relação entre localidade e renda, observa-se que, nos grupos de menor renda (1 e 2), há uma maior concentração de casos em cidades de pequeno porte. Isso coloca esses usuários em uma situação de maior vulnerabilidade, devido à deficiência dos serviços de saneamento básico e ao baixo poder econômico, que limita sua capacidade de adaptação. Por outro lado, os grupos de maior renda (4 e 5) estão predominantemente distribuídos em cidades de médio a grande porte, apresentando uma menor vulnerabilidade, uma vez que estão inseridos em condições mais favoráveis.

Os dados levantados indicam que as famílias de menor renda apresentam maior vulnerabilidade, em razão da baixa capacidade de adaptação e da passagem por caminhos metabólicos mais frágeis. Apesar de não ter sido identificado um padrão metabólico, a ocorrência de processos mais vulneráveis aponta para a necessidade de estabelecer medidas que melhorem o acesso à água desses usuários.

4.9 PROPOSIÇÃO DE MUDANÇA METABÓLICA

A forma como a água é metabolizada dentro das residências está diretamente relacionada ao tipo de entrada e ao uso, sendo influenciada pela qualidade e pela quantidade necessárias. Esses aspectos foram discutidos nas seções anteriores, por meio da análise dos processos metabólicos, como o uso de água envasada para consumo direto, a necessidade de armazenamento devido ao abastecimento intermitente e o uso de fontes alternativas como complemento para aumentar a disponibilidade hídrica. A ocorrência de alguns desses processos pode tornar o usuário mais vulnerável a condições inadequadas de acesso e uso da água.

A estrutura metabólica da água proposta neste estudo (Figura 29) busca alcançar um objetivo idealizado, reconhecendo, no entanto, as limitações e desafios inerentes à sua implementação. Embora a concepção apresente um cenário ideal, a abordagem adotada considera as possibilidades reais de aplicação, fundamentando-se em princípios técnicos, sociais e ambientais viáveis. Dessa forma, a proposta não ignora as dificuldades práticas, mas busca oferecer um modelo orientador que, ainda que de difícil concretização plena, pode servir como referência para a evolução dos sistemas de gestão e uso da água.



Fonte: Autor (2024)

Observa-se que a estrutura apresenta um quantitativo menor de caminhos quando comparado a estrutura da Figura 11 e conseqüentemente uma complexidade menor, reduzindo as possibilidades de caminhos vulneráveis. Para o processo da Entrada propõe-se a utilização da companhia de água e fontes alternativas, a primeira em função da possibilidade de um maior controle garantindo uma água com maior segurança, e a segunda como forma de descentralização da companhia aumentando

a disponibilidade hídrica da residência. Como as fontes alternativas são uma realidade dentro das residências, é importante que essas fontes de entrada sejam regulamentadas buscando garantir uma maior segurança para os usuários.

Em uma situação ideal o processo de armazenamento só aconteceria em situações específicas, com é o caso de edifícios verticais. Como a realidade dos nossos sistemas são serviços de abastecimento intermitentes e a transição para o abastecimento contínuo é um desafio significativo, demandando investimentos substanciais em infraestrutura, aprimoramento da gestão dos recursos hídricos e implementação de medidas para controle de perdas e garantia da capacidade de fornecimento (Solgi et al., 2015; Galaitsi et al., 2016; Agathokleous e Christodoulou, 2016; Figueiredo et al., 2023), não podendo ser alcançado em um curto prazo, sendo necessário inicialmente se adaptar a intermitência.

Portanto, para o processo de Armazenamento é proposta a utilização de reservatórios fixos, em função da sua menor vulnerabilidade tanto em termos de quantidade quanto de qualidade, quando comparado ao armazenamento móvel (WHO, 2017). Porém seu uso deve ser seguido de algumas recomendações para garantia da sua segurança: devem ser instalados em locais adequados garantindo acesso para manutenção e protegidos de intempéries; vedados adequadamente; realizado manutenção periódica; e devem ser feitos de materiais apropriados. Essas medidas auxiliam na redução de riscos de contaminação da água e consequentemente reduzem as chances desses reservatórios se tornarem ambientes de proliferação de doenças.

A água fornecida pela companhia já garante a qualidade de potabilidade, porém alguns aspectos organolépticos mesmo atendendo aos níveis de qualidade podem ser melhorados. Ao nível da residência essa transformação pode ser realizada com uso de filtração e desinfecção. Essa é uma prática que já acontece nas residências, e os usuários podem ser orientados a realizar de forma adequada garantindo que não interfiram negativamente na qualidade da água que chega da companhia.

Com relação aos Usos é recomendado que os usos potáveis e não potáveis sejam bem definidos e que a qualidade da água utilizada seja adequada ao seu uso, entendendo que distintos usos necessitam de níveis de qualidade diferentes, melhorando a eficiência do uso da água. A partir dessa separação a reutilização da água também pode ser realizada, aumentando a disponibilidade hídrica da residência e reduzindo a

geração de efluentes. É importante que esses sistemas sejam pensados desde da concepção do projeto das edificações, com instalações hidro sanitárias projetadas separadamente para cada tipo de água e destinada para os seus pontos de utilização. Para os efluentes que não podem ser reutilizados, os mesmos devem ser destinados ao sistema de esgotamento sanitário coletivo, com coleta, tratamento e destinação final adequados, garantindo a segurança dos usuários e do meio ambiente.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Não existe um padrão nas estruturas metabólicas levantadas neste estudo; observa-se a repetição de alguns grupos dentro de cada processo do metabolismo, mas uma diversidade na forma com esses grupos se conecta. Para a estrutura metabólica o processo de entrada e a intermitência do sistema de abastecimento são fatores determinantes para a forma como a água vai ser metabolizada.

A intermitência do sistema de abastecimento interfere no processo metabólico de entrada e armazenamento. Na entrada, a falta de água faz com que os usuários busquem outras alternativas para o abastecimento. Em relação ao armazenamento, os reservatórios são instalados para suprir os períodos de falta de água. Mesmo em situações de um bom funcionamento do sistema de abastecimento, os usuários mantêm o armazenamento, como forma de segurança para evitar problemas de falta de água no passado. O reservatório torna-se um dispositivo obrigatório dos domicílios, sendo incorporado na cultura do uso da água.

Nos domicílios, os usuários estão expostos a riscos de qualidade e quantidade da água. Os níveis de alta vulnerabilidade acontecem nos processos metabólicos de entrada e armazenamento, relacionados ao uso de fontes alternativas que não são regulamentadas e o uso de reservatórios móveis, os quais são mais sujeitos a contaminação. A ocorrência dos caminhos metabólicos de alta vulnerabilidade está relacionada à baixa capacidade de adaptação dos usuários, utilizando as formas disponíveis para a garantia do funcionamento do metabolismo.

Ao analisar o porte da cidade e a condição social das famílias, não foi identificado um padrão metabólico na análise desses grupos. Mas é possível identificar que os processos metabólicos mais vulneráveis também ocorrem nas cidades de pequeno porte e nas famílias de menor renda, tornando essas residências mais vulneráveis a situações de acesso a água inadequado.

Medidas podem ser tomadas para tornar a estrutura metabólica mais segura, como por exemplo o uso de entradas regulamentadas, que atendam aos níveis de qualidade e possibilitem medidas de controle. O fornecimento de abastecimento contínuo eliminando a necessidade de armazenamento, entretanto em uma situação de transição do abastecimento intermitente para o contínuo, a curto prazo o uso de reservatórios se faz necessário, sendo utilizado o reservatório fixo respeitando as

barreiras sanitárias necessárias para garantia da segurança dos usuários. A definição e separação dos usos potáveis e não potáveis, destinando a água correta em função do seu uso, possibilitando a recirculação e aumentando a disponibilidade hídrica.

Embora este estudo tenha seguido o máximo rigor metodológico, é importante reconhecer que algumas limitações podem ter influenciado os resultados obtidos, entre essas limitações, destacam-se as restrições relacionadas ao número de casos e à técnica de amostragem utilizada; e o viés das respostas dos questionários por meio do autorrelato e a compreensão do que estava sendo perguntado. Embora essas limitações não comprometam a relevância dos achados, elas devem ser consideradas para uma interpretação mais adequada dos resultados.

Sugere-se como trabalhos futuros: aumentar o número de coletas, possibilitando uma amostra representativa da população e que possibilite a utilização técnicas estatísticas mais robustas; aprofundar a relação entre o metabolismo social e o metabolismo urbano da água, entendendo melhor as condicionantes do metabolismo em diferentes escalas; entender como as estruturas metabólicas podem auxiliar a criação de políticas públicas que ajudem na construção de cidades mais justas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRAMS, A. L., CARDEN, K., TETA, C., & WÅGSÆTHER, K. Water, Sanitation, and Hygiene Vulnerability among Rural Areas and Small Towns in South Africa: Exploring the Role of Climate Change, Marginalization, and Inequality. *Water*, 13(20), 2810. <https://doi.org/10.3390/w13202810>. 2021.

ADGER, W. N. Vulnerability. *Global Environmental Change*, Amsterdam, v. 16, p. 268-281. 2006.

AGATHOKLEOUS, A.; CHRISTODOULOU, S. Vulnerability of urban water distribution networks under intermittent water supply operations. *Water Resources Management*, 30, 13, 4731-4750. <https://doi.org/10.1007/s11269-016-1450-3>. 2016.

ALBA, F. Geopolitics of Water in México: The Opposition Between The Hydropolicy and the Social Politics Strife. *The New Faces of The social 'Fightings'», Interacoes*, vol. 8, núm. 1, pp. 95-112. 2007.

ALBUQUERQUE, C. C., & RIBEIRO, P. J. Participatory governance for water management: A systematic review. *Water Resources Management*, 31(13), 4135-4148. 2017.

ALDAYA, M. M.; CHAPAGAIN, A. K.; HOEKSTRA, A. Y.; MEKONNEN, M. M. The water footprint assessment manual: setting the global standard (English). Washington, D.C. : World Bank Group. 2011.

ALIER, J. M. Injusticias hídricas: el agua corre hacia el poder. *Jornada*, La, 16 jan. 2013.

ALKHUDHIRI, A., DARWISH, N. A., & KHEDHER, N. B. Water desalination technologies. *Desalination*, 285, 1-10. 2012.

ACSELRAD, H.; HERCULANO, S.; PAULINO, S. *Justiça ambiental e cidadania*. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2004.

ACSELRAD, H. Ambientalização das lutas sociais - o caso do movimento por justiça ambiental. *Estudos Avançados*, 24(68), 103-119. <https://www.revistas.usp.br/eav/article/view/10469>. 2010.

ALVES, H. P. F. Vulnerabilidade socioambiental na metrópole paulistana: uma análise sociodemográfica das situações de sobreposição espacial de problemas e riscos sociais e ambientais. *Revista Brasileira de Estudos Populacionais*, São Paulo, v. 23, n. 1, p. 43-59. 2006.

ARNOLD, J. G., ET AL. SWAT: Model use, calibration, and validation. *Transactions of the ASABE*, 55(4), 1491-1508. 2012.

ARCILA, R. I. A.; MELO, T. A. M. Gestão de recursos hídricos: Governança e gerenciamento de conflitos pelo uso da água em região do semiárido nordestino. In: XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2019, Foz do Iguaçu. XXIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2019.

ATKINS, F., FLÜGEL, T., & HUGMAN, R. The urban water metabolism of Cape Town: Towards becoming a water sensitive city. *South African Journal of Science*, 117(5/6). <https://doi.org/10.17159/sajs.2021/8630>. 2021.

BAIN, R., ET AL. Global assessment of exposure to faecal contamination through drinking water based on a systematic review. *Environmental Science & Technology*, 48(9), 4687-4694. 2014.

BARDIN L. Análise de Conteúdo. 3. reimp. São Paulo: Edições 70; 2016.

BARTRAM, J. *Routledge Handbook of Water and Health* (1st ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315693606>. 2015.

BARKA, N., ELHALIL, A., & CHAFI, M. New advanced water treatment techniques and pollution assessment. *Environmental Science and Pollution Research*, 31(53), 61983–61984. <https://doi.org/10.1007/s11356-024-32559-9>. 2024.

BENDOR, T., LESTER, T. W., LIVENGOOD, A., DAVIS, A., & YONAVJAK, L. Estimating the size and impact of the ecological restoration economy. *PLOS ONE*, 10(6), e0128339. 2015.

BEZERRA, C. A.; SILVA, P. R. M. A governança das águas no Brasil: qual o papel dos municípios? *Estudos Avançados*, v. 33, n. 97, 2019.

BLAIKIE, P., CANNON, T., DAVIS, I., & WISNER, B. *At Risk: Natural Hazards, People's Vulnerability and Disasters* (2nd ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203714775>. 2014.

BOELENS, R.; CREMERS, L.; ZWARTEVEEN, M. (eds.) *Justicia hídrica: acumulación, conflicto y acción social*. Lima: IEP; Fondo Editorial PUCP, Justicia Hídrica. 2011.

BOTTERILL, L. C.; FISHER, M. *Beyond Drought: People, Policy, and Perspectives*. Cambridge University Press. 2018.

BRISCOE, J., & GREY, D. *Water security in a changing world*. Global Water Partnership. 2005

BROWNE, David; O'REGAN, Bernadette; MOLES, Richard. Material flow accounting in an Irish city-region 1992–2002. *Journal of Cleaner Production*, [S. l.], v. 19, n. 9–10, p. 967–976, 2011. ISSN: 09596526. DOI: 10.1016/j.jclepro.2011.01.007. 2011.

BROTO, V. C., ALLEN, A., & RAPOPORT, E. Interdisciplinary Perspectives on Urban Metabolism. *Journal of Industrial Ecology*, 16(6), 851–861. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2012.00556.x>. 2012.

BROWN, R. R., KEATH, N., WONG, T. H. F. Urban water management in cities: historical, current and future regimes. *Water Science & Technology*. 595. 847-855. 2009.

BUTLER, D., DIGMAN, C., MAKROPOULOS, C., & DAVIES, J.W. *Urban Drainage* (4th ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781351174305>. 2018.

CLARK, S. P., & SMITH, D. E. Inequities in urban water access. *Urban Water Journal*, 17(3), 239-248. 2020.

CRESWELL, J. W. *Projeto de Pesquisa*. 3ª. ed. Porto Alegre - RS: Artmed, 2010.

CRITTENDEN, J. C., TRUSSELL, R. R., HAND, D. W., HOWE, K. J., & TCHOBANOGLIOUS, G. (2012). *MWH's Water Treatment*. John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/9781118131473>. 2012.

CPRM - Serviço Geológico do Brasil. Ação emergencial para delimitação de áreas em alto e muito alto risco a enchentes e movimentos de massa: Campina Grande, Paraíba. [Relatório técnico]. Serviço Geológico do Brasil – CPRM. 2013

CUNHA, F. C. Qual água beber: envasada ou torneira? O caso Natal, Brasil. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária). Pós-Graduação em Engenharia Sanitária, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2015.

CURRIE, Paul Klugman; MUSANGO, Josephine Kaviti. African Urbanization: Assimilating Urban Metabolism into Sustainability Discourse and Practice. *Journal of Industrial Ecology*, [S. l.], v. 21, n. 5, p. 1262–1276, 2017. ISSN: 10881980. DOI: 10.1111/jiec.12517. 2017.

CURRIE, Paul Klugman; MUSANGO, Josephine Kaviti; MAY, Nhlanhla Desire. Urban metabolism: A review with reference to Cape Town. *Cities*, [S. l.], v. 70, p. 91–110, 2017. ISSN: 02642751. DOI: 10.1016/j.cities.2017.06.005. 2017.

CUTTER, S. L. Vulnerability to environmental hazards. *Progress in Human Geography*, 20(4), 529-539. 1996.

DEL GRANDE, M. H. *DISTRIBUIÇÃO E ACESSO À ÁGUA EM CAMPINA GRANDE: Uma análise a partir da Ecologia Política*. Tese (Doutorado em Recursos Naturais). Pós-Graduação em Recursos Naturais, Universidade Federal de Campina, 2016.

DEL GRANDE, M. H., GALVÃO, C. O., MIRANDA, L. I. B. DE, & GUERRA SOBRINHO, L. D. (2016). The perception of users about the impacts of water rationing on their household routines. *Ambiente & Sociedade*, 19(1), 163–182. <https://doi.org/10.1590/1809-4422asoc150155r1v1912016>

DIAS, D. M., MARTINEZ, C. B., & LIBÂNIO, M. (2010). Avaliação do impacto da variação da renda no consumo domiciliar de água. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 15(2), 155–166. <https://doi.org/10.1590/S1413-41522010000200008>

DINIZ, T. G. Vulnerabilidade ao desabastecimento em situação de intermitência no abastecimento de água. Universidade Federal de Campina Grande. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental). Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental. 2019.

DINIZ, T. G., GRANDE, M. H. DEL, & GALVÃO, C. DE O. (2021). Vulnerabilidade domiciliar em situação de intermitência no abastecimento de água. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 26(3), 535–543. <https://doi.org/10.1590/s1413-415220190038>

DOMINGUEZ, A.; ACHKAR, M.; FERNÁNDEZ, G.; As estratégias da sociedade frente aos processos de privatização da água: conquistas e desafios no uruguai En: O direito à água como política pública na América Latina : uma exploração teórica e empírica / editores: José Esteban Castro, Léo Heller, Maria da Piedade Moraes. – Brasília: Ipea, 2015.

EMAMJOMEHZADEH, O., Kerachian, R., Emami-Skardi, M. J., & Momeni, M. Combining urban metabolism and reinforcement learning concepts for sustainable water resources management: A nexus approach. *Journal of Environmental Management*, 329, 117046. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.117046>. 2023.

ESPÍRITO SANTO, P. Introdução à Metodologia das Ciências Sociais: Gênese, Fundamentos e Problemas. Lisboa: Edições Sílabo. 2010.

FAROOQUI, T. A., RENOULF, M., KENWAY, S. A metabolism perspective on alternative urban water servicing options using water mass balance. *Water Research*, 106, 415-428. 2016.

FIGUEIREDO, A. A. DE O., CABRAL, J. J. DA S. P., SILVA, S. R. DA, & BEZERRA, S. DE T. M. Avaliação e potencial de redução de perdas de água em cidades do Estado de Pernambuco com escassez hídrica e abastecimento intermitente. *Journal of Environmental Analysis and Progress*, 8(3), 212–225. <https://doi.org/10.24221/jeap.8.3.2023.5465.212-225>. 2023.

FIORET, C. Water Justice as Socioenvironmental Justice. *Ethics, Policy & Environment*, p. 1–16, 23 jun. 2022.

FONSECA, J. S., & MARTINS, G. A. Curso de estatística. 6 ed. São Paulo: Atlas. 2012.

FREITAS, A. C. P. Segurança e justiça na construção da Política Nacional dos Recursos Hídricos: o caminho para uma governança sustentável. *Revista Internacional de Direito Ambiental*. Ano VIII, n.24. Caxias do Sul, RS: Plenu. 336p. 2019.

GALAITSI, S., RUSSELL, R., BISHARA, A., DURANT, J. L., BOGLE, J., & HUBER-LEE, A. Intermittent domestic water supply: A critical review and analysis of causal-consequential pathways. *Water*, 8(7), 274. 2016.

GASSON, B. The ecological footprint of Cape Town: Unsustainable resource use and planning implications, SAPI International conference: Planning Africa, Durban South Africa. 2002.

GATO-TRINIDAD, S., JAYASURIYA, N., & ROBERTS, P. Understanding urban residential end uses of water. *Water Science and Technology*, 64(1), 36–42. <https://doi.org/10.2166/wst.2011.436>. 2011.

GENTES, I. Políticas hídricas, institucionalidad compleja y conflictos transfronterizos en Nicaragua. (eds) Boelens, Rutgerd; Cremers, Leontien; Zwarteveen, Margreet Lima: IEP; Fondo Editorial PUCP, Justicia Hídrica. 2011.

GLEICK, P. H. Basic water requirements for human activities: Meeting basic needs. *Water International*, 21(2), 83-92. 1996.

GLEICK, P. H. Global Freshwater Resources: Soft-Path Solutions for the 21st Century. *Science*, 302(5650), 1524-1528. DOI: 10.1126/science.1089919. 2003.

GIL, A.C. Estudo de caso. 1ª edição. 148p. São Paulo: Atlas, 2009.

GILG, A., & BARR, S. Behavioral attitudes towards water saving? Evidence from a study of environmental actions. *Ecological Economics*, 57(3), 400-414. 2006.

GIRARDET, H. The metabolism of cities. In: Cadman, D., Payne, G., *The Living City: Towards a Sustainable Future*. Routledge, Londres, p. 170 - 180. 1990.

GIUSTOLISI, O., ET AL. (2021). Smart water management systems: A review of the state-of-the-art. *Water Research*, 195, 116912. 2021.

GOMES, D. J. C., SOUSA, É. V. S., FERREIRA, N. S., LOBATO, R. R. DA C., RIBEIRO, B. F., & DIAS, G. F. DE M. (2021). Vulnerabilidade à erosão hídrica do solo, bacia hidrográfica do rio Araguaia. *Revista Brasileira de Geografia Física*, 14(2), 816–833. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v14.2.p816-833>. 2021.

GONZALEZ DE MOLINA, M.; TOLEDO, V. M. *The Social Metabolism: A Socio-Ecological Theory of Historical Change*. Cham: Springer, 2014.

GURUNG, T. R., STEWART, R. A., BEAL, C. D., & SHARMA, A. K. Smart meter enabled water end-use demand data: Enhanced analytics and policy implications. *Utilities Policy*, 46, 101-113. 2017.

HABERL, H. The Energetic Metabolism of Societies, Part I: Accounting Concepts. *Journal of Industrial Ecology* 5(1): 11-33. 2001.

HABERL, Helmut. The global socioeconomic energetic metabolism as a sustainability problem. *Energy*, [S. l.], v. 31, n. 1, p. 87–99, 2006. ISSN: 03605442. DOI: 10.1016/j.energy.2004.04.045. 2006.

HARRIS, L.M.; RODINA, L.; MORINVILLE, C. Revisiting the Human Right to Water from an environmental justice lens. *Polit. Groups Identities*, 3, 660–665. <https://doi.org/10.1080/21565503.2015.1080619>. 2015.

HE, B.; CHEN, T.; YANG, X. Root cause analysis in multivariate statistical process monitoring: Integrating reconstruction-based multivariate contribution analysis with fuzzy-signed directed graphs. *Computers & Chemical Engineering*, v. 64, p. 167–177, maio 2014.

HELLER L. *The Human Rights to Water and Sanitation*. Cambridge University Press; 2022.

HERING, J. G., ET AL. The role of water resources in a sustainable urban future. *Environmental Science & Technology*, 49(14), 8452-8460. 2015.

HOEKSTRA, A. Y., & MEKONNEN, M. M. The water footprint of humanity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(9), 3232-3237. 2011.

HONG, Y.; PARK, J. Exploring circular water options for a water-stressed city: Water metabolism analysis for Paju City, South Korea. *Sustainable Cities and Society*, v. 89, p. 104355, fev. 2023.

HOWARD, G., & BARTRAM, J. *Domestic water quantity, service level and health*. World Health Organization. 2003

HUANG, C.; VAUSE, J.; MA, H.; YU, C. Urban water metabolism efficiency assessment: Integrated analysis of available and virtual water. *Science of The Total Environment*, [S. l.], v. 452–453, p. 19–27, ISSN: 00489697. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2013.02.044. 2013.

HUNTER, P. R.; MACDONALD, A. M.; CARTER, R. C. Water supply and health. *PLoS Med.* 2010 Nov 9;7(11):e1000361. doi: 10.1371/journal.pmed.1000361. PMID: 21085692; PMCID: PMC2976720. 2010.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Censo demográfico 2010*. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Regiões de Influência das Cidades*. Rio de Janeiro: IBGE, 2018.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. *Atlas de saneamento: abastecimento de água e esgotamento sanitário*. Rio de Janeiro: [s.n.]. 2021.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Estimativas populacionais 2022. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/sociais/populacao.html>. Acesso em: 05 mai. 2023.

IPEA - INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. ODS 6 – Água potável e saneamento. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/ods/ods6.html>. Acesso em: 2 out. 2023.

IPCC - INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press, 2022. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg2/>. Acesso em: 2 jun. 2023.

ISCH LÓPEZ, E. “Justicia Hídrica: Una Sistematización Conceptual Introductoria.” In Agua, Injusticia Y Conflictos, edited by Edgar Isch López, Rutgerd Boelens, and Francisco Peña, 21–44. Lima: Justicia Hídrica; CBC; Fondo Editorial PUCP; IEP. 2012.

JAIN, M., KUMAR, P., & YADAV, S. Intermittent water supply: Prevalence, practice, and impact on drinking water quality. *Water Science and Technology: Water Supply*, 14(6), 1044-1053. 2014.

JOHN, B., LUEDERITZ, C., LANG, D. J., & VON WEHRDEN, H. Toward Sustainable Urban Metabolisms. From System Understanding to System Transformation. *Ecological Economics*, 157, 402–414. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.12.007>. 2019.

KENNEDY, Christopher; CUDDIHY, John; ENGEL-YAN, Joshua. The Changing Metabolism of Cities. *Journal of Industrial Ecology*, [S. l.], v. 11, n. 2, p. 43–59, 2007. ISSN: 10881980. DOI: 10.1162/jie.2007.1107. 2007.

KENNEDY, C., PINCETL, S., & BUNJE, P. The study of urban metabolism and its applications to urban planning and design. *Environmental Pollution*, 159, 1965–1973. 2011.

KENNEDY, C., STEWART, I. D., IBRAHIM, N., FACCHINI, A., MELE, R. Developing a multi-layered indicator set for urban metabolism studies in megacities. *Ecological Indicators*, 47, 7-15. 2014.

KENNEDY, C. A., STEWART, I., FACCHINI, A., CERSOSIMO, I., MELE, R., CHEN, B., SAHIN, A. D. Energy and material flows of megacities. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112, 5985–5990. 2015.

KENWAY, S., GREGORY, A., MCMAHON, J. Urban water mass balance analysis. *Journal of Industrial Ecology*, 15, 693–706. 2011.

KNEALE, D. ET AL. Conceptualising causal pathways in systematic reviews of international development interventions through adopting a causal chain analysis approach. *Journal of Development Effectiveness*, v. 10, n. 4, p. 422–437, 2 out. 2018.

KOHLITZ, J. P., CHONG, J., & WILLETTS, J. Climate change vulnerability and resilience of water, sanitation, and hygiene services: a theoretical perspective. *Journal of Water, Sanitation and Hygiene for Development*, 7(2), 181–195. <https://doi.org/10.2166/washdev.2017.134>. 2017.

KRAUSMANN, F.; HABERL, H. The process of industrialization from the perspective of energetic metabolism. *Socioeconomic energy flows in Austria 1830-1995. Ecological Economics* 41(2): 177-201. 2002.

KRAUSMANN F, FISCHER-KOWALSKI M, SCHANDL H, EISENMENGER N. The global socio-metabolic transition: past and present metabolic profiles and their future trajectories. *Journal of Industrial Ecology*, in press. 2008.

KUMPEL, E., & NELSON, K. L. Intermittent water supply: Prevalence, practice, and microbial water quality. *Environmental Science & Technology*, 50(2), 542-553. 2016.

LANTAGNE, D. S., R. QUICK, E. D. MINTZ. Household water treatment and safe storage options in developing countries: A review of current implementation practices. Washington, DC: Wilson Center. 2006.

MACHADO, C. J. S. “Experiências Internacionais de Gestão de Águas Interiores: Uma Análise Comparada com o Arcabouço Jurídico Brasileiro”, *Revista Forense Eletrônica (Suplemento)*, Rio de Janeiro v. 356, agosto, 2001.

MARINHO, S. D. A. M.; GALVÃO, C. O.; MIRANDA, L. I. B. A cidade sensível à água sob a perspectiva do metabolismo urbano e da análise da produção do espaço. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, [S. l.], v. 25, n. 5, p. 727–737, 2020. ISSN: 1809-4457. DOI: 10.1590/s1413-41522020191392. 2020.

MARX, K. *Capital*, vol. III. Penguin Books, Londres. 1981.

MIAO, X. et al. The latent causal chain of industrial water pollution in China. *Environmental Pollution*, v. 196, p. 473–477, jan. 2015.

NEUMAYER, E.; PLÜMPER, T. The Gendered Nature of Natural Disasters: The Impact of Catastrophic Events on the Gender Gap in Life Expectancy, 1981–2002. *Annals of the Association of American Geographers*, [S. l.], v. 97, n. 3, p. 551–566, 2007. ISSN: 0004-5608. DOI: 10.1111/j.1467-8306.2007.00563.x. 2007.

NEWMAN, Peter W. Sustainability and cities: extending the metabolism model. *Landscape and Urban Planning*, [S. l.], v. 44, n. 4, p. 219–226, 1999. ISSN: 01692046. DOI: 10.1016/S0169-2046(99)00009-2. 1999.

NEZAMI, N. et al. A novel hybrid systemic modeling into sustainable dynamic urban water metabolism management: Case study. *Sustainable Cities and Society*, v. 85, p. 104065, out. 2022.

NIZA, Samuel; ROSADO, Leonardo; FERRÃO, Paulo. Urban Metabolism. *Journal of Industrial Ecology*, [S. l.], v. 13, n. 3, p. 384–405, 2009. ISSN: 10881980. DOI: 10.1111/j.1530-9290.2009.00130.x. 2009.

NOVOTNY, Vladimir; AHERN, Jack; BROWN, Paul. *Water Centric Sustainable Communities*. [s.l.] : Wiley, 2010. ISBN: 9780470476086. DOI: 10.1002/9780470949962. 2010.

NUNES, T. H. C.; RIBEIRO, M. M. R. Conflitos de segunda ordem no Eixo Leste do Projeto de Integração do Rio São Francisco: análise por meio da metodologia da Cadeia Causal. *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, v. 26, n. 4, p. 627–637, ago. 2021.

OCDE. THE ORGANISATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT. *OECD Principles on Water Governance*, OECD Publishing, 2015.

OMS/UNICEF - Organização Mundial da Saúde/Fundo das Nações Unidas para a Infância (UNICEF). *Relatório Conjunto sobre Acesso à Água Potável e Saneamento Básico em Países em Desenvolvimento*. [Relatório]. OMS/UNICEF. 2021.

ONU - ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. *Transformando nosso mundo: a agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável*. Nova Iorque: ONU, 2015. Disponível em: <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/21252030%20Agenda%20for%20Sustainable%20Development%20web.pdf>. Acesso em: 5 mai 2023

OROZCO-HERNÁNDEZ, M. E.; VENANCIO-FLORES, A.; GUTIÉRREZ, S. F. Metabolismo de la gestión del agua en la ciudad de Toluca, México. *Revista de Direito da Cidade*, v. 14, n. 2, 18 abr. 2022.

PAHL-WOSTL, C. *Water Governance in the Face of Global Change: From Understanding to Transformation*. Springer. 2015.

PAHL-WOSTL, C. An Evolutionary Perspective on Water Governance: from understanding to transformation. *Water Resources Management*, v. 31, n. 10, p. 2917-2932. 2017.

PAKULA, C., STAMMINGER, R. Electricity and water consumption for laundry washing by washing machine worldwide. *Energy Efficiency* 3, 365–382 (2010). <https://doi.org/10.1007/s12053-009-9072-8>. 2010.

PALMER, M. A., ET AL. Reducing the impacts of dam removal on river ecosystems. *Nature*, 505(7483), 293-298. 2014.

PAMMINGER, F., & KENWAY, S. Urban metabolism - improving the sustainability of urban water systems. *Water*, 35, 28-29. 2008

PANFICHI, A.; CORONEL, O.; Los conflictos hídricos en el Perú 2006-2010: una lectura panorámica.(eds) Boelens, Rutgerd; Cremers, Leontien; Zwarteveen, Margreet (eds.) Lima: IEP; Fondo Editorial PUCP, Justicia Hídrica. 2011.

PELLING, M. The Vulnerability of Cities: Natural Disasters and Social Resilience. Earthscan. 2003.

RATHNAYAKA, K., MALANO, H., ARORA, M., GEORGE, B., MAHEEPALA, S., & NAWARATHNA, B. Prediction of urban residential end-use water demands by integrating known and unknown water demand drivers at multiple scales I: Model development. *Resources, Conservation and Recycling*, 117, 85–92. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.11.014>. 2017.

RENOULF, M., KENWAY, S. Evaluation Approaches for Advancing Urban Water Goals. *Journal of Industrial Ecology*. 2016.

RENOULF, M.; KENWAY, S.; SERRAO-NEUMANN, S.; CHOY, D.L. Urban metabolism for planning water sensitive cities; Concept for an urban water metabolism evaluation framework. Clayton, Cooperative Research Centre for Water Sensitive Cities, 2016.

RENOULF, M. A., SERRAO-NEUMANN, S., KENWAY, S. J., MORGAN, E. A., LOW CHOY, D. Urban water metabolism indicators derived from a water mass balance - Bridging the gap between visions and performance assessment of urban water resource management. *Water Research*, 122, 669-677. 2017.

RENOUF, M. A.; KENWAY, S. J.; LAM, K. L.; WEBER, T.; ROUX, E.; SERRAO-NEUMANN, S.; CHOY, D. L.; MORGAN, E. A. Understanding urban water performance at the city-region scale using an urban water metabolism evaluation framework. *Water Research*, [S. l.], v. 137, p. 395–406, 2018. ISSN: 18792448. DOI: 10.1016/j.watres.2018.01.070. 2018.

REYNAUD, A. Modelling household water demand in Europe. Publications Office of the EU. 2015.

RIBEIRO, K. T. S. Água e saúde humana em Belém. Coleção MEGAM. Ed. Cejup. Belém. 280 p. 2004.

RIBEIRO, N. B.; JOHNSON, R. M. F. Discussões sobre governança da água: padrões e caminhos comuns. *Ambiente & Sociedade*, v. 21, 2018.

RICHARDSON, S. D., PLEWA, M. J., WAGNER, E. D., SCHOENY, R., & DEMARINI, D. M. (2007). Occurrence, genotoxicity, and carcinogenicity of regulated and emerging disinfection by-products in drinking water: A review and roadmap for research. *Mutation Research/Reviews in Mutation Research*, 636(1-3), 178-242. 2007.

ROGERS, R., GUMUCHDJIAN, P. Cites for a small planet. 1ª Edição. London: Faber and faber. 1997.

ROCKSTRÖM, J., ET AL. Water resilience for human prosperity. Cambridge University Press. 2014.

SALEEM, H., ZAIDI, S. J., ISMAIL, A. F., GOH, P. S., & VINU, A. RECENT ADVANCES IN THE APPLICATION OF CARBON NITRIDES FOR ADVANCED WATER TREATMENT AND DESALINATION TECHNOLOGY. DESALINATION, 542, 116061. [HTTPS://DOI.ORG/10.1016/J.DESAL.2022.116061](https://doi.org/10.1016/j.desal.2022.116061). 2022.

SANTOS, M. R. DA S., VITORINO, M. I., & PIMENTEL, M. A. DA S. (2017). Vulnerabilidade e mudanças climáticas: análise socioambiental em uma mesorregião da Amazônia. Ambiente e Agua - An Interdisciplinary Journal of Applied Science, 12(5), 842. <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.2017>. 2017.

SANTOS, T. M. M., OLIVEIRA, J. L. S., SILVA, E. VULNERABILIDADE HÍDRICA NO NORDESTE BRASILEIRO: ENTRE A URBANIZAÇÃO E A EDUCAÇÃO AMBIENTAL VULNERABILIDAD HÍDRICA EN EL NORDESTE BRASILEÑO: ENTRE LA URBANIZACIÓN Y LA EDUCACIÓN AMBIENTAL WATER VULNERABILITY IN THE BRAZILIAN NORTHEAST: BETWEEN URBANI. REMEA - REVISTA ELETRÔNICA DO MESTRADO EM EDUCAÇÃO AMBIENTAL, 35(3), 184–199. [HTTPS://DOI.ORG/10.14295/REMEA.V35I3.8206](https://doi.org/10.14295/REMEA.v35i3.8206). 2018.

SASI KUMAR, N., CHAUHAN, M. S. Treatment of Car Washing Unit Wastewater—A Review. In: Singh, V., Yadav, S., Yadava, R. (eds) Water Quality Management. Water Science and Technology Library, vol 79. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-5795-3_21. 2018.

SEIJGER, C. How shifts in societal priorities link to reform in agricultural water management: Analytical framework and evidence from Germany, India and Tanzania. Science of The Total Environment, [S. l.], v. 886, p. 163945. ISSN: 00489697. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2023.163945. 2023.

SERRAO-NEUMANN, S., RENOULF, M., KENWAY, S. J., LOW CHOY, D. Connecting land-use and water planning: Prospects for an urban water metabolism approach. Cities, 60, 13-27. 2017.

SERRAO-NEUMANN, Silvia; RENOUF, Marguerite A.; MORGAN, Edward; KENWAY, Steven J.; LOW CHOY, Darryl. Urban water metabolism information for planning water sensitive city-regions. Land Use Policy, [S. l.], v. 88, p. 104144, 2019. ISSN: 02648377. DOI: 10.1016/j.landusepol.2019.104144. 2019.

SHERPA, A. M., KOOTTATEP, T., ZURBRÜGG, C., & CISSÉ, G. Vulnerability and adaptability of sanitation systems to climate change. Journal of Water and Climate Change, 5(4), 487–495. <https://doi.org/10.2166/wcc.2014.003>. 2014.

SHIELDS, K. F., BAIN, R. E. S., CRONK, R., WRIGHT, J. A., & BARTRAM, J. Association of Supply Type with Fecal Contamination of Source Water and Household Stored Drinking Water in Developing Countries: A Bivariate Meta-analysis. Environmental Health Perspectives, 123(12), 1222–1231. <https://doi.org/10.1289/ehp.1409002>. 2015.

SIENA, O. Metodologia da Pesquisa Científica: elementos para elaboração e apresentação de trabalhos acadêmicos. Porto Velho: PPGMAD, 2007.

SILANS, A. M. B. P.; SILVA JÚNIOR, W. R.; GADELHA, C. L. M.; FILGUEIRA, H. J. A.; GOMES, A. M. Integrated water management for the Epitácio Pessoa Reservoir in the semi-arid region of Brazil. IAHS-AISH Publication, v. 317, p. 711 - 716. 2007.

SILVA, J. F. C. B. C.; SILVA, R. M.; SANTOS, C. A. G.; SILVA, A. M.; VIANNA, P. C. G. Analysis of the response of the Epitácio Pessoa reservoir (Brazilian semiarid region) to potential future drought, water transfer and LULC scenarios. Natural Hazards, v. 107, p. 1-25, 2021.

SILVEIRA, S. M. B., SILVA, M. DAS G. (2019). Conflitos socioambientais por água no Nordeste brasileiro: expropriações contemporâneas e lutas sociais no campo. Revista Katálisis, 22(2), 342–352. <https://doi.org/10.1590/1982-02592019v22n2p342>

SINISA (Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico). Diagnóstico dos serviços de água e esgoto – SNIS 2022. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento. Brasília, DF: MDR, 2023.

SINISA (Sistema Nacional de Informações em Saneamento Básico). Diagnóstico dos serviços de água e esgoto – SNIS 2023. Ministério do Desenvolvimento Regional. Secretaria Nacional de Saneamento. Brasília, DF: MDR, 2024.

SLAYMAKER, T., & BAIN, R. Access to drinking water. Unicef. 2007.

SOLGI, M.; HADDAD, O. B.; SEIFOLLAHI-AGHMIUNI, S.; LOÁICIGA, H. A. Intermittent Operation of Water Distribution Networks Considering Equanimity and Justice Principles. Journal of Pipeline Systems Engineering and Practice, 6, 4, 1-11. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)PS.1949-1204.0000198](https://doi.org/10.1061/(ASCE)PS.1949-1204.0000198). 2015.

SULTANA, F. Suffering for water, suffering from water: Emotional geographies of resource access, control and conflict. Geoforum, 42(2), 163–172. doi:10.1016/j.geoforum.2010.12.002. 2011.

TRIFUNOVIĆ, N. Introduction to Urban Water Distribution. Taylor & Francis. 2006.

UCC - UNITED CHURCH OF CHRIST COMMISSION FOR RACIAL JUSTICE. *Toxic Wastes and Race in the United States: A National Report on the Racial and Socio-Economic Characteristics of Communities with Hazardous Waste Sites*. New York: United Church of Christ, 1987.

VAIRAVAMOORTHY, K., GORANTIWAR, S. D., & PATHIRANA, A. Managing urban water supplies in developing countries – Climate change and water scarcity scenarios. Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C, 32(15-18), 330-339. 2007.

WANG, L.; ZENG, W.; CAO, R.; ZHUO, Y.; FU, J.; WANG, J. Overloading risk assessment of water environment-water resources carrying capacity based on a novel

Bayesian methodology. *Journal of Hydrology*, [S. l.], v. 622, p. 129697, 2023. ISSN: 00221694. DOI: 10.1016/j.jhydrol.2023.129697, 2023.

WAERF - WATER ENVIRONMENT RESEARCH FOUNDATION. Commercial water use and water-use efficiency: Understanding the Commercial, Institutional and Industrial Sectors. WERF, 2010. Disponível em: <https://www.werf.org>. Acesso em: 02 mai. 2024. 2010.

WHITTINGTON, D., ET AL. Water and Sanitation Services for the Poor: An Introduction to the Special Issue. *Water Economics and Policy*. 2019.

WHO. Guidelines for Drinking-water Quality. World Health Organization. 2017.

WILLIS, R. M., STEWART, R. A., PANUWATWANICH, K., WILLIAMS, P. R., & HOLLINGSWORTH, A. L. Quantifying the influence of environmental and water conservation attitudes on household end use water consumption. *Journal of Environmental Management*, 92(8). 2011.

WOLMAN, A. The Metabolism Of Cities. *Scientific American*, 213, 179-190, 1965.

WONG, T. H. F. An Overview of Water Sensitive Urban Design Practices in Australia. *Water Practice & Technology Vol 1 No 1*. 2006.

WONG, T. H. F. & BROWN, R. R. The Water Sensitive City: Principles For Practice. *Water Science And Technology*, 60, 673-682. 2009.

WRIGHT, J., GUNDRY, S., CONROY, R. Household drinking water in developing countries: a systematic review of microbiological contamination between source and point-of-use. *Tropical Medicine & International Health*, 9(1), 106–117. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3156.2003.01160.x>. 2004.

ZANETI, R.; ETCHEPARE, R.; RUBIO, J. Car wash wastewater reclamation: Full-scale application and upcoming features. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 55, n. 11, p. 953-959, 2011.

ZHANG, Y.; YANG, Z.; FATH, B. D. Ecological network analysis of an urban water metabolic system: Model development, and a case study for Beijing. *Science of The Total Environment*, [S. l.], v. 408, n. 20, p. 4702–4711, 2010. ISSN: 00489697. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2010.06.019. 2010.

ZHANG, Y. Urban metabolism: A review of research methodologies. *Environmental Pollution*, 178, 463-473. 2013.

ZHANG, Z., ET AL. Recent developments in membrane technology for water treatment. *Water Science and Technology*, 74(6), 1397-1410. 2016.

ZHANG, Y., YANG, Z., YU, X. Urban Metabolism: A Review of Current Knowledge and Directions for Future Study. *Environmental Science & Technology*, 49(19), 11247–11263. <https://doi.org/10.1021/acs.est.5b03060>. 2015.

ZHANG, G.; HUANG, G.; LIU, L.; NIU, G.; LI, J.; MCBEAN, E. Ecological network analysis of an urban water metabolic system based on input-output model: A case study of Guangdong, China. *Science of The Total Environment*, [S. l.], v. 670, p. 369–378, 2019. ISSN: 00489697. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2019.03.132. 2019.

ZIERVOGEL, G. Reframing adaptation: The political nature of climate change response in Cape Town. *Global Environmental Change*, 41, 256-264. 2016.

ZWARTEVEEN, M. Z.; BOELEN, R. Defining, researching and struggling for water justice: some conceptual building blocks for research and action. *Water International*, v. 39, n. 2, p. 143–158, 2014.

ANEXO I – QUESTIONÁRIO DE PESQUISA

Acesso e Usos da Água Residencial

Este formulário faz parte da pesquisa de doutorado do estudante Diego Souza de Oliveira, aluno regular do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil e Ambiental (PPGECA) da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), sob a orientação do Professor Dr. Carlos de Oliveira Galvão.

O trabalho tem como objetivo avaliar as formas de acesso e uso da água na escala residencial, identificando os impactos causados por sistemas intermitentes de abastecimento de água.

As informações coletadas serão usadas exclusivamente para o desenvolvimento da pesquisa e os participantes em nenhum momento serão identificados.

CONTATO: diego.souza@estudante.ufcg.edu.br

diego.souza@estudante.ufcg.edu.br [Mudar de conta](#)

 Não compartilhado



Rascunho salvo.

* Indica uma pergunta obrigatória

E-mail

Sua resposta

Região *

- Nordeste
- Norte
- Centro-Oeste
- Sudeste
- Sul

Estado (Sigla) *

Sua resposta

Cidade e Bairro *

Sua resposta

Quantidade de Residentes no Domicílio *

Sua resposta

Renda da família *

- Até 1 salário mínimo
- Entre 1 e 2 salários mínimos
- Entre 2 e 3 salários mínimos
- Entre 3 e 5 salários mínimos
- Acima de 5 salários mínimos

01. Quais as fontes de água, que entram na residência, usadas atualmente ou que já foram usadas em algum momento (Pode marcar mais de uma opção) *

- Companhia de Água
- Garrafão Mineral
- Água de Chuva
- Poço
- Carro Pipa
- Carro da Água
- Barreiro (Pequenos barramentos)
- Represa
- Outros

Se tiver marcado outros na pergunta anterior, apresente aqui as outras fontes.

Sua resposta

02. Descreva como cada uma das fontes marcadas na Questão 01 são/foram usadas. *

Sua resposta

03. Caso a residência possua alguma forma de armazenamento de água, como é *
feito esse armazenamento? (Pode marcar mais de uma opção)

- Caixa de água
- Baldes
- Garrafas
- Cisterna
- Toneis
- Tanque
- Não há armazenamento de água
- Outros

Se tiver marcado outros na pergunta anterior, apresente aqui as outras formas de armazenamento.

Sua resposta

04. Descreva o porque e em qual situação ocorre o/os armazenamento/s *
marcado/s na Questão 03. (Caso não tenha armazenamento, escrever não)

Sua resposta

05. É realizado algum tratamento da água, dentro da residência, antes do uso? *

- Filtração
- Desinfecção (Ex: adição de cloro, fervura, etc)
- Não há tratamento
- Outros

Se tiver marcado outros na pergunta anterior, apresente aqui as outras formas de tratamento.

Sua resposta

06. Se for realizado algum tratamento relate em qual água é feito o tratamento e descreva como esse processo acontece, detalhando quais instrumentos e/ou produtos são utilizados? (Caso não tenha tratamento, escrever não) *

Sua resposta

07. Quais os usos da água na residência? (Pode marcar mais de uma opção) *

- Cozinhar
- Beber
- Lavar louças
- Higiene Pessoal
- Bacia Sanitária
- Ducha Sanitária
- Lavar roupa
- Limpeza geral da casa
- Lavagem de Carro/Moto/Bicicleta
- Jardim/Rega de plantas
- Cuidados com animais
- Lazer (Ex: Piscina)
- Comercial (Ex: Salão, Venda de alimentos)
- Outros

Se tiver marcado outros na pergunta anterior, apresente aqui as outras formas de uso.

Sua resposta _____

08. Quais os usos da água são realizados fora da residência? (Pode marcar mais *
de uma opção)

- Lavagem de Carro (Ex: Lava-Jato)
- Lavagem de Roupas (Ex: Lavanderia)
- Limpeza de Animais (Ex: Pet Shop)
- Não há usos fora da residência
- Outros

Se tiver marcado outros na pergunta anterior, apresente aqui os outros usos realizado fora da residência.

Sua resposta

09. Em algum momento sua residência já doou ou recebeu água dos vizinhos? *

- Fez doação de água
- Recebeu água
- Não aconteceu essa situação

10. Se tiver acontecido doação e/ou recebimento de água de vizinhos, em que momento e porque isso aconteceu? (Caso não tenha acontecido, escrever não) *

Sua resposta

11. Qual o destino do efluente (esgoto)? (Pode marcar mais de uma opção) *

- Sistema de Esgotamento Sanitário
- Fossa
- Reutilizada na limpeza
- Reutilizada para rega de plantas
- Outros

Se tiver marcado outros na pergunta anterior, apresente aqui as outras formas de destino dos efluentes (esgoto).

Sua resposta _____

12. Caso tenha marcado alguma forma de reutilização dos efluentes (esgoto) na Questão 11, descreva como isso acontece (Caso não tenha reutilização, escrever não) *

Sua resposta _____

13. Caso a sua residência esteja ligada a rede de água da companhia, o abastecimento fornecido pela mesma apresenta alguma intermitência (falta de água)? *

- Não têm ligação de água com a companhia
- Não há falta de água
- Falta água, mas não têm uma regularidade
- Falta água, mas com aviso prévio da companhia
- Falta água mensalmente
- Falta água semanalmente
- Falta água diariamente
- Não sei responder

14. Em relação água fornecida pela companhia, quantas vezes na semana FALTA água na sua residência? *

- Não têm ligação de água com a companhia
- Não há falta de água
- Falta água, mas não têm uma regularidade
- 1 vez por semana
- 2 vezes por semana
- 3 vezes por semana
- 4 vezes por semana
- 5 vezes por semana
- 6 vezes por semana
- Todos os dias
- Não sei responder

15. Nos dias que tem água da companhia, por quanto tempo em horas a água é fornecida? *

- Não têm ligação de água com a companhia
- Menos de 1h por dia
- Entre 1h e 2h por dia
- Entre 3h e 5h por dia
- Entre 5h e 10h por dia
- Entre 10h e 24h por dia
- 24h por dia
- Não sei responder

16. Caso a residência receba água da companhia em um turno específico, qual seria esse turno? *

- Não têm ligação de água com a companhia
- Manhã (06h às 12h)
- Tarde (12h às 18h)
- Noite (18h às 00h)
- Madrugada (00h às 06h)
- Tem água em todos os turnos
- Não sei responder

17. Se acontece falta de água, descreva como ocorre e se essa falta é regular, *
apresentando os dias e/ou horários que a residência costuma receber água.
Descreva também os impactos da falta de água na rotina. (Caso não ocorra falta
de água, escrever não)

Sua resposta

18. A situação do acesso a água era diferente no passado? Você consegue *
descrever quais as mudanças aconteceram ao longo do tempo, no acesso e uso
da água na sua residência? (Caso não tenha ocorrido mudanças, escrever não)

Sua resposta

19. Caso deseje você pode deixar alguma informação adicional sobre a dinâmica
de uso da água na sua residência ou apresentar alguma situação específica que
tenha ocorrido.

Sua resposta

20. Você gostaria de receber os resultados da pesquisa? *

Sim

Não

ANEXO II – ÍNDICES DO METABOLISMO DA ÁGUA

Tabela 1 - Ocorrências no trecho entre a Entrada (E) e o Armazenamento (A)

<i>E-A</i>	QUANTIDADE
11	15
12	2
13	4
14	2
21	47
22	5
23	10
24	6
31	6
32	1
33	9
41	27
42	2
43	16
44	2
Total geral	154

Tabela 2 - Ocorrências no trecho entre a Entrada (E), Armazenamento (A) e a Transformação (T)

<i>E-A-T</i>	QUANTIDADE
111	2
112	7
114	6
122	1
124	1
132	1
134	3
142	2
211	5
212	6
213	2
214	32
215	2
224	5
231	1
232	1
233	1
234	7
244	6
312	2
314	4
322	1
331	2
332	4
333	1
334	2
411	6
412	6
413	2
414	13
421	1
424	1

431	2
432	1
433	6
434	7
444	2
Total geral	154

Tabela 3 - Ocorrências no trecho entre a Entrada (E), Armazenamento (A), Transformação (T) e os Usos (U)

<i>E-A-T-U</i>	QUANTIDADE
111(1-2)	2
112(1-2)	7
114(1-2)	6
122(1-2)	1
124(1-2)	1
132(1-2)	1
134(1-2)	3
142(1-2)	2
211(1-2)	5
212(1-2)	6
213(1-2)	2
214(1-2)	32
215(1-2)	2
224(1-2)	5
231(1-2)	1
232(1-2)	1
233(1-2)	1
234(1-2)	7
244(1-2)	6
312(1-2)	2
314(1-2)	4
322(1-2)	1
331(1-2)	2
332(1-2)	4
333(1-2)	1
334(1-2)	2
411(1-2)	6
412(1-2)	6
413(1-2)	2
414(1-2)	13
421(1-2)	1
424(1-2)	1

431(1-2)	2
432(1-2)	1
433(1-2)	6
434(1-2)	7
444(1-2)	2
Total geral	154

Tabela 4 - Ocorrências no trecho entre a Entrada (E), Armazenamento (A), Transformação (T), Usos (U) e o Efluente (Ef)

<i>E-A-T-U-Ef</i>	QUANTIDADE
111(1-2)1	1
111(1-2)2	1
112(1-2)1	2
112(1-2)2	4
112(1-2)3	1
114(1-2)1	3
114(1-2)2	1
114(1-2)3	1
114(1-2)4	1
122(1-2)2	1
124(1-2)2	1
132(1-2)2	1
134(1-2)1	2
134(1-2)2	1
142(1-2)2	2
211(1-2)1	4
211(1-2)2	1
212(1-2)1	1
212(1-2)2	4
212(1-2)3	1
213(1-2)2	1
213(1-2)3	1
214(1-2)1	11
214(1-2)2	20
214(1-2)4	1
215(1-2)1	2
224(1-2)2	5
231(1-2)2	1
232(1-2)1	1
233(1-2)2	1
234(1-2)1	2

234(1-2)2	4
234(1-2)4	1
244(1-2)1	2
244(1-2)2	3
244(1-2)4	1
312(1-2)1	1
312(1-2)2	1
314(1-2)1	2
314(1-2)2	2
322(1-2)2	1
331(1-2)1	2
332(1-2)1	1
332(1-2)2	2
332(1-2)4	1
333(1-2)1	1
334(1-2)1	1
334(1-2)3	1
411(1-2)1	2
411(1-2)2	4
412(1-2)1	3
412(1-2)2	2
412(1-2)3	1
413(1-2)1	2
414(1-2)1	3
414(1-2)2	9
414(1-2)3	1
421(1-2)1	1
424(1-2)2	1
431(1-2)1	2
432(1-2)3	1
433(1-2)1	4
433(1-2)3	2
434(1-2)1	3
434(1-2)2	2
434(1-2)3	1
434(1-2)4	1

444(1-2)1	1
444(1-2)2	1
Total geral	154

Tabela 5 - Ocorrências no trecho entre a Entrada (E), Armazenamento (A), Transformação (T), Usos (U), Efluente (Ef) e Intermitência (I)

<i>E-A-T-U-Ef-I</i>	QUANTIDADE
111(1-2)15	1
111(1-2)25	1
112(1-2)15	1
112(1-2)16	1
112(1-2)24	1
112(1-2)25	1
112(1-2)26	2
112(1-2)35	1
114(1-2)12	1
114(1-2)15	1
114(1-2)16	1
114(1-2)23	1
114(1-2)35	1
114(1-2)46	1
122(1-2)24	1
124(1-2)23	1
132(1-2)25	1
134(1-2)12	1
134(1-2)15	1
134(1-2)24	1
142(1-2)24	1
142(1-2)25	1
211(1-2)12	1
211(1-2)13	2
211(1-2)15	1
211(1-2)26	1
212(1-2)14	1
212(1-2)24	2
212(1-2)25	1
212(1-2)26	1
212(1-2)36	1

213(1-2)26	1
213(1-2)35	1
214(1-2)13	2
214(1-2)14	1
214(1-2)15	5
214(1-2)16	2
214(1-2)17	1
214(1-2)21	1
214(1-2)22	1
214(1-2)23	2
214(1-2)24	7
214(1-2)25	6
214(1-2)26	3
214(1-2)46	1
215(1-2)13	1
215(1-2)15	1
224(1-2)21	1
224(1-2)24	1
224(1-2)25	3
231(1-2)25	1
232(1-2)13	1
233(1-2)23	1
234(1-2)11	1
234(1-2)14	1
234(1-2)24	1
234(1-2)25	3
234(1-2)45	1
244(1-2)15	1
244(1-2)16	1
244(1-2)25	1
244(1-2)26	2
244(1-2)45	1
312(1-2)14	1
312(1-2)26	1
314(1-2)15	2
314(1-2)23	1

314(1-2)25	1	431(1-2)13	1
322(1-2)25	1	431(1-2)15	1
331(1-2)13	2	432(1-2)35	1
332(1-2)15	1	433(1-2)13	2
332(1-2)24	1	433(1-2)15	2
332(1-2)25	1	433(1-2)33	1
332(1-2)41	1	433(1-2)35	1
333(1-2)13	1	434(1-2)11	1
334(1-2)13	1	434(1-2)15	2
334(1-2)31	1	434(1-2)23	1
411(1-2)13	1	434(1-2)24	1
411(1-2)16	1	434(1-2)34	1
411(1-2)22	1	434(1-2)45	1
411(1-2)23	1	444(1-2)16	1
411(1-2)25	1	444(1-2)26	1
411(1-2)27	1	Total geral	154
412(1-2)13	1		
412(1-2)14	1		
412(1-2)15	1		
412(1-2)25	1		
412(1-2)26	1		
412(1-2)35	1		
413(1-2)11	1		
413(1-2)15	1		
414(1-2)12	1		
414(1-2)14	1		
414(1-2)15	1		
414(1-2)21	3		
414(1-2)22	1		
414(1-2)23	1		
414(1-2)24	1		
414(1-2)25	2		
414(1-2)26	1		
414(1-2)33	1		
421(1-2)15	1		
424(1-2)25	1		

Tabela 6 - Ocorrências no trecho entre a Entrada (E), Armazenamento (A), Transformação (T), Usos (U), Efluente (Ef), Intermitência (I) e Usos Fora do Domicílio (Us)

<i>E-A-T-U-Ef-I-Us</i>	QUANTIDADE
111(1-2)151	1
111(1-2)251	1
112(1-2)152	1
112(1-2)161	1
112(1-2)241	1
112(1-2)251	1
112(1-2)262	2
112(1-2)351	1
114(1-2)121	1
114(1-2)151	1
114(1-2)161	1
114(1-2)231	1
114(1-2)352	1
114(1-2)462	1
122(1-2)241	1
124(1-2)231	1
132(1-2)252	1
134(1-2)121	1
134(1-2)151	1
134(1-2)242	1
142(1-2)241	1
142(1-2)252	1
211(1-2)121	1
211(1-2)131	2
211(1-2)151	1
211(1-2)261	1
212(1-2)142	1
212(1-2)241	1
212(1-2)242	1
212(1-2)251	1

212(1-2)261	1
212(1-2)361	1
213(1-2)261	1
213(1-2)351	1
214(1-2)132	2
214(1-2)141	1
214(1-2)151	3
214(1-2)152	2
214(1-2)162	2
214(1-2)172	1
214(1-2)212	1
214(1-2)222	1
214(1-2)231	1
214(1-2)232	1
214(1-2)241	3
214(1-2)242	4
214(1-2)251	4
214(1-2)252	2
214(1-2)261	2
214(1-2)262	1
214(1-2)461	1
215(1-2)131	1
215(1-2)152	1
224(1-2)211	1
224(1-2)241	1
224(1-2)251	1
224(1-2)252	2
231(1-2)252	1
232(1-2)132	1
233(1-2)231	1
234(1-2)111	1
234(1-2)142	1
234(1-2)242	1
234(1-2)251	1
234(1-2)252	2
234(1-2)452	1

244(1-2)152	1	414(1-2)141	1
244(1-2)161	1	414(1-2)152	1
244(1-2)251	1	414(1-2)211	2
244(1-2)261	1	414(1-2)212	1
244(1-2)262	1	414(1-2)222	1
244(1-2)452	1	414(1-2)232	1
312(1-2)142	1	414(1-2)242	1
312(1-2)261	1	414(1-2)251	1
314(1-2)151	2	414(1-2)252	1
314(1-2)231	1	414(1-2)261	1
314(1-2)251	1	414(1-2)331	1
322(1-2)251	1	421(1-2)151	1
331(1-2)131	1	424(1-2)251	1
331(1-2)132	1	431(1-2)131	1
332(1-2)152	1	431(1-2)152	1
332(1-2)241	1	432(1-2)351	1
332(1-2)251	1	433(1-2)131	2
332(1-2)411	1	433(1-2)151	1
333(1-2)132	1	433(1-2)152	1
334(1-2)131	1	433(1-2)331	1
334(1-2)311	1	433(1-2)351	1
411(1-2)131	1	434(1-2)111	1
411(1-2)162	1	434(1-2)151	2
411(1-2)222	1	434(1-2)232	1
411(1-2)232	1	434(1-2)241	1
411(1-2)252	1	434(1-2)341	1
411(1-2)272	1	434(1-2)452	1
412(1-2)131	1	444(1-2)162	1
412(1-2)141	1	444(1-2)262	1
412(1-2)151	1	Total geral	154
412(1-2)252	1		
412(1-2)262	1		
412(1-2)352	1		
413(1-2)111	1		
413(1-2)152	1		
414(1-2)121	1		

Tabela 7 - Ocorrências no trecho entre a Entrada (E), Armazenamento (A), Transformação (T), Usos (U), Efluente (Ef), Intermittência (I), Usos Fora do Domicílio (Us) e Relações de Vizinhança (R)

<i>E-A-T-U-Ef-I-Us-R</i>	QUANTIDADE
111(1-2)1514	1
111(1-2)2514	1
112(1-2)1521	1
112(1-2)1614	1
112(1-2)2414	1
112(1-2)2514	1
112(1-2)2624	2
112(1-2)3513	1
114(1-2)1212	1
114(1-2)1514	1
114(1-2)1614	1
114(1-2)2311	1
114(1-2)3524	1
114(1-2)4624	1
122(1-2)2414	1
124(1-2)2314	1
132(1-2)2524	1
134(1-2)1212	1
134(1-2)1512	1
134(1-2)2424	1
142(1-2)2414	1
142(1-2)2524	1
211(1-2)1214	1
211(1-2)1311	1
211(1-2)1314	1
211(1-2)1514	1
211(1-2)2614	1
212(1-2)1422	1
212(1-2)2412	1
212(1-2)2424	1

212(1-2)2514	1
212(1-2)2614	1
212(1-2)3614	1
213(1-2)2614	1
213(1-2)3514	1
214(1-2)1321	1
214(1-2)1323	1
214(1-2)1414	1
214(1-2)1514	3
214(1-2)1521	1
214(1-2)1524	1
214(1-2)1623	1
214(1-2)1624	1
214(1-2)1724	1
214(1-2)2124	1
214(1-2)2224	1
214(1-2)2311	1
214(1-2)2324	1
214(1-2)2414	3
214(1-2)2421	1
214(1-2)2424	3
214(1-2)2514	4
214(1-2)2524	2
214(1-2)2614	2
214(1-2)2624	1
214(1-2)4614	1
215(1-2)1314	1
215(1-2)1523	1
224(1-2)2114	1
224(1-2)2412	1
224(1-2)2514	1
224(1-2)2521	1
224(1-2)2524	1
231(1-2)2524	1
232(1-2)1324	1
233(1-2)2312	1

234(1-2)1114	1	412(1-2)1511	1
234(1-2)1424	1	412(1-2)2524	1
234(1-2)2424	1	412(1-2)2624	1
234(1-2)2512	1	412(1-2)3524	1
234(1-2)2522	1	413(1-2)1114	1
234(1-2)2524	1	413(1-2)1522	1
234(1-2)4522	1	414(1-2)1214	1
244(1-2)1524	1	414(1-2)1411	1
244(1-2)1614	1	414(1-2)1523	1
244(1-2)2514	1	414(1-2)2112	1
244(1-2)2614	1	414(1-2)2114	1
244(1-2)2624	1	414(1-2)2123	1
244(1-2)4524	1	414(1-2)2223	1
312(1-2)1424	1	414(1-2)2324	1
312(1-2)2614	1	414(1-2)2424	1
314(1-2)1514	2	414(1-2)2511	1
314(1-2)2314	1	414(1-2)2524	1
314(1-2)2511	1	414(1-2)2614	1
322(1-2)2511	1	414(1-2)3314	1
331(1-2)1311	1	421(1-2)1512	1
331(1-2)1323	1	424(1-2)2511	1
332(1-2)1524	1	431(1-2)1314	1
332(1-2)2411	1	431(1-2)1521	1
332(1-2)2514	1	432(1-2)3511	1
332(1-2)4111	1	433(1-2)1314	2
333(1-2)1321	1	433(1-2)1514	1
334(1-2)1314	1	433(1-2)1524	1
334(1-2)3114	1	433(1-2)3311	1
411(1-2)1311	1	433(1-2)3514	1
411(1-2)1624	1	434(1-2)1111	1
411(1-2)2221	1	434(1-2)1512	1
411(1-2)2324	1	434(1-2)1513	1
411(1-2)2524	1	434(1-2)2324	1
411(1-2)2724	1	434(1-2)2413	1
412(1-2)1311	1	434(1-2)3413	1
412(1-2)1414	1	434(1-2)4524	1

444(1-2)1624	1
444(1-2)2624	1
Total geral	154

Tabela 8 - Ocorrências no trecho entre a Entrada (E), Armazenamento (A), Transformação (T), Usos (U), Efluente (Ef), Intermittência (I), Usos Fora do Domicílio (Us), Relações de Vizinhaça (R) e Localidade (L)

<i>E-A-T-U-Ef-I-Us-R-L</i>	QUANTIDADE
111(1-2)15144	1
111(1-2)25142	1
112(1-2)15214	1
112(1-2)16143	1
112(1-2)24145	1
112(1-2)25146	1
112(1-2)26245	1
112(1-2)26246	1
112(1-2)35131	1
114(1-2)12123	1
114(1-2)15146	1
114(1-2)16144	1
114(1-2)23113	1
114(1-2)35244	1
114(1-2)46245	1
122(1-2)24145	1
124(1-2)23143	1
132(1-2)25246	1
134(1-2)12124	1
134(1-2)15123	1
134(1-2)24241	1
142(1-2)24146	1
142(1-2)25246	1
211(1-2)12141	1
211(1-2)13111	1
211(1-2)13144	1
211(1-2)15141	1
211(1-2)26145	1
212(1-2)14225	1
212(1-2)24125	1

212(1-2)24245	1
212(1-2)25145	1
212(1-2)26146	1
212(1-2)36144	1
213(1-2)26144	1
213(1-2)35141	1
214(1-2)13214	1
214(1-2)13236	1
214(1-2)14146	1
214(1-2)15143	1
214(1-2)15145	1
214(1-2)15146	1
214(1-2)15215	1
214(1-2)15245	1
214(1-2)16235	1
214(1-2)16246	1
214(1-2)17246	1
214(1-2)21242	1
214(1-2)22242	1
214(1-2)23112	1
214(1-2)23244	1
214(1-2)24145	3
214(1-2)24215	1
214(1-2)24243	2
214(1-2)24245	1
214(1-2)25145	3
214(1-2)25146	1
214(1-2)25243	1
214(1-2)25245	1
214(1-2)26145	2
214(1-2)26246	1
214(1-2)46145	1
215(1-2)13143	1
215(1-2)15235	1
224(1-2)21145	1
224(1-2)24125	1

224(1-2)25143	1	411(1-2)22212	1
224(1-2)25213	1	411(1-2)23242	1
224(1-2)25245	1	411(1-2)25242	1
231(1-2)25242	1	411(1-2)27242	1
232(1-2)13245	1	412(1-2)13115	1
233(1-2)23125	1	412(1-2)14141	1
234(1-2)11141	1	412(1-2)15114	1
234(1-2)14245	1	412(1-2)25244	1
234(1-2)24245	1	412(1-2)26246	1
234(1-2)25125	1	412(1-2)35246	1
234(1-2)25225	1	413(1-2)11141	1
234(1-2)25245	1	413(1-2)15223	1
234(1-2)45225	1	414(1-2)12142	1
244(1-2)15245	1	414(1-2)14115	1
244(1-2)16144	1	414(1-2)15232	1
244(1-2)25145	1	414(1-2)21126	1
244(1-2)26146	1	414(1-2)21142	1
244(1-2)26246	1	414(1-2)21231	1
244(1-2)45245	1	414(1-2)22233	1
312(1-2)14244	1	414(1-2)23243	1
312(1-2)26146	1	414(1-2)24245	1
314(1-2)15143	2	414(1-2)25116	1
314(1-2)23143	1	414(1-2)25246	1
314(1-2)25111	1	414(1-2)26145	1
322(1-2)25116	1	414(1-2)33143	1
331(1-2)13112	1	421(1-2)15126	1
331(1-2)13233	1	424(1-2)25115	1
332(1-2)15246	1	431(1-2)13141	1
332(1-2)24113	1	431(1-2)15215	1
332(1-2)25144	1	432(1-2)35114	1
332(1-2)41113	1	433(1-2)13141	1
333(1-2)13212	1	433(1-2)13143	1
334(1-2)13142	1	433(1-2)15142	1
334(1-2)31141	1	433(1-2)15241	1
411(1-2)13113	1	433(1-2)33113	1
411(1-2)16243	1	433(1-2)35144	1

434(1-2)11112	1
434(1-2)15124	1
434(1-2)15132	1
434(1-2)23241	1
434(1-2)24134	1
434(1-2)34135	1
434(1-2)45244	1
444(1-2)16245	1
444(1-2)26246	1
Total geral	154