



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS - TO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO AMBIENTE**

DANIELLA COSTA FARIA NEPOMUCENO

**REÚSO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS TRATADAS: INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E
ACEITABILIDADE SOCIAL.**

PALMAS (TO)

2021

DANIELLA COSTA FARIA NEPOMUCENO

**REÚSO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS TRATADAS: INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E
ACEITABILIDADE SOCIAL.**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente, da Universidade Federal do Tocantins (UFT) como requisito parcial à obtenção do grau de Doutor em Ciências do Ambiente.

Orientadora: Dr^a. Liliana Pena Naval

PALMAS (TO)

2021

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal do Tocantins

- N441r Nepomuceno, Daniella Costa Faria.
Reúso de águas residuárias tratadas: inovação tecnológica e aceitabilidade social. / Daniella Costa Faria Nepomuceno. – Palmas, TO, 2021.
194 f.
- Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Tocantins – Câmpus Universitário de Palmas - Curso de Pós-Graduação (Doutorado) em Ciências do Ambiente, 2021.
Orientador: Liliana Pena Naval
1. Tratamento de esgoto. 2. Reforma em fase aquosa. 3. Reúso potável. 4. Reúso não potável. I. Título

CDD 628

TODOS OS DIREITOS RESERVADOS – A reprodução total ou parcial, de qualquer forma ou por qualquer meio deste documento é autorizado desde que citada a fonte. A violação dos direitos do autor (Lei nº 9.610/98) é crime estabelecido pelo artigo 184 do Código Penal.

Elaborado pelo sistema de geração automática de ficha catalográfica da UFT com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

DANIELLA COSTA FARIA NEPOMUCENO

REÚSO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS TRATADAS: INOVAÇÃO TECNOLÓGICA E
ACEITABILIDADE SOCIAL.

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências do Ambiente, da Universidade Federal do Tocantins, avaliada para a obtenção do título de Doutor (a) em Ciências do Ambiente e aprovada em sua forma final pela Orientadora e pela Banca examinadora.

Data de Aprovação: 29/09/2021

Banca Examinadora:



Prof.ª. Dr.ª. Liliana Pena Naval – Orientadora, UFT



Prof.ª. Dr.ª. Elisandra Scapin – Examinador Interno, UFT



Prof. Dr. Héber Rogério Gracio – Examinador Interno, UFT



Prof.ª. Dr.ª. Luisa Calvo Hernández – Examinador Externo, UAM



Prof. Dr. Eduardo Winter – Examinador Externo, INPI/RJ

Este projeto de pesquisa é fruto de uma parceria entre o Laboratório de Saneamento da Universidade Federal do Tocantins com a Universidade Autônoma de Madrid (Departamento de Química/Física Aplicada da Faculdade de Ciências), com apoio financeiro da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-Brasil) - Processo PROAP / 2017-2020 e do Ministério da Economia, Indústria e Competitividade da Espanha (CTQ2015-65491-R).

Algumas pessoas marcam a nossa vida para sempre, umas porque nos apresentam projetos de sonho, outras porque nos ajudam na construção.

À Prof. Dr^a. Liliana Pena Naval, que me mostrou o caminho da ciência e me permitiu vislumbrar um ideal nesta carreira.

“Crê em ti mesmo, age e verás os resultados. Quando te esforças, a vida também se esforça para te ajudar.” (Chico Xavier)

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tanta graça concedida, presente em todos os momentos da minha vida. Dando oportunidade de trabalhar e crescer frente as dificuldades.

Aos meus pais, Carlito Faria e Mariluse Ribeiro, por não medirem esforços para garantir uma educação de qualidade, dando sempre o apoio necessário para que eu chegasse até o final desta jornada.

Ao meu esposo, Leonardo Nepomuceno, pelo apoio e cumplicidade nos momentos felizes e, principalmente, nos momentos difíceis.

As minhas filhas, Elisa e Cecília, que mesmo tão pequenas, tiveram que lidar com a minha ausência.

A minha orientadora, Prof^ª. Dr^ª. Liliana Pena Naval, pela oportunidade e confiança depositada em mim para realização deste trabalho. Por todo ensinamento compartilhado, sugestões e discussões que contribuem constantemente para o meu crescimento pessoal e profissional, além de todo apoio e amizade.

Aos meus colegas Melissa Nardele, Wesley Adonai, Sindy Nepomuceno, Amanda Vieira e Jordana Cristina, por todo apoio durante a realização da pesquisa.

Aos meus estimados parceiros de trabalho do Departamento de Química/Física Aplicada da Faculdade de Ciências da Universidade Autônoma de Madrid, em especial ao Prof. Dr. Miguel Angel, Prof^ª. Dr^ª. Luisa Calvo, Adriana Oliveira, Jose Alberto Baeza e Blanca Saenz de Miera Aparicio.

Aos doutores, membros da banca examinadora, pela valiosa contribuição para a conclusão deste trabalho.

Finalmente, agradeço a todas as pessoas que torceram ou intercederam por mim, de forma direta ou indireta. Muito obrigada!

RESUMO

A água residuária tratada pode ser aplicada em muitas atividades, entretanto, dependendo do uso requerido, o nível de qualidade pode não ser alcançado com a utilização de processos convencionais. Este trabalho analisou o desempenho da Reforma em Fase Aquosa no tratamento de esgotos sanitários, com e sem a presença de poluentes emergentes, visando o reúso dos efluentes líquidos para fins potáveis e não potáveis, e avaliou a aceitabilidade social quanto à prática de reúso. Foram realizados experimentos em reatores de batelada, empregando-se água residuária sintética e catalisadores a base de Pt, suportados em dois tipos de materiais carbono: KETJENBLACK (KJB) e ENSACO. A análise de aceitabilidade social ao reúso de águas residuárias tratadas teve como principais instrumentos de pesquisa o questionário e entrevistas semiestruturadas, realizadas com renomados especialistas do setor de saneamento. A eficiência média do processo na remoção de COT foi de 62,05% nos testes com material carbono ENSACO e sem o metal ativo, de 88,19% com KJB. Para o parâmetro DQO, os percentuais médios de remoção foram de 57,57% e de 63,48% nos ensaios com suporte ENSACO e KJB, respectivamente. O processo alcançou eficiência média na redução do nitrogênio total de 34,63% nas análises com o carbono ENSACO e de 54,39% com KJB. Nas amostras com compostos emergentes, a Reforma em Fase Aquosa mostrou-se eficaz tanto nos ensaios contendo apenas o material carbono ENSACO e sem a platina, quanto com catalisador Pt/ENSACO, com percentuais médios de remoção nos testes com ENSACO de 98,34% para a cafeína, 99,55% para a carbamazepina, 100% para o diclofenaco e 96,58% para o ibuprofeno. A produção de gás foi maior nas reações com catalisador Pt/ENSACO, com valores médios de 19,20% para o H₂ e de 11,70% para o CH₄. Quanto ao atendimento aos padrões de qualidade para águas de reúso, constatou-se, que apesar da grande maioria dos regulamentos e diretrizes avaliados não estabelecerem valores máximos permitidos para os parâmetros de qualidade, a Reforma em Fase Aquosa é uma técnica promissora para o tratamento de esgoto sanitário, com efetiva eliminação dos contaminantes emergentes avaliados. Quanto a aceitabilidade da população à prática de reúso, observou-se alta aceitação pública para aplicações com reduzido contato humano e baixa aceitabilidade para os usos que envolvem consumo direto. Contudo, mesmo com todos os entraves culturais, 84,6% dos participantes se colocaram a favor de utilizar água de reúso proveniente de uma nova técnica de tratamento de esgoto.

Palavras-Chave: Tratamento de Esgoto; Reforma em Fase Aquosa; Reúso Potável e não Potável.

ABSTRACT

Treated wastewater can be applied in many activities, however, depending on the required use, the quality level may not be achieved using conventional processes. This work analyzed the performance of the Water Phase Reform in the treatment of sanitary sewage, with and without the presence of emerging pollutants, aiming at the reuse of liquid effluents for potable and non-potable purposes, and evaluated the social acceptability regarding the practice of reuse. Experiments were carried out in batch reactors, using synthetic wastewater and Pt-based catalysts, supported on two types of carbon materials: KETJENBLACK (KJB) and ENSACO. The analysis of social acceptability to the reuse of treated wastewater had as main research instruments the questionnaire and semi-structured interviews, carried out with renowned experts in the sanitation sector. The average efficiency of the TOC removal process was 62.05% in tests with ENSACO carbon material and without the active metal, and 88.19% with KJB. For the COD parameter, the mean removal percentages were 57.57% and 63.48% in assays with ENSACO and KJB support, respectively. The process achieved an average efficiency in the reduction of total nitrogen of 34.63% in the analyzes with ENSACO carbon and 54.39% with KJB. In samples with emerging compounds, the Aqueous Phase Reform proved to be effective both in tests containing only the carbon material ESSACO and without platinum, and with Pt/ENSACO catalyst, with average removal percentages in the tests with ESSACO of 98.34% for caffeine, 99.55% for carbamazepine, 100% for diclofenac and 96.58% for ibuprofen. Gas production was higher in reactions with Pt/ENSACO catalyst, with average values of 19.20% for H₂ and 11.70% for CH₄. As for meeting the quality standards for reuse water, it was found that despite the vast majority of regulations and guidelines evaluated do not establish maximum values allowed for quality parameters, the Water Phase Reform is a promising technique for the treatment of sanitary sewage, with effective elimination of the emerging contaminants evaluated. As for the acceptability of the population to the practice of reuse, there was high public acceptance for applications with reduced human contact and low acceptability for uses involving direct consumption. However, even with all the cultural barriers, 84.6% of the participants were in favor of using reuse water from a new sewage treatment technique.

KEYWORDS: Sewage treatment; Reform in Aqueous Phase; Potable and non-potable Reuse.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Reações que podem ocorrer na Reforma em Fase Aquosa de Glicerol.....	44
Figura 2 - Distribuição organizacional dos tópicos com os respectivos objetivos específicos associados.	48
Figura 3 - Fluxograma do Processo (1 - esgoto bruto; 2 – sistema de purga com gás inerte; 3 – reator Berghof; 4 – efluente líquido tratado; 5 – cromatografia líquida; 6 – analisador de COT; 7 – sistema de coleta de gases; 8 – cromatógrafo gasoso).	53
Figura 4 - Componentes de um gráfico boxplot.	57
Figura 5 - Imagem de microscopia eletrônica de transmissão do catalisador Pt/ENSACO com distribuição do tamanho das partículas.....	61
Figura 6 - Imagem de microscopia eletrônica de transmissão do catalisador Pt/KJB com distribuição do tamanho das partículas.....	61
Figura 7 - Remoção de COT (Carbono Orgânico Total) no processo de Reforma em Fase Aquosa com esgoto sanitário: a) sem catalisador, b) com material carbono – ENSACO e sem o metal ativo, c) com o material carbono – KJB e sem o metal ativo, d) com catalisador Pt/ENSACO, e) com catalisador Pt/KJB.....	63
Figura 8 - Remoção de DQO (Demanda Química de Oxigênio) no processo de Reforma em Fase Aquosa com esgoto sanitário: a) sem catalisador, b) com material carbono – ENSACO e sem o metal ativo, c) com o material carbono – KJB e sem o metal ativo, d) com catalisador Pt/ENSACO, e) com catalisador Pt/KJB.....	64
Figura 9 - Remoção de NT no processo de Reforma em Fase Aquosa em esgoto sanitário: a) sem catalisador, b) com o material carbono – ENSACO e sem o metal ativo, c) com o material carbono – KJB e sem o metal ativo, d) com catalisador Pt/ENSACO, e) com catalisador Pt/KJB.	65
Figura 10 - Influência do pH no desempenho da Reforma em Fase Aquosa na remoção de matéria orgânica (COT).....	70
Figura 11 - Eficiência da Reforma em Fase Aquosa na Remoção de matéria orgânica e na geração de hidrogênio por componente de esgoto sanitário.....	72
Figura 12 – Valores de pH preconizados em regulamentos e diretrizes nacionais e internacionais de reúso de águas residuárias na agricultura.	74
Figura 13 - Faixas de pH determinadas em regulamentos e diretrizes nacionais e internacionais de reúso de águas residuárias para fins urbanos.	79

Figura 14 - Valores de pH propostos em regulamentos e diretrizes nacionais e internacionais de reúso de águas residuárias para fins industriais.	80
Figura 15 - Relação entre os níveis de escolaridade e a aceitabilidade quanto ao reúso de águas residuárias tratadas para diversos fins.	88
Figura 16 - Nível de confiabilidade sanitária em consumir alimentos crus, irrigados com água de reúso, dentro dos padrões normativos.....	90
Figura 17 - Nível de confiabilidade sanitária em consumir alimentos cozidos, irrigados com água de reúso, dentro dos padrões normativos.	90
Figura 18 - Influência de fatores culturais e níveis de aceitação quanto ao reúso de água, proveniente de uma nova tecnologia de tratamento de esgoto.	92
Quadro 1 - Parâmetros e critérios de qualidade da água de reúso de acordo com a NBR 13.969/1997.	24
Quadro 2 - Padrões de qualidade da água de reúso estabelecidos na Resolução Conjunta SES/SMA/SSRH de 2017.....	27
Quadro 3 - Condições e padrões para o reúso de efluentes sanitários dispostos na Resolução COEMA de 2017.....	28
Quadro 4 - Legislações municipais brasileiras acerca da prática de reúso não potável.....	29
Quadro 5 - Informações sobre o perfil dos entrevistados: especialistas do setor de saneamento.	56

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Composição da água residuária sintética com base em uma demanda química de oxigênio da ordem de 1.300 mg/L.....	49
Tabela 2 - Composição da água residuária sintética contendo proteínas, carboidratos e compostos emergentes, empregando-se uma demanda química de oxigênio da ordem de 1.300 mg/L.	50
Tabela 3 - Descrição dos parâmetros físico-químicos analisados, com os respectivos métodos adotados.....	53
Tabela 4 - Caracterização dos catalisadores e dos materiais carbono através da determinação da área superficial específica, dos volumes de micro e mesoporos e dos valores de pH.....	60
Tabela 5 - Eficiência da Reforma em Fase Aquosa na remoção dos compostos emergentes em esgoto sanitário: cafeína, carbamazepina, diclofenaco e ibuprofeno.	67
Tabela 6 - Subprodutos gasosos gerados na Reforma em Fase Aquosa com esgoto sanitário.	69
Tabela 7 - Composição da fração gasosa nos experimentos com a Reforma em Fase Aquosa com diferentes valores de pH e sem o composto sal.	71
Tabela 8 - Concentrações máximas permitidas de DQO para reúso de águas residuárias tratadas na agricultura.	75
Tabela 9 - Concentrações preconizadas de nitrogênio total para reúso de águas residuárias tratadas na agricultura.....	76
Tabela 10 - Distribuição das variáveis demográficas: gênero, faixa etária e grau de escolaridade dos participantes.	82
Tabela 11 - Relação entre qualificação educacional e nível de conhecimento sobre tratamento de água e esgoto.....	83
Tabela 12 - Nível de conhecimento sobre práticas de reúso e definição dos principais benefícios desta prática de acordo com os participantes.....	84
Tabela 13 - Usos com maior índice de aceitação para emprego da água oriunda de reúso.....	86
Tabela 14 - Correlação entre o nível de instrução com a aceitabilidade de águas residuárias tratadas para diversos fins.....	87
Tabela 15 - Confiabilidade em consumir alimentos irrigados com água de reúso.....	88
Tabela 16 - Teste qui-quadrado para verificar a correlação entre o nível de instrução com a confiabilidade em consumir alimentos irrigados com água de reúso.....	89

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
ART.	Artigo
AWWA	American Water Works Association
CETESB	Companhia Ambiental do Estado de São Paulo
Cm	Centímetros
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
COEMA	Conselho Estadual do Meio Ambiente
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
CRH	Conselho Estadual de Recursos Hídricos
CTer	Coliformes Termotolerantes
°C	Grau Celsius
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
EU	European Commission
EPA	Environmental Protection Agency
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
GWRS	Groundwater Replenishment System
KJB	Ketjenblack
MBR	Membrane Bio Reactor
MCIDADES	Ministério das Cidades
MS	Ministério da Saúde
NBR	Norma Brasileira
ND	Não Detectado
NGWRP	New Goreangab Water Reclamation Plant
NMP	Número Mais Provável
NWRI	National Water Research Institute
N°	Número
OCWD	Orange County Water District
OCSD	Orange County Sanitation District
OD	Oxigênio Dissolvido
OMS	Organização Mundial da Saúde

PCR	Portaria de Consolidação
pH	Potencial Hidrogeniônico
PROSAB	Programa de Pesquisa em Saneamento Básico
SDT	Sólidos Dissolvidos Totais
SES	Secretaria de Estado de Saúde
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SMA	Secretaria do Meio Ambiente
SANASA	Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento
SNSA	Secretaria Nacional de Saneamento Ambiental
SSRH	Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos
UOSA	Upper Occoquan Service Authority
WGS	Water Gas Shift
WHO	World Health Organization
WWAP	World Water Assessment Programme

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	18
2 OBJETIVO.....	21
2.1 Objetivo Geral.....	21
2.2 Objetivos Específicos.....	21
3 REFERENCIAL TEÓRICO	22
3.1 Reúso de Água.....	22
3.1.1 Instrumentos Legais e Arranjos Institucionais do Reúso no Brasil.....	23
3.1.2 Reúso Potável Direto e Indireto.....	31
3.1.3 Reúso Industrial, Agrícola e Urbano.....	34
3.1.4 Percepção Social sobre o Reúso de Água.....	37
3.2 Compostos Emergentes nas Águas Residuárias.....	39
3.3 Reforma em Fase Aquosa.....	42
3.3.1 Catalisadores.....	45
4 METODOLOGIA.....	47
4.1 Preparo da Água Residuária Sintética.....	49
4.2 Preparo e Caracterização dos Materiais Carbono e dos Catalisadores.....	50
4.3 Experimentos com Reforma em Fase Aquosa.....	52
4.4 Reúso das Águas Residuárias Tratadas pela Reforma em Fase Aquosa.....	54
4.5 Avaliação da Aceitabilidade Social ao Reúso de Águas Residuárias Tratadas.....	54
4.6 Análise Estatística.....	56
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	59
5.1 Caracterização dos Materiais Carbono e dos Catalisadores.....	59
5.2 Tratamento de Esgoto Sanitário por Reforma em Fase Aquosa.....	61
5.2.1 Remoção de Matéria Orgânica - Carbono Orgânico Total (COT) e Demanda Química de Oxigênio (DQO).....	62
5.2.2 Remoção de Nitrogênio Total.....	64
5.2.3 Remoção dos Compostos Emergentes.....	65

5.2.4 Componentes da Fase Gasosa	67
5.3 Influência do pH e dos Componentes do Esgoto Sanitário no Desempenho do Processo	69
5.4 Reúso de Águas Residuárias Tratadas pela Reforma em Fase Aquosa.....	72
5.5 Grau de Aceitabilidade Social ao Reúso de Águas Residuárias Tratadas e Inovação Tecnológica	81
6 CONCLUSÕES.....	93
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	95
APÊNDICE A	124
APÊNDICE B.....	127
APÊNDICE C	128
ANEXO I – ARTIGO PUBLICADO.....	129
ANEXO II – ARTIGO SUBMETIDO PARA PUBLICAÇÃO.....	136
ANEXO III – CARACTERIZAÇÃO DOS CATALISADORES - TAMANHO DAS PARTÍCULAS.....	151
ANEXO IV – LEGISLAÇÕES e DIRETRIZES NACIONAIS E INTERNACIONAIS DE REÚSO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS	161
ANEXO V – ENTREVISTAS SEMI-ESTRUTURADAS	171
ANEXO VI - RESPOSTAS AO QUESTIONÁRIO DE PESQUISA	176

1 INTRODUÇÃO

O problema global de esgotamento das fontes de águas superficiais e subterrâneas está ganhando cada vez mais atenção à medida que novos dados emergem sobre as graves consequências da escassez hídrica em várias regiões do planeta (FURLONG et al., 2019). Fatores como rápida urbanização, atividades agrícolas, industrialização, uso inconsciente e poluição dos mananciais hídricos, culminaram em um desequilíbrio entre oferta e demanda de água, e acarretaram a diminuição da quantidade em termos de qualidade (WADA et al., 2016; BONOLI et al., 2019).

A necessidade de uso mais eficiente da água tornou-se evidente e trata-se de uma questão crítica em diversas áreas em que há pouca ou nenhuma disponibilidade hídrica. Atualmente, busca-se desenvolver e/ou considerar estratégias que envolvem a diversificação de fontes de água e, nesse aspecto, o reúso de águas residuárias tratadas tem se mostrado um recurso alternativo e confiável (TORTAJADA; NAMBIAR, 2019).

O reúso de água pode ser potável e não potável. A prática para fins não potáveis está consagrada na maioria dos países desenvolvidos e, nas últimas décadas, a proposta tem evoluído para o reúso potável, sendo uma atividade já estabelecida em diversos países como Namíbia, África do Sul, Singapura e Austrália (EPA, 2017; TORTAJADA; NAMBIAR, 2019).

O reúso planejado de águas residuárias se constitui no mais moderno e eficaz instrumento de sustentabilidade da gestão dos recursos hídricos, com amplo crescimento mundial e capacidade de ser empregado para fins industriais, agrícolas, recreacionais, urbanos e de consumo humano, desde que atenda, para cada finalidade pretendida, aos padrões de qualidade previstos pela Organização Mundial de Saúde ou ainda às legislações específicas de cada país (WHO, 2017). Uma das necessidades básicas para a aplicação segura da água reciclada é garantir que ela tenha a qualidade desejada e não cause danos à saúde humana e ao meio ambiente (KHAN, 2018).

As aplicações da água de reúso variam em diferentes países e dependem fortemente dos níveis de tratamento disponíveis, do estado atual do abastecimento de água, das condições ambientais e das percepções do público (ESLAMIAN, 2016).

Diante das várias possibilidades e vantagens do reúso de águas residuárias, a aceitação social pode ser um fator limitante para o desenvolvimento e sucesso desta prática (FIELDING; DOLNICAR; SCHULTZ, 2018; MU'AZU et al., 2020). Pelo menos quatro fatores interagem para determinar o nível de aceitação do público no reúso de águas residuárias: a percepção do risco para a saúde, o custo, o sistema de tratamento e a consciência ambiental do usuário

(EUROPEAN COMMISSION, 2016; PAN et al., 2018). Em muitos países, o "mito da abundância" está profundamente enraizado na população, fazendo com que as pessoas acreditem que os recursos hídricos são mais que suficientes para satisfazer as necessidades humanas, reduzindo a probabilidade da grande maioria se envolver em certos comportamentos de conservação e aceitar os projetos de reúso (HARDY et al., 2015).

As principais preocupações públicas em relação ao reúso potável direto, associam-se ao cheiro e sabor, e ao risco à saúde referente a contaminantes microbianos. O público geralmente, se opõe devido ao sentimento de repulsa referente ao desgosto instintivo associado à ideia de reúso de águas residuárias e o receio de que a exposição ao efluente tratado seja inseguro (ISHII et al., 2015). No entanto, o grau de aceitação ao reúso de águas residuárias tratadas é diretamente proporcional ao nível de confiabilidade da população no sistema de tratamento, nas companhias de saneamento e nas agências reguladoras (HARRIS-LOVETT et al., 2015).

Estudos realizados em diversos países mostraram uma elevada aceitação pública para o reúso de águas residuárias em atividades que envolvem pouco contato humano com o efluente tratado, como aplicações industriais e usos urbanos (DOLNICAR et al., 2011; CHEN et al., 2015; ZHU et al., 2017; CHFADI et al., 2021).

Tecnicamente, a água residuária tratada pode ser aplicada em muitas atividades, entretanto, dependendo do uso requerido o nível de qualidade pode não ser alcançado com a utilização de processos convencionais (CHHIPI-SHRESTHA et al., 2019). Os avanços tecnológicos têm contribuído para a alteração das características dos esgotos sanitários, proporcionando a inserção de compostos de difícil degradação. Vários desses, como os poluentes emergentes, raramente são removidos por tratamentos convencionais (PETRIE et al., 2015). Como resultado, muitos desses constituintes como a cafeína, carbamazepina e ibuprofeno são facilmente encontrados em águas residuárias tratadas, gerando incertezas em torno da destinação final destas águas (EPA, 2017).

Novos processos de tratamento têm sido estudados, objetivando produzir um efluente que atenda aos critérios e padrões de qualidade e que possibilite o reúso. Uma alternativa avaliada e ainda não empregada para este fim é a Reforma em Fase Aquosa, que foi desenvolvida por Dumesic e colaboradores na University of Wisconsin – Madison – EUA, sendo uma tecnologia concebida para produzir hidrogênio com conseqüente geração de energia, a partir de fontes renováveis de biomassa, sob condições moderadas de temperatura e elevada pressão (CORTRIGHT et al., 2002). Esta técnica se destaca na geração de hidrogênio, porque além de utilizar fontes renováveis de matéria-prima, elimina a necessidade de vaporizar água, reduzindo os requisitos energéticos (BASTAN et al., 2017).

As vantagens da Reforma em Fase Aquosa em relação as tradicionais reações de reforma a vapor incluem menor consumo de energia, produção de monóxido de carbono minimizada e menor risco de reações indesejáveis, tipicamente encontradas quando os carboidratos são aquecidos a elevadas temperaturas (CHEN et al., 2015). A reação de deslocamento água-gás (WGS) é favorável às mesmas condições operacionais da Reforma em Fase Aquosa, permitindo gerar hidrogênio e dióxido de carbono em um único reator (WAHEED et al., 2019). Em contraste, os processos típicos de reforma a vapor requerem vários estágios ou reatores múltiplos.

A Reforma em Fase Aquosa utiliza catalisadores suportados em material inerte para aumentar a velocidade da reação. O material carbono tem sido considerado o suporte mais adequado, por ser estável sob condições hidrotermais e por possuir vantagens em termos de atividade, estabilidade e regenerabilidade (MERYEMOGLU et al., 2016; GODINA et al., 2018). Os catalisadores de metal suportados por carbono mostraram alta atividade e estabilidade neste processo (BOGA, 2016).

A biomassa utilizada na Reforma em Fase Aquosa é geralmente derivada de compostos oxigenados como álcoois, glicerol e açúcar. Os carboidratos tais como açúcares (glicose) e polióis (metanol, etilenoglicol, glicerol e sorbitol) podem ser eficientemente convertidos em hidrogênio através deste processo (NEIRA D' ANGELO, 2014; ALVEAR et al.; 2020). Nos esgotos sanitários, a matéria orgânica é constituída principalmente por compostos de proteínas e carboidratos (JORDÃO; PESSÔA, 2014; PRIETO et al., 2019). Neste contexto, o presente estudo avaliou o desempenho da Reforma em Fase Aquosa no tratamento de esgotos sanitários para fins potáveis e não-potáveis, e analisou a aceitabilidade social ao reúso de águas residuárias tratadas.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo Geral

Avaliar a eficiência da Reforma em Fase Aquosa no tratamento de esgotos sanitários para fins potáveis e não-potáveis, e analisar a aceitabilidade social quanto às práticas de reúso.

2.2 Objetivos Específicos

- Analisar a influência da estrutura porosa, da área superficial e da basicidade dos suportes de carbono: KETJENBLACK - EC 600 JD (KJB) e ENSACO no desempenho da Reforma em Fase Aquosa para o tratamento de efluentes;
- Avaliar a eficiência do processo na remoção de matéria orgânica, nitrogênio total e compostos emergentes;
- Averiguar o atendimento aos padrões de qualidade de águas de reúso para fins agrícolas, urbanos e industriais;
- Verificar a aceitação e percepção social ao reúso de águas residuárias tratadas, para fins potáveis e não potáveis, em indivíduos com elevado grau de instrução.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

3.1 Reúso de Água

Em diversas regiões do Brasil e do mundo, a água tem se tornado um fator limitante para o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola. Planejadores e entidades gestoras de recursos hídricos, procuram continuamente, alternativas para complementar a pequena disponibilidade hídrica. As soluções mais modernas em termos de gestão de recursos hídricos consistem em tratar e reusar os esgotos sanitários para complementar o abastecimento público, caminhando para um uso cada dia mais cíclico deste recurso (MAKROPOULOS et al., 2018; MARYAM; BÜYÜKGÜNGÖR, 2019).

O reúso de águas residuárias tratadas pode contribuir para atender a uma série de necessidades, promovendo a conservação de água potável, minimizando a degradação ambiental e contribuindo para benefícios econômicos em setores dependentes do suprimento de água em disponibilidade e qualidade, como: setor agrícola e hortícola na irrigação de culturas (alimentares e não alimentares), setor industrial e setor paisagístico na irrigação de parques, jardins e lavagem de vias públicas (EUROPEAN COMMISSION, 2016).

A prática do reúso consiste na utilização de águas residuárias, que após o tratamento necessário, atinge uma qualidade adequada para o uso pretendido, levando em consideração os riscos para a saúde humana, meio ambiente e a legislação vigente (AKHOUNDI; NAZIF, 2018). O reúso de água pode ser classificado em dois grandes grupos: potável e não potável, sendo o primeiro subdividido em direto e indireto (EUROPEAN COMMISSION, 2016).

O reúso potável refere-se à água reciclada que pode ser distribuída para o consumo da população sem causar danos à saúde. No reúso não potável, as águas residuárias tratadas não estão aptas para o consumo humano, mas são consideradas seguras para uso em processos industriais e de irrigação (AWWA, 2016). Quanto ao reúso direto, esse constitui-se no tratamento avançado de efluentes domésticos e a introdução diretamente no sistema de água potável, sem lançamento ou diluição prévia em corpos hídricos (LAHNSTEINER; VAN RENSBURG; ESTERHUIZEN, 2017). O reúso potável indireto consiste na utilização de águas residuárias tratadas que são lançadas em atenuadores ambientais, tanto superficiais como subterrâneos, antes de serem fornecidas para o abastecimento de água (WALKER, 2016; WANG; BROLEY; MACKAY, 2017).

O reúso de água potável apresenta-se como alternativa segura de produção de água dentro dos padrões de potabilidade, objetivando entre outras questões, a conservação dos recursos hídricos (WWAP, 2017).

Para a implementação de um projeto de reúso direto de água potável bem-sucedido e sustentável é fundamental que os seguintes itens sejam levados em consideração: aspectos regulatórios tratando da proteção da saúde pública; sistema de fiscalização e monitoramento contínuo; legislação, normas e regulamentos dos serviços; aspectos técnicos com estudos de viabilidade; qualidade e distribuição de água e aspectos relacionados à percepção pública com a aceitação e apoio da sociedade, sendo necessário identificar e abordar as barreiras técnicas, operacionais e administrativas, para evitar falhas no sistema de tratamento (NWRI, 2015).

Empresas públicas e privadas passaram a considerar a água servida como um recurso e não como um resíduo. O descarte de efluentes envolve custos, e o reúso de água possibilita transformar esses custos em receitas (HUMMER; EDEN, 2016). É sabido que um dos maiores desafios para a aplicação efetiva desta prática é a sua produção a preços competitivos, devendo ser incorporado, neste caso, o custo do tratamento complementar necessário para transformação do efluente em água de reúso (RUIZ-ROSA et al., 2016).

3.1.1 Instrumentos Legais e Arranjos Institucionais do Reúso no Brasil

Em relação à prática de reúso, no Brasil ainda não há um marco legal ou documento oficial, de abrangência nacional, para especificar a qualidade da água requerida em função do uso do efluente tratado (VON SPERLING, 2016). Em um cenário de escassez de água, especialmente nos últimos anos, os programas de reúso não têm sido implementados de forma sistemática, tendo a ausência de um esquema regulatório como um dos principais motivos.

Todavia, as diretrizes gerais da prática de reúso não potável é regulamentada no país pelas Resoluções do Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) n° 54/2005 e n° 121/2010 (BRASIL, 2005; BRASIL, 2010), e devido a inexistência dos critérios e parâmetros da qualidade da água de reúso específicos aos diversos usos no Brasil, a nível federativo, algumas entidades e municípios que ainda não possuem regulamentação própria aprovada, utilizam padrões internacionais, e dependendo do uso adotam os parâmetros dispostos na NBR 13.969/1997 (ABNT, 1997). A legislação ambiental referente ao reúso no Brasil, não retrata a realidade, e o excesso de agências, regulações e burocracias deixam os processos ainda mais complexos.

Ao se adotar as normas de países desenvolvidos ou da Organização Mundial da Saúde (OMS) (WHO, 2006a; WHO 2006b; WHO, 2017), ocorre a supressão de análises comparativas e da adequação às circunstâncias locais, resultando em normas muito rígidas e padrões elevados para a realidade brasileira (STEPPING, 2016).

A NBR 13.969 de setembro de 1997 é direcionada aos usuários do sistema local que fazem uso do tanque séptico como unidade preliminar de tratamento de esgoto, sendo que, a normativa apresenta o reúso como uma alternativa para a destinação final do efluente. Esta norma aborda o planejamento do sistema de reúso, usos previstos, volume de esgoto a ser reutilizado, grau de tratamento, sistemas de reservação e distribuição, manual de operação e treinamento dos responsáveis (ABNT, 1997). A NBR 13.969/1997 definiu quatro classes para os esgotos, de acordo com o tipo de reúso previsto e os parâmetros de qualidade (Quadro 1).

- Classe 1: Lavagem de carros e outros usos que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador, incluindo chafarizes.
- Classe 2: Lavagem de pisos, calçadas e irrigação de jardins, manutenção de lagos e canais para fins paisagísticos, exceto chafarizes.
- Classe 3: Reúso nas descargas dos vasos sanitários.
- Classe 4: Reúso em pomares, cereais, forragens, pastagens para gados e outros cultivos através de escoamento superficial ou por sistema de irrigação pontual.

Quadro 1 - Parâmetros e critérios de qualidade da água de reúso de acordo com a NBR 13.969/1997.

Parâmetro	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4
Turbidez (UT)	< 5	< 5	< 10	
CTer (NMP/100mL)	< 200	< 500	< 500	< 5.000
SDT (mg/L)	< 200	–	–	
pH	6,0 – 8,0	–	–	
Cloro residual (mg/L)	0,5 – 1,5	> 0,5	–	
OD (mg/L)	–	–	–	> 2
CTer: coliformes termotolerantes OD: oxigênio dissolvido SDT: sólidos dissolvidos totais				

Fonte: Adaptado da NBR 13.969 (1997).

A Resolução nº 54 de 28 de novembro de 2005, estipula modalidades, diretrizes e critérios a fim de regulamentar e estimular a prática de reúso não potável de água. De acordo com o art. 3º, as modalidades de reúso não potável são para fins urbanos, agrícolas, florestais, ambientais, industriais e aquicultura. A Resolução estabelece ainda, no art. 4º, que os órgãos constituintes do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH), devem ser responsáveis pela criação de instrumentos regulatórios e de incentivo para as diferentes modalidades de reúso (BRASIL, 2005).

A Resolução nº 121 de 16 de dezembro de 2010 determina diretrizes e critérios para a prática de reúso não potável de água para fins agrícolas e florestais. De acordo com o art. 2º, as características físicas, químicas e biológicas da água de reúso deverão atender aos limites definidos na legislação pertinente. O art. 3º faz algumas recomendações a respeito dos critérios de caracterização e monitoramento periódico da água de reúso, sendo o produtor da água de reúso o responsável por essas informações. No art. 5º é elucidado que a aplicação de água de reúso para produção agrícola e cultivo de florestas plantadas não pode conter riscos ou provocar danos ao meio ambiente e à saúde pública (BRASIL, 2010).

No que refere a prática do reúso potável, não foi identificada no âmbito nacional, nenhuma legislação ou regulamento existente. No entanto, podem ser levados em consideração a Resolução CONAMA nº 430/2011 e a Portaria de Consolidação (PCR) nº 888/2021 do Ministério da Saúde (MS), a qual altera o Anexo XX da Portaria MS nº 5 de 28 de setembro de 2017 (BRASIL, 2021).

A Portaria nº 888 de 04 de maio de 2021, dispõe sobre os procedimentos de controle de vigilância da qualidade da água para o consumo humano, e seu padrão de potabilidade no que se aplica à água destinada ao consumo humano proveniente de sistema e solução alternativa de abastecimento de água, não mencionando especificamente o reúso de esgoto tratado (BRASIL, 2021). Esse instrumento legal de âmbito nacional, pode ser levado em consideração para a prática do reúso potável direto, tomando como parâmetro mínimo os critérios de potabilidade de água (MCIDADES; SNSA, 2017a).

Para a prática de reúso potável indireto pode-se considerar a Resolução CONAMA nº 430 de 13 de maio de 2011 que alterou e complementou a Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março de 2005, determinando as condições e os padrões de lançamento de efluentes em corpos d'água receptores e estabelecendo metas obrigatórias de remoção de poluentes por meio de parâmetros específicos (BRASIL, 2005; BRASIL, 2011).

No entanto, ressalta-se a importância de regular o reúso de água potável, uma vez que, desempenham papel importante na proteção da saúde pública, e devem ter como objetivo

garantir a produção e a distribuição de água nos padrões de potabilidade aos consumidores. Desse modo, devem abranger as seguintes disposições: responsabilidades dos fornecedores de água potável, entidades de gestão de águas residuárias, agências reguladoras e outras partes interessadas; padrões de qualidade da água; requisitos de monitoramento e testes necessários; técnicas de operação normal e monitoramento do sistema em casos de incidentes e emergências (WHO, 2017).

No âmbito estadual, alguns Estados brasileiros promulgaram instrumentos legais para a regulação da prática de reúso. Entretanto, a maioria das leis apresentam-se sem orientações técnicas para a aplicação dos programas, e no que se refere ao reúso potável, não foram identificadas legislações que abordam o assunto (STEPPING, 2016; MCIDADES; SNSA, 2017b).

Se tratando de regulações de reúso não potável pode-se citar a Lei nº 7.599/2017 e o Decreto nº 47.403/2020, ambos do estado do Rio de Janeiro, a Resolução nº 75/2010 do Estado da Bahia, a Lei nº 10.487/2016 do Estado do Espírito Santo, a Resolução Conjunta SES/SMA/SSRH nº 01/2017 e a Deliberação CRH nº 204/2017 ambas do Estado de São Paulo, e a Lei nº 16.033/2016 do Estado do Ceará (RIO DE JANEIRO (Estado), 2017; RIO DE JANEIRO (Estado), 2020; BAHIA, 2010; ESPÍRITO SANTO, 2016, SÃO PAULO (Estado), 2017a; SÃO PAULO (Estado), 2017b; CEARÁ, 2016).

A Lei nº 10.487 de 12 de janeiro de 2016 do Estado do Espírito Santo estabelece a prática de reúso de efluentes provenientes de estações de tratamento de esgoto para fins industriais, bem como, para parques e praças públicas do Estado (ESPIRÍTO SANTO, 2016). A Lei nº 16.033 de 20 de junho de 2016 do Estado do Ceará, apresenta as modalidades de reúso de água não potável: fins urbanos, agrícolas e florestais, ambientais, industriais e na aquicultura, sendo vedado o reúso para fins de abastecimento humano (CEARÁ, 2016). Ressalta-se que, tanto na Lei nº 10.487/2016, quanto na Lei nº 16.033/2016 não é apresentado parâmetros e critérios de qualidade da água de reúso.

A Resolução Conjunta SES/SMA/SSRH nº 01 de junho de 2017, elaborada por meio de uma parceria entre a Secretaria de Estado de Saúde (SES) juntamente com a Secretaria de Meio Ambiente (SMA) e a Secretaria de Saneamento e Recursos Hídricos do Estado de São Paulo (SSRH), estabelece critérios de forma a regular o reúso de efluentes provenientes de estações de tratamento de esgoto para usos urbanos (SÃO PAULO (Estado), 2017b). A Resolução considera duas categorias de água de reúso, sendo que cada uma está associada a critérios estabelecidos para diversos parâmetros, sendo:

- I. Uso com restrição moderada, englobando a irrigação paisagística, lavagem de logradouros e outros espaços públicos e privados, construção civil, desobstrução de galerias de água pluvial e rede de esgotos, lavagem de veículos e combate a incêndio;
- II. Uso com restrição severa, destinada também às modalidades que a categoria de uso com restrição moderada atende, exceto combate a incêndio e lavagem interna de veículos.

A Resolução nº 01/2017, também apresenta os padrões de qualidade da água de reúso, por categoria (Quadro 2).

Quadro 2 - Padrões de qualidade da água de reúso estabelecidos na Resolução Conjunta SES/SMA/SSRH de 2017.

Padrões de qualidade	Categorias de reúso	
	Uso com restrição moderada	Uso com restrição severa
Parâmetro		
pH	6 a 9	6 a 9
DBO _{5,20} (mg/L)	≤ 10	≤ 30
Turbidez (UNT)	≤ 2	-
Sólidos Suspensos Totais (mg/L) ⁽¹⁾	(1)	< 30
Coliformes Termotolerantes (UFC/100mL) ⁽²⁾	Não detectável	< 200
Ovos de helmintos (Ovo/L) ⁽³⁾	< 1	< 1
Cloro Residual Total – CRT (mg/L) ⁽⁴⁾	< 1	< 1
Condutividade Elétrica – CE (dS/m) ⁽⁵⁾	< 0,7	< 3
RAS ⁽⁵⁾	< 3	3 – 9
Sólidos Dissolvidos Totais (mg/L)	< 450	< 2.000
Cloreto (mg/L)	< 106 ⁽⁶⁾	< 350
Boro (mg/L)	< 0,7	< 2
Distâncias de precaução (m)	70 (para poços de captação de água potável)	
Tipos de tratamento	Tratamento secundário, desinfecção e filtração. Este tratamento não poderá ter níveis mensuráveis de patógenos.	Tratamento secundário, desinfecção e filtração.

- (¹) O critério de turbidez deve ser respeitado antes da desinfecção. Esse critério deve ser baseado na média das medições horárias da turbidez dentro de um período de 24 horas. Nenhuma medição horária deve exceder 5 UNT. No caso de utilização de sistemas de membrana filtrante, a turbidez não poderá exceder 0,2 UNT e os Sólidos Suspensos Totais, 0,5 mg/L, uma vez que concentrações superiores a esses valores são indicativas de problemas de integridade desse sistema.
- (²) Caso seja utilizado o parâmetro *E. coli*, o limite para o uso restrito deve ser 120 UFC/100 mL.
- (³) Também poderá ser aceito o parâmetro ovos viáveis de *Ascaris sp.*, que deverá limitar-se a < 0,1 ovo viável por litro para uso com restrição moderada e a 0,1 ovo viável por litro para o uso com restrição severa.
- (⁴) Outros tratamentos que não utilizem o cloro serão aceitos para desinfecção, desde que tenham eficiência semelhante.
- (⁵) A fim de minimizar problemas de permeabilidade dos solos, o critério da RAS deverá ser interpretado em conjunto com a Condutividade Elétrica (CE), conforme especificações de FAO (1985) e EPA (2012) descritos na resolução.
- (⁶) Este padrão aplica-se para o uso de irrigação. Para os demais usos, aplica-se o padrão do uso com Restrição Severa.

Fonte: Adaptado de Resolução Conjunta SES/SMA; SRH (2017).

A Resolução Conjunta SES/SMA/SSRH n° 01/2017 estabelece a periodicidade de monitoramento de cada parâmetro, com as frequências variando de diária à anual, além disso, determina as responsabilidades do produtor, bem como os cuidados no manuseio da água de reúso.

A Resolução n° 02 de fevereiro de 2017, do Conselho Estadual do Meio Ambiente do Estado do Ceará – COEMA, determina os padrões e condições de lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras, bem como, estabelece diretrizes, critérios e parâmetros específicos para o reúso não potável de água, para fins urbanos, agrícolas e florestais, ambientais, industriais e aquicultura, conforme apresentado no Quadro 3 (CEARÁ, 2017).

Quadro 3 - Condições e padrões para o reúso de efluentes sanitários dispostos na Resolução COEMA de 2017.

Padrões de qualidade	Modalidade de Reúso			
	Usos urbanos	Usos agrícolas e florestais	Usos ambientais	Aquicultura
Coliformes termotolerantes (CT/100 mL)	≤ 5000 (¹)	≤ 1000 (²)	≤ 10.000	≤ 1000
Ovos de helmintos (Ovo/L)	≤ 1	≤ 1(²)	≤ 1	ND
Condutividade elétrica (µS/cm)	≤ 3000	≤ 3000	≤ 3000	≤ 3000
pH	6,0 – 8,5	6,0 – 8,5	6,0 – 8,5	6,0 – 8,0
Temperatura (°C)	-	-	-	≤ 40

(¹) Para fins de irrigação paisagística, este parâmetro deverá ser até 1000 CT/100mL.

(²) Em culturas a serem consumidas cruas cuja parte consumida tenha contato direto com a água de irrigação, este parâmetro deverá ser: Não Detectado – ND.

Fonte: Adaptado de Ceará (2017).

No que se refere ao reúso industrial não potável, a fim de incentivar a prática e reduzir a emissão de resíduos e a contaminação de corpos hídricos, o Estado do Rio de Janeiro promulgou a Lei nº 7.599 de 24 de maio de 2017, que dispõe sobre a obrigatoriedade da instalação de equipamentos de tratamento e reúso de água nas indústrias com o quadro de funcionários superior a 100 (cem) empregados. A lei não estabelece as condições e os padrões das águas de reúso e determina que as indústrias que não cumprirem o disposto na lei não terá direito a benefícios, convênios e incentivos estaduais (RIO DE JANEIRO (Estado), 2017).

No Estado do Tocantins, a Lei nº 3.261 de 02 de agosto de 2017 estabelece a Política Estadual de Captação, Armazenamento e Aproveitamento de Águas Pluviais e define normas e conceitos de cunho geral para a implantação da prática do reúso direto planejado (TOCANTINS, 2017).

Ao observar o cenário, no âmbito municipal, com intuito de regulamentar e implementar políticas internas de reúso de água para fins não potáveis, alguns dos municípios brasileiros criaram leis que abordam a temática, de forma a incentivar a prática, entretanto, não apresentam as orientações técnicas para a sua aplicação. No que se refere ao reúso potável de água, assim como nas legislações nacionais e estaduais, não foram identificadas leis específicas que dispõem sobre a prática (STEPPING, 2016; MCIDADES; SNSA, 2017b). Uma síntese das principais legislações municipais brasileiras relevantes à prática de reúso não potável são apresentadas no Quadro 4.

Quadro 4 - Legislações municipais brasileiras acerca da prática de reúso não potável.

Legislação	Município	Objeto/Descrição
Lei nº 6.076, de 21 de janeiro de 2003	Maringá/PR	Dispõe sobre o reúso de água não potável e dá outras providências.
Lei nº 6.259, de 23 de dezembro de 2004	Vitória/ES	Dispõe sobre o reúso de água não potável e dá outras providências.
Lei nº 4.748, de 07 de março de 2005	Cuiabá/MT	Dispõe sobre o reúso da água das estações de tratamento de esgoto.
Lei nº 10.970, de 20 de outubro de 2006	Ribeirão Preto/SP	Estabelece o reúso de água tratada no município e dá outras providências.
Lei nº 3.739, de 8 de fevereiro de 2010	Aracaju/SE	Institui o programa municipal de reaproveitamento dos subprodutos do tratamento do esgoto de reúso de água.
Lei nº 4.603, de 26 de agosto de 2013	Caicó/RN	Recomenda critérios e padrões de qualidade para água de reúso a ser utilizada nas seguintes atividades: produção agrícola, fins urbanos, piscicultura e dá outras providências.

Legislação	Município	Objeto/Descrição
Decreto nº 19.086, de 15 de outubro de 2014	São Bernardo do Campo/SP	Institui o programa de consumo racional, reaproveitamento e reúso de águas do município de São Bernardo do Campo, e dá outras providências.
Resolução nº 09 de 31 de julho de 2014	Campinas/SP	Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para o reúso direto não potável de água, proveniente de estações de tratamento de esgoto (ETEs) de sistemas públicos para fins de usos múltiplos no município de Campinas.
Lei nº 16.174, de 22 de abril de 2015	São Paulo/SP	Estabelece regramento e medidas para fomento ao reúso de água para aplicações não potáveis, oriundas do polimento do efluente final do tratamento de esgoto, de recuperação de água de chuva, da drenagem de recintos subterrâneos e de rebaixamento de lençol freático e revoga a Lei Municipal nº 13.309/2002, no âmbito do município de São Paulo e dá outras providências.
Lei nº 7.424, de 24 de agosto de 2016	Rio de Janeiro/RJ	Fica obrigada a utilização de água de reúso pelos órgãos integrantes da administração pública estadual direta, das autarquias, das fundações instituídas ou mantidas pelo poder público, das empresas em cujo capital do Estado Rio de Janeiro tenha participação, bem como pelas demais entidades por ele controladas direta ou indiretamente.

Fonte: Autor.

Destaca-se que apenas a legislação do município de Caicó/RN recomenda padrões e critérios de qualidade para a água de reúso. A Lei nº 4.603/2013 sugere para irrigação agrícola, padrões microbiológicos anteriormente estabelecidos pela Organização Mundial da Saúde (OMS) (WHO, 2006a; WHO 2006b). Já para fins urbanos e reúso em tanques de piscicultura, a lei recomenda os critérios propostos pelo Programa de Pesquisa em Saneamento Básico (PROSAB) (CAICÓ/RN 2013).

Com base nos instrumentos legais apresentados, verifica-se que há uma crescente preocupação em equacionar o cálculo entre a demanda e a oferta de água, devido à alta pressão sob os recursos hídricos, sendo que, uma das principais possibilidades para lidar com a escassez é a valorização e reúso de águas residuárias (SALGOT; FOLCH, 2018; TORTAJADA; NAMBIAR, 2019). A regulamentação desses sistemas é globalmente inconsistente (WILCOX et al., 2016) e a falta de uma estrutura regulatória dificulta a prática de reúso e seus benefícios para a população (ŠRÁMKOVÁ; DIAZ-SOSA; WANNER, 2018).

3.1.2 Reúso Potável Direto e Indireto

Existem mais de 60 países no mundo praticando diferentes tipos de reúso de água. Em relação ao volume anual total de água reutilizada, desconsiderando a eficiência do tratamento, os países que apresentam os maiores números são China, México e Estados Unidos. Quando considerado o reúso por habitante, Qatar, Israel e Kuwait são os países mais bem classificados (CHHIPI-SHRESTHA; HEWAGE; SADIQ, 2017).

Exemplos de reúso não potável podem ser encontrados em inúmeras cidades, com destaque para Sydney, Adelaide, Tóquio e Nova York, enquanto o reúso potável é menos comum, atualmente com a prática já consolidada em Singapura, Orange County, Califórnia, Windhoek, Namíbia, Big Springs, Texas e em desenvolvimento em cidades como Perth e Londres (WILCOX et al., 2016).

Os programas de reúso potável direto e indireto estão sendo considerados para lidar com a crise hídrica derivada principalmente do crescimento populacional e das mudanças climáticas (LAHNSTEINER; VAN RENSBURG; ESTERHUIZEN, 2017). A prática também é estudada em países com abundância em água, como é o caso de algumas regiões no Brasil, onde projetos vêm sendo discutidos como fontes alternativas de água potável em resposta à crescente população, poluição e secas (DOS SANTOS; DE FARIAS, 2017).

Nos Estados Unidos, a prática de reúso potável evoluiu consideravelmente nas últimas décadas, sendo que os primeiros projetos foram construídos no sul da Califórnia para recarregar aquíferos subterrâneos (EPA, 2018). Os efluentes tratados, que estão de acordo com os atuais critérios de qualidade acerca da prática de reúso, são de alta qualidade e seguros, se utilizados conforme os regulamentos do Departamento de Saúde Pública da Califórnia (ANGELAKIS; GIKAS, 2014).

Um dos casos de reúso potável na Califórnia, ocorre no semiárido do Orange County, que durante décadas dependeu da água do norte do Estado e do rio Colorado para o abastecimento da população. No entanto, com secas de vários anos e restrições ambientais e econômicas, o Orange County Water District (OCWD) e o Orange County Sanitation District (OCSD) uniram esforços para fornecer um suprimento confiável desenvolvendo um programa de purificação de água chamado de Ground Water Replenishment System (GWRS), que entrou em operação em 2008 (KAYHANIAN; TCHOBANOGLIOUS, 2016).

O GWRS é considerado o maior sistema de purificação de águas residuárias do mundo, e utiliza um processo avançado de três etapas, consistindo de microfiltração, osmose reversa e luz ultravioleta com peróxido de hidrogênio, produzindo água de alta qualidade que atende e

excede os padrões estaduais e federais de água potável. Esta água purificada é lançada em uma barreira de água do mar e bombeada para recarregar bacias que abastecem a população de Orange County (OCWD, 2018).

Apesar dos primeiros regulamentos terem surgido na Califórnia, foi a capital da Namíbia, Windhoek, que projetou a mais antiga planta de recuperação de águas residuárias para uso potável. Implantado em 1968, após uma série de testes rigorosos, o sistema é conhecido hoje como a New Goreangab Water Reclamation Plant (NGWRP) (ONYANGO; LESLIE; WOOD, 2014a; GROSS, 2016).

Na Austrália, em Perth, o projeto de reúso potável operado pela Water Corporation of Western Australian refere-se à recarga de aquíferos para o abastecimento da cidade. O efluente tratado é proveniente da Estação de Tratamento de Esgoto de Beenyup, e posteriormente purificado por ultrafiltração, osmose reversa e desinfecção por UV, atualmente o projeto tem capacidade de reciclar cerca de $28 \times 10^6 \text{ m}^3$ de água por ano que são suficientes para abastecer até 100.000 residências e até 2060 pode reciclar $115 \times 10^6 \text{ m}^3$ por ano com água proveniente de várias estações de tratamento de esgoto (KHAN; ANDERSON, 2018).

No Texas, a cidade de Big Spring possui um projeto que complementa as fontes brutas de águas subterrâneas e superficiais. A unidade de produção de efluente tratado é composta pelos processos de microfiltração, osmose reversa e oxidação avançada (ultravioleta), sendo lançada em corpo hídrico superficial e posteriormente captada para estação de tratamento de água convencional antes de ser distribuída aos consumidores, o sistema é considerado direto potável, pois não há um atenuador que forneça uma quantidade maior de tempo entre o tratamento e o uso de água (WHO, 2017).

Em Singapura, o projeto NEWater foi implementado pelo governo em 1998 e permanece vigente até hoje, o processo consiste no reúso de esgoto em água tratada de alta qualidade. Já foram feitos mais de 150.000 testes científicos e o seu alto grau de pureza, ultrapassa os padrões estabelecidos pela Organização Mundial de Saúde (OMS) e pela United State Environmental Protection (EPA), em decorrência disso, a NEWater é utilizada principalmente para fins industriais, e em períodos de seca é adicionada aos reservatórios para abastecer o sistema de água potável da cidade (PUB SINGAPORE, 2018).

Atualmente, existem cinco plantas de tratamento NEWater, atendendo cerca de 40% das necessidades de Singapura, e até 2060 estima-se que sejam atendidos 55% da demanda futura de água da cidade (LEFEBVRE, 2018). Esse projeto foi acompanhado por um programa de conscientização pública, destacando-se: a criação da terminologia “NEWater”, que fez parte de uma estratégia para melhorar a aceitação e o engajamento do consumidor, produção de milhares

de garrafas de NEWater para serem distribuídas gratuitamente, políticos e celebridades consumindo o produto publicamente, além da instalação de um centro de visitantes para transmitir informações aos interessados. No encerramento da campanha, uma pesquisa independente mostrou que foi alcançada uma taxa de aceitação de 98% (BIO BY DELOITTE, 2015; FURLONG et al., 2019).

Embora haja algumas variações, em vias gerais, o reúso potável indireto, consiste em sistemas onde a água tratada é introduzida ou armazenada em buffers ambientais (superficiais ou subterrâneos), re-captada, tratada novamente e distribuída à população (TORTAJADA; NAMBIAR, 2019).

Na Bélgica, em Torreele/St. André, a ETE de Wulpen possui unidade de pós-tratamento com ultrafiltração seguido de osmose reversa, o efluente é introduzido no aquífero através de uma lagoa de infiltração. A água subterrânea é bombeada e tratada na estação de tratamento da cidade por meio dos processos de aeração e filtração rápida em areia, abastecendo posteriormente o sistema de distribuição (KOOP et al., 2015).

Em Occoquan, no ano 1978 foi implantado pela Upper Occoquan Service Authority (UOSA) um sistema de reúso potável indireto, motivado pelo crescimento populacional, urbanização crescente e um declínio na qualidade da água do reservatório, principal fonte de abastecimento no norte da Virgínia. O efluente tratado é lançado a montante do reservatório e, desde então houve melhoria nos padrões de qualidade da água conforme monitoramento do Occoquan Watershed Monitoring Laboratory (ONYANGO; LESLIE; WOOD, 2014b).

A contribuição da água residuária tratada para a recarga do reservatório varia ao longo do ano, geralmente correspondendo a 50% do volume total durante o final do verão e início do outono e, em alguns casos extremos, compreende até 80%. A água armazenada é captada pela estação de tratamento de Fairfax County para abastecimento da população (LODHI et al., 2019). A água produzida no UOSA deve atender aos padrões de desempenho definidos pelo Departamento de Qualidade Ambiental da Virgínia, com valores de pH entre 6 a 9, e concentração média mensal de nitrogênio Kjeldahl total de 2,5 mg/L (WHO, 2017).

No Brasil, um caso de reúso potável indireto, ocorre na cidade de Brasília – DF. Devido sua localização geográfica, a região passa por uma estação intensa de seca e graves problemas de disponibilidade hídrica. Com isso, a empresa de saneamento local, passou a fazer uso do Lago Paranoá, reservatório artificial urbano, como ponto de captação de água superficial para ampliação do sistema de abastecimento, sendo que o mesmo também é utilizado como corpo hídrico receptor dos efluentes tratados das ETEs Norte e Sul (SODRÉ; SAMPAIO, 2020).

3.1.3 Reúso Industrial, Agrícola e Urbano

A água é considerada insumo primordial para a indústria e à medida que este recurso se torna cada dia mais escasso, tanto pela demanda crescente e uso indiscriminado, quanto por questões climáticas. O setor industrial tem sido forçado a buscar fontes alternativas (SÁNCHEZ, 2021). O tratamento e reúso de águas residuárias são ferramentas eficazes para os programas de desenvolvimento industrial sustentável (HOINKIS et al., 2012), sendo aplicado com sucesso no Japão, Estados Unidos, Canadá e Alemanha (ESLAMIAN, 2016).

Nos Estados Unidos, o reúso industrial é aplicado principalmente para resfriamento em usinas (EPA, 2012), também sendo utilizado em refinarias de petróleo, metalúrgicas, fábricas de produtos químicos, indústria de papel e celulose e, atualmente, está sendo aplicado na fabricação de semicondutores (CAPODAGLIO, 2020). No Japão, em Itoman, um projeto inovador visa integrar os sistemas de reúso de água com as unidades existentes de abastecimento de água industrial (TAKEUCHI; TANAKA, 2020). Outro exemplo de reutilização de água no setor industrial está em Terneuzen, Holanda. A planta de fabricação DOW Chemical usa um sistema de membrana integrado que produz água recuperada de alta qualidade, usando menos energia e produtos químicos (HARDY et al., 2015).

A cidade de Tarragona, no sul da Catalunha - Espanha, devido à problemas de estresse hídrico utiliza efluentes secundários de duas estações de tratamento de águas residuárias municipais (Vila-Seca e Tarragona), tratando-as para fins industriais. O reúso da água se dá em um parque industrial, para resfriamento e processamento de água em um complexo petroquímico (SANZ et al., 2015).

No Brasil, o Projeto Aquapolo trata-se do maior plano de reúso industrial da América Latina, situado no interior da ETE ABC na cidade de São Paulo – SP. A Estação de Produção de Água Industrial (EPAI) Aquapolo, foi implementada em 2012 e desde então opera tratando os efluentes secundários da ETE ABC por meio de Biorreatores de Membrana (MBR), fornecendo tratamento de nível terciário. A água industrial produzida, visa atender a demanda de água do Polo Petroquímico de Capuava, na região do ABC, para utilização principalmente em torres de resfriamento (MCIDADES, SNSA, 2017c).

A ETE ABC, trata vazões de esgoto que oscilam de 1,8 a 2,5 m³/s. A EPAI Aquapolo tem capacidade instalada de 1,0 m³/s, operando com 0,65 m³/s. Com esse projeto, o volume de água potável substituído por água industrial de reúso, pela Aquapolo Ambiental S/A, é suficiente para abastecer uma cidade de 500 mil habitantes, como o município de Santos-SP (MELO; RODRIGUEZ, 2017).

Um dos principais tipos de reúso não potável é na agricultura. A água residuária tratada pode melhorar a produtividade agrícola devido ao alto teor de nutrientes e reduzir os custos com fertilizantes, além de elevar o rendimento da safra (HARDY et al., 2015).

Se tratando de reúso agrícola, a Estação de Tratamento Avançado de Esgoto (ETAR) localizada no município de Atotonilco de Tula, no estado de Hidalgo, México, tem como principal objetivo melhorar a qualidade das águas residuárias para irrigação de diferentes culturas. A ETAR é a maior da América Latina e uma das maiores do mundo, com capacidade nominal de tratamento de 35 m³/s de efluente e capacidade máxima de até 50 m³/s (GARCÍA-SÁNCHEZ; GÜERCA, 2019).

Uma vez tratado, o efluente flui pelo canal Salto-Tlamaco, alimentando as áreas de plantação agrícola do Vale do Mezquital. O Vale é considerado a maior extensão agrícola do mundo, irrigada com águas servidas. Por mais de 100 anos, quase 90.000 hectares foram irrigados com águas residuárias provenientes da região Metropolitana da Cidade do México (VÁZQUEZ-SALVADOR, 2020).

A agricultura irrigada com águas residuárias representam meios de subsistência para uma pequena parcela de agricultores em todo o mundo (MILLER-ROBBIE; RAMASWAMI; AMERASINGHE, 2017). No Brasil, a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) concluiu em 2016, o Plano de Recursos Hídricos da Bacia do Piancó-Piranhas-Açu, que engloba os estados do Rio Grande do Norte e Paraíba. Entre as ações previstas, já estão em andamento nos municípios de Jucurutu, São Fernando, Serra Negra e Itaporanga, quatro projetos de reúso de água para fins agrícolas (ANA, 2019).

No que tange o reúso urbano, vários projetos têm sido empregados de forma eficaz em diversos países. A estação de tratamento de águas residuárias de Old Ford foi construída para fornecer água não potável em Londres, especificamente para o Parque Olímpico Rainha Elizabeth, local que sediou as Olimpíadas e Paraolimpíadas de 2012. O sistema utiliza biorreator de membrana e carvão ativado granular para atender os padrões de qualidade para o reúso não potável, com o objetivo de abastecer uma rede de distribuição que atende vários locais do Parque, para descarga de vasos sanitários e irrigação das áreas verdes (FRIJNS et al., 2016).

No estado do Kansas, localizado no centro-oeste dos Estados Unidos encontra-se como principal modalidade de reúso de efluente tratado o uso urbano, apoiando a irrigação de parques, campos de golfs e outras áreas de lazer públicas, uma vez que os padrões de qualidade exigidos para este fim são menos exigentes (KANSAS WATER OFFICE, 2014). Devido ao elevado potencial, o Estado possui 118 estações de tratamento de águas residuárias tratadas com licenças que permitem a prática de reúso (HARTSIG; HOURCHEN; LIN, 2017).

Em 2018, a Espanha foi classificada como o país com as maiores taxas de reúso de águas residuárias da União Europeia (MELGAREJO-MORENO; LÓPEZ-ORTIZ; FERNÁNDEZ-ARACIL, 2019). Esta prática é consolidada em atividades com fins urbanos como irrigação de parques privados, descargas de instalações sanitárias e sistemas de combate a incêndios, alcançando juntamente com os usos agrícolas um percentual de 83% do total de água reutilizada na Espanha (JODAR-ABELLAN; LÓPEZ-ORTIZ; MELGAREJO-MORENO, 2019). O efluente da ETAR de Rincón na Espanha é usado para usos urbanos e recreativos. Parte da água residuária tratada irriga a faixa central de uma rodovia e o parque público - Alicante Palm Tree Grove Park (MELGAREJO et al., 2016).

O Japão tem desenvolvido sistemas de reúso de água não potável em várias cidades, principalmente para aplicações urbanas, como descarga de vasos sanitários e irrigação paisagística (TAKEUCHI; TANAKA, 2020). O reúso de água tem sido amplamente praticado na Alemanha. Devido à escassez sazonal e aos conflitos crescentes no uso da água, este país tem adotado opções alternativas de abastecimento de água, incluindo reúsos urbanos e agrícolas (DREWES et al., 2019).

No Brasil, a ETE Jesus Netto, localizada no Ipiranga, região metropolitana de São Paulo, foi instalada em 1935 sendo pioneira em reúso. O efluente tratado é utilizado na rega de áreas verdes, em processos industriais, limpeza de vias públicas, entre outras modalidades. Além disso, na Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP), também ocorre produção de água de reúso nas estações São Miguel, Parque Novo Mundo e Barueri para fins urbanos não potáveis, nos quais incluem-se irrigação paisagística e lavagem de ruas (SABESP, 2017).

No município de Campinas – SP, a SANASA (Sociedade de Abastecimento de Água e Saneamento) opera desde 2012 a Estação Produtora de Água de Reúso (EPAR) Capivari II, que utiliza a tecnologia MBR para tratamento de efluente. A planta tem capacidade para tratar 363 L/s (2ª etapa) e remover até 99% da carga orgânica, além de nutrientes e bactérias. Em 2018, foram tratados 8 milhões de m³ de água de reúso, utilizados principalmente para irrigação paisagística, construção civil, lavagem de espaços públicos, corpo de bombeiros, desobstrução de redes e galerias e lavagem de veículos. O excedente é lançado para o curso d'água, contribuindo para a sua autodepuração (SANASA, 2018).

O sistema que integra os setores de abastecimento de água, tratamento de esgoto e resíduos vem ganhando destaque. Nesta nova abordagem, as águas residuárias municipais são tratadas em um Centro de Recurso e Recuperação (RRC), fornecendo tanto a água de reúso, que pode ser aplicada diretamente para diferentes fins, como ser lançada no corpo receptor

(BAUER; LINKE; WAGNER, 2020). O projeto de RRC desenvolvido em Qingdao na China é considerado referência, sendo que as águas cinzas de máquinas de lavar e chuveiros são reaproveitadas para descargas de vasos sanitários e as águas residuárias tratadas reutilizadas na irrigação (TOLKSDORF; LU; CORNEL, 2016).

3.1.4 Percepção Social sobre o Reúso de Água

Com o avanço das tecnologias de tratamento de águas residuárias, observa-se que na atualidade, os principais entraves para se alcançar eficiência na gestão da água, são relacionados a preceitos sociais e não técnicos (RICART; RICO; RIBAS, 2019). A percepção e a aceitação pública constituem-se em fatores essenciais para a introdução de programas de reúso (MICHETTI et al., 2019), e as pesquisas sociais se configuram como o marco inicial para avaliação da viabilidade de implantação de programas relacionados ao tema. E também têm sido responsáveis por fornecer diretrizes, a partir das quais, são elaborados projetos de participação efetiva da população (AITKEN et al., 2014).

Estudos têm sido realizados para definir os fatores que influenciam na percepção social, em relação ao consumo de água de reúso (ADAPA, 2018), eficácia no fornecimento de informações acerca dos processos em projetos de reúso e a qualidade da água residuária (FIELDING; ROIKO, 2014), além de modelos de planos de comunicação para aumentar as expectativas e promover a aceitação do reúso potável direto (WRRF, 2015).

Alcançar a aceitação pública do uso da água potável de fontes alternativas se trata de um desafio para os gestores de água. A Water Reuse Research Foundation (2015) aborda métodos estratégicos para introduzir e comunicar o conceito de reúso potável e sua importância e, por conseguinte, contribuir no avanço da percepção social positiva.

O grau de aceitação para o reúso de águas residuárias varia amplamente, dependendo dos objetivos de reúso e é influenciado por muitos fatores de origens culturais, religiosas, educacionais e/ou socioeconômicas, sendo que, a educação e o nível de contato físico são identificados como os fatores mais frequentemente associados aos níveis de aceitação dessa prática (SAAD; BYRNE; DRECHSEL, 2017). O principal desafio é identificar o conhecimento e as percepções do público e abordar sistematicamente as preocupações por meio de uma estrutura de estratégias educacionais, políticas e de gestão (RICART; RICO, 2019).

É sabido que, o grau de confiança do público-alvo pode ser melhorado e a percepção de risco para água reciclada pode ser reduzida por meio da popularização do conhecimento sobre a prática, afetando positivamente a percepção social e sua disposição em aceitar a reúso da água

reciclada (FU; LIU, 2017), aumentando o apoio e a sensação de conforto e segurança no uso de água proveniente de reúso (FIELDING; ROIKO, 2014).

A não aceitação em consumir água reciclada se deve em parte ao desconhecimento da eficácia dos processos de tratamento utilizados (ROZIN et al., 2015; GARCIA-CUERVA, BERGLUND; BINDER, 2016). O grau de aceitação é inversamente proporcional ao grau de exposição direta com a água recuperada e a aceitabilidade também está associada ao nível de conhecimento e informação que o público tem e recebe sobre o tema (SCHMID; BOGNER, 2018).

Estudos enfatizam que estratégias como ampla divulgação e informação, sobre o processo de reúso de água, confiabilidade, benefícios para comunidade local baseados em exemplos similares, bem como, envolvimento do público desde o início das ações, evidenciam uma maior aceitação da água reciclada pelo público (FIELDING; DOLNICAR; SCHULTZ, 2018). Um exemplo de estratégia eficaz, trata-se do projeto bem-sucedido implementado em Singapura, conhecido como “NEWater”, que objetiva a conscientização da população empregando campanhas de comunicação pública, com abordagens sobre as tecnologias e processos do sistema de reúso da água, aumentando o índice de aceitação aos projetos de reúso implantados (KAPLAN, 2016; LEFEBVRE, 2018; GHERNAOUT; ELBOUGHDIRI; GHAREBA, 2019).

No Brasil, a percepção social quanto ao reúso agrícola de água no semiárido foi visto como uma fonte alternativa para contribuir com o aumento da produção de culturas, como também uma garantia de irrigação no período de estiagem (SCHAER-BARBOSA; SANTOS; MEDEIROS, 2014).

Em situação de estresse hídrico, as pessoas tendem a ser mais receptivas ao reúso de águas residuárias tratadas, uma vez que, a percepção de benefícios de tal prática torna-se mais evidente. A resistência da população geralmente relaciona-se a preconceitos, crenças, além da sensação de aversão e desconfiança gerados pela falta de conhecimento, muitas vezes justificados por maus resultados de programas anteriormente implantados em outras situações sociais econômicas ou políticas (GARCIA-CUERVA; BERGLUND; BINDER, 2016).

Outro ponto refere-se à correlação entre os aspectos sociais e econômicos das pessoas e opiniões acerca do uso de água residuária tratada. Indivíduos com nível de educação e com renda elevada estão mais propensos a usar água de reúso e estão mais dispostos a pagar por isso (GU et al., 2015).

Ressalta-se que, é necessário fortalecer o apoio a sistemas alternativos de água, por meio da ampla divulgação e promoção da prática, com exemplos reais de sucesso que sejam capazes

evidenciar o potencial dos sistemas de tratamento de efluentes, minimizando assim, a visão negativa da população para a prática de reúso e estimulando a confiança da comunidade nos reguladores e autoridades locais (BAGHAPOUR; SHOOSHTARIAN; DJAHED, 2017; ISHII et al., 2015).

A credibilidade das agências reguladoras de água influencia na aceitação relacionada ao reúso de efluente tratado e na percepção de risco. Maior senso de identidade da comunidade com as autoridades da água e níveis elevados de confiança nas agências estão associados ao aumento de opiniões positivas acerca do reúso de águas residuárias, e menores sensações de ameaças à saúde pública (ROSS; FIELDING; LOUIS, 2014).

Portanto, a implantação da prática de reúso para finalidades com maior aceitabilidade social, como limpeza de ruas, lavagem de carros, irrigação de parques ou descarga de vasos sanitários, a médio e longo prazo, tendem a aumentar a aceitabilidade para os demais usos, (GHERNAOUT; ELBOUGHDIRI; GHAREBA, 2019), pois à medida que o conhecimento público dos sistemas já implantados se expande a população começa a se habituar com as técnicas e a compreensão global das vantagens vinculadas a esta prática (SMITH et al., 2018).

3.2 Compostos Emergentes nas Águas Residuárias

Nas últimas décadas, a ocorrência de micropoluentes no ambiente aquático tornou-se uma questão mundial de crescente preocupação ambiental. Micropoluentes, também denominados como contaminantes emergentes, consistem em uma vasta gama de substâncias antropogênicas e naturais (LUO et al., 2014), que podem representar um risco ecológico e para a saúde (GRANDCLÉMENT et al., 2017).

Dentre os compostos emergentes, tem-se os fármacos que são fabricados para terem um modo específico de ação e serem persistentes, mantendo sua estrutura química, por tempo suficiente para sua ação terapêutica, e assim persistem também no meio ambiente (GOGOI et al., 2018). Mesmo as drogas que possuem meia vida curta, são passíveis de causar exposições crônicas, uma vez que, sua introdução contínua no meio ambiente leva à bioacumulação (SILVA et al., 2020).

Os produtos farmacêuticos têm suscitado grande preocupação do público devido à sua ocorrência frequente no ambiente aquático. Espera-se que o consumo dessas classes de produtos químicos aumente com as tendências da população e com o comportamento de consumo destes produtos (LONAPPAN et al., 2016). Os compostos farmacêuticos são representados por uma série de medicamentos, tais como anti-inflamatórios, antibióticos, analgésicos, etc. (FENT;

WESTON; CAMINADA, 2006; BORGES et al., 2016). O ibuprofeno e o diclofenaco são típicos representantes dos anti-inflamatórios não esteroides mais empregados (MADIKIZELA; CHIMUKA, 2017; AZIZ et al., 2017). A carbamazepina e a cafeína, também são frequentemente usados.

Devido à alta eficácia, o ibuprofeno está entre os anti-inflamatórios não esteróides (AINE) mais prescritos em todo o mundo (BRUNE; PATRIGNANI, 2015; KIM et al., 2015). Os AINEs são amplamente receitados devido suas propriedades analgésicas, antipiréticas e anti-inflamatórias com objetivo de aliviar dores e inflamações (PAROLINI, 2020).

O diclofenaco é um anti-inflamatório não esteroidal predominante (AINE). Após administração oral, aproximadamente 35% da dose é conjugada pela bile e 65% é excretada pela urina (ULUBAY et al., 2018). Entre os principais AINEs detectados nos corpos hídricos superficiais, o diclofenaco é o fármaco identificado com mais frequência em amostras ambientais, sendo que, sua presença nas estações de tratamento é um problema grave, devido seus efeitos nocivos a diferentes organismos (SCHIRMER et al., 2018; PAROLINI, 2020).

A carbamazepina é um composto farmacêutico anticonvulsivante que tem sido utilizado para tratar convulsões parciais, doença maníaco-depressiva, neuralgia do trigêmeo e agressão explosiva (ALRASHOOD, 2016; AL KHALILI; SEKHON; JAIN, 2020). Este composto é de difícil remoção em tratamentos biológicos de águas residuárias devido sua alta resistência à biodegradação (FALÅS et al., 2012). De modo geral, a eficiência de remoção para esta substância é inferior a 10% em estações de tratamento com tecnologias tradicionais (LIU et al., 2018).

A cafeína é um dos marcadores antropogênicos mais encontrados em águas superficiais e subterrâneas. Apesar de ter efeito diurético, o consumo excessivo de cafeína pode causar vários efeitos adversos, como privação do sono, risco de doenças cardiovasculares, redução das taxas de fertilidade e aumento de abortos. Esta substância apresenta alto teor de solubilidade em água, baixo acúmulo e cerca de 80% das concentrações presentes nos efluentes é passível de remoção em estações de tratamento de águas residuárias convencionais, o que representa um índice de remoção considerável (SOLETO et al., 2014).

As principais rotas de contaminação ambiental por fármacos e desreguladores endócrinos são o lançamento de esgoto tratado e *in natura* (WWAP, 2017), razão pela qual importa avaliar a eficiência de remoção de tais contaminantes em estações de tratamento de esgoto (ETE). Assim como desenvolver novas tecnologias para complementar os processos convencionais na remoção de fármacos/desreguladores endócrinos (FARIA et al., 2015). Os

compostos encontrados em maiores concentrações nas águas residuárias brutas são naproxeno, ibuprofeno, paracetamol, cafeína, sulfadiazina (ESTRADA-ARRIAGA et al., 2016).

Devido ao descarte de efluentes, ainda que tratados, nas águas superficiais, contaminados com produtos farmacêuticos, diferentes tipos de compostos farmacologicamente ativos têm sido encontrados nos corpos hídricos, e podem influenciar o ecossistema e a organização natural (OSORIO et al., 2016). Pelo uso dessa água para a irrigação, os produtos farmacêuticos também podem ser encontrados em vegetais (WU et al., 2014; MILLER et al., 2016).

Os fármacos e seus metabólitos, devido as características (persistência química, baixa biodegradabilidade e sua resistência microbiana), geralmente não são completamente removidos por processos convencionais de tratamento, que são baseados na degradação biológica dos contaminantes (EVGENIDOU et al., 2015; PETRIE et al., 2015). A remoção incompleta desses compostos em estações de tratamento de esgoto tem como consequência, a detecção destes poluentes em amostras de corpos hídricos (CARMONA et al., 2014; MADIKIZELA; CHIMUKA, 2017).

Os sistemas convencionais de tratamento de esgoto que utilizam processos biológicos, como lodos ativados, apresentaram baixa eficiência na remoção de alguns poluentes emergentes como o diclofenaco (JOSS et al., 2006; SUÁREZ et al., 2008; GADIPELLY et al., 2014) e carbamazepina (ESTRADA-ARRIAGA et al., 2016). Os processos anaeróbios como Reatores UASB, também são ineficientes na eliminação destes compostos (QUEIROZ et al., 2012).

Entre as técnicas reportadas na literatura, a adsorção surge como alternativa para remoção de poluentes emergentes (CHAYID; AHMED, 2015; NANAKI et al., 2015; FRANCO et al., 2017). Os processos de adsorção ao carvão ativado, inicialmente projetados para a produção de água potável tem sido testado para aplicação de águas residuárias, a fim de caracterizar sua eficiência na remoção destes poluentes nas estações de tratamento de esgoto (MAILLER et al., 2016). A adsorção destes compostos no carvão ativado é influenciada pela matriz da água, propriedades do carvão ativado, condições de operação do sistema e pelas propriedades dos poluentes (NGUYEN et al., 2013). Outras técnicas de tratamento como ozonização e osmose (SHEN et al., 2014; DANG et al., 2014), biofiltração, coagulação-floculação, fotodegradação (KHAZRI et al., 2019) e processos avançados de oxidação (POA) têm sido estudadas (MOHAPATRA et al., 2014).

Alguns tratamentos utilizados na remoção dos poluentes emergentes como ultravioleta, ozônio e POA podem degradar o produto químico produzindo espécies mais reativas, com efeitos ecotóxicos e tóxicos (LEFEBVRE, 2018). Esforços estão sendo expandidos nas últimas

décadas para determinar opções de tratamento eficazes na remoção destes compostos (ARLOS et al., 2016), reduzindo o risco potencial à saúde e ao meio ambiente (MA et al., 2018). Portanto, a melhoria dos serviços de tratamento de águas residuárias com a aplicação de novas tecnologias é uma necessidade vigente, para alcançar a sustentabilidade ambiental (KHAN et al., 2017).

Com relação à legislação, no Brasil, pode-se afirmar que não existem diretrizes ou normas que regulamentem o descarte para a maioria dos poluentes emergentes, apesar da importância de identificação dessas substâncias na natureza e do conhecimento dos efeitos adversos que elas podem causar à saúde humana e aos animais (BRANCO et al., 2021). Devido à ausência de legislações que estabeleçam os níveis máximos de contaminantes para a água residuária tratada em projetos de reúso, e as incertezas relacionadas ao risco apresentado por estes poluentes, algumas agências reguladoras definem as tecnologias de tratamento de esgoto que podem ser adotadas quando se objetiva o reúso, como mecanismo mínimo para garantir um efluente de maior qualidade (DREWES et al., 2019).

Em se tratando de sistemas de esgoto, devido à grande variabilidade de contaminantes presentes nas águas residuárias, a inovação tecnológica se faz necessária para aprimorar os processos de tratamento. Os problemas de operação, segurança e gestão das Estações de Tratamento de Esgoto podem ser melhorados e/ou resolvidos com o acúmulo de experiência, inovação e avanço tecnológico contínuo, sendo fundamentais para o desenvolvimento sustentável (SUN et al., 2019).

3.3 Reforma em Fase Aquosa

No final do século XX e início do século XXI, o desequilíbrio entre a crescente demanda de energia, a diminuição das reservas de combustíveis fósseis e os problemas ambientais causados pelo uso excessivo deste recurso não renovável (CIFTCI et al., 2014) levou a sociedade à busca de novas alternativas para minimizar a participação de combustíveis fósseis no consumo de energia. Por sua vez, isso incentivou a utilização de fontes renováveis, bem como o desenvolvimento de novas tecnologias (GODINA et al., 2015).

A biomassa é uma matéria-prima que pode ser utilizada para a produção sustentável de energia e produtos químicos, sendo a única fonte renovável de carbono orgânico do planeta (ISIKGOR; BECER, 2015). Com isso, a aplicação de técnicas para produção de hidrogênio a partir da biomassa passou a ser considerada por muitos especialistas como uma abordagem alternativa para substituir os combustíveis fósseis, devido aos seus reduzidos impactos

ambientais negativos (JEON et al., 2017). Destaca-se que algumas características únicas da biomassa, como elevada capacidade de armazenamento, baixo preço e grande potencial de comercialização, viabilizaram a utilização deste recurso para a produção de hidrogênio (CHEN et al., 2015).

Em 2002, Dumesic e colaboradores constataram que o hidrogênio poderia ser produzido a partir de carboidratos derivados de biomassa (CORTRIGHT et al., 2002). Este processo foi denominado como Reforma em Fase Aquosa, sendo considerado atualmente uma técnica promissora para a conversão de fontes de biomassa em hidrogênio e combustíveis líquidos, de maneira sustentável e renovável (KIM et al., 2016). O processo gera hidrogênio com baixa quantidade de monóxido de carbono em um único reator, com temperaturas que variam entre 150 a 270°C e pressões entre 15 a 40 bar (DUARTE; SAD; APESTEGUÍA, 2017).

Em geral, a Reforma em Fase Aquosa tem sido utilizada para a produção de hidrogênio a partir de resíduos de biomassa, tais como: polióis (JEONG et al., 2014; KIM et al., 2016; DUARTE; SAD; APESTEGUÍA, 2017) e glicerol (CIFTCI et al., 2014; BOGA et al., 2016; BASTAN et al., 2018). As duas principais reações da Reforma em Fase Aquosa de glicerol para produção de hidrogênio são (GUO et al., 2012):

1. Decomposição do Glicerol (ligação C-C)

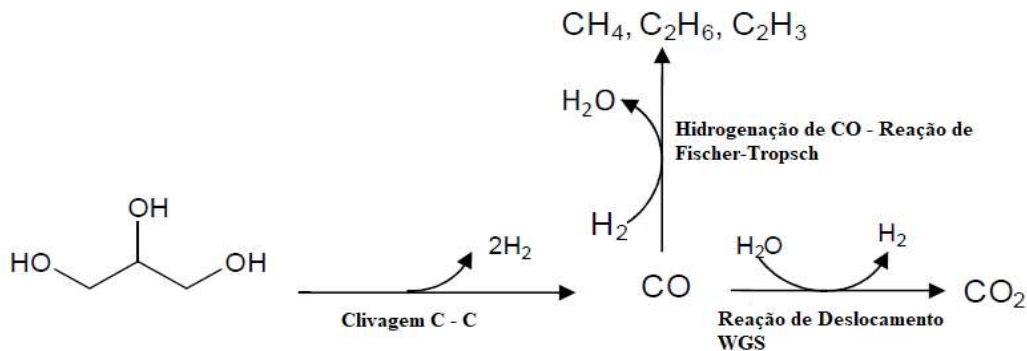


2. Reação de deslocamento água-gás (WGS)



A reação global da Reforma em Fase Aquosa de glicerol é a soma da Equação 1, decomposição do glicerol, e da Equação 2, que é reação de deslocamento de monóxido de carbono com vapor d'água. A primeira etapa da Reforma é a decomposição do glicerol para formação do hidrogênio. A clivagem do glicerol pode ocorrer de duas formas: por meio da ligação C-C ou C-O. A clivagem das ligações C-C seguida pela reação WGS produzirá mais hidrogênio e dióxido de carbono, enquanto a cisão das ligações C-O, seguida de hidrogenação, produzirá um álcool intermediário que poderá continuar a reagir na superfície do metal para formar alcanos (NEIRA D'ANGELO et al., 2014) (Figura 1).

Figura 1 - Reações que podem ocorrer na Reforma em Fase Aquosa de Glicerol.



Fonte: WAWRZETZ, 2008.

A Reforma em Fase Aquosa gera produtos líquidos e gasosos. O hidrogênio, dióxido de carbono, monóxido de carbono, metano e alcanos estão entre os produtos gasosos que podem ser derivados do processo. Entre os gases produzidos, o hidrogênio é considerado o principal produto, por ser uma fonte de energia renovável que pode ser convertido em eletricidade e calor (CORONADO et al., 2016). A fase líquida é uma mistura de diferentes compostos orgânicos presentes na água, dependendo das condições de operação e da matéria-prima utilizada no processo (REMÓN et al., 2016).

As principais variáveis operacionais que podem influenciar o desempenho da Reforma em Fase Aquosa são: temperatura, pressão do sistema, material orgânico e pH (VALIENTE et al., 2010; KING et al., 2010; GARCÍA et al., 2018; OLIVEIRA et al., 2019b).

O método mais comum utilizado para produzir hidrogênio é conhecido como reforma a vapor do gás natural, sendo usado desde os anos 30 (BASTAN et al., 2018). A maior parte do hidrogênio produzido é originada de recursos fósseis, sendo o gás natural a matéria-prima predominante e a reforma a vapor a rota preferida para sua conversão em hidrogênio (NEIRA D' ANGELO, 2014).

A reforma a vapor requer altas temperaturas, acima de $700\text{ }^\circ\text{C}$ e um processo auxiliar de reação em dois estágios: gás e água, o que significa que este é um processo complicado e com uso intenso de energia. Comparado a este processo, a Reforma em Fase Aquosa possui reduzido consumo de energia e baixos custos de produção de hidrogênio, devido às condições de reação serem relativamente leves e seu processo ser simples em etapa única, com alto rendimento de hidrogênio (JEONG et al., 2014).

O emprego de catalisadores metálicos para a produção de hidrogênio, se faz necessário na Reforma em Fase Aquosa, que difere de tecnologias como reforma a vapor, pelo fato dos

oxigenados serem convertidos em hidrogênio em uma fase líquida ao invés de gasosa, proporcionando várias vantagens econômicas e tecnológicas como a eliminação da etapa de vaporização de água e operação em temperaturas moderadas (REMÓN et al., 2016).

A Reforma em Fase Aquosa pode ser estudada combinando-a com atividades comerciais e industriais que precisam, por obrigações ambientais, diminuir o conteúdo orgânico de seus subprodutos líquidos e ao mesmo tempo obter um produto de maior valor (ZOPPI et al., 2021).

3.3.1 Catalisadores

A Reforma em Fase Aquosa utiliza catalisadores para aumentar a velocidade da reação química. Os catalisadores atraentes para o referido processo devem acelerar a quebra das ligações C-C, O-H e C-H, e facilitar a reação de deslocamento água-gás (WGS) subsequente, removendo o monóxido de carbono adsorvido na superfície do catalisador (BASTAN et al., 2018).

Neste processo, o desempenho do catalisador é governado por vários fatores, como a natureza do metal ativo, do suporte, a solução de alimentação e as condições de reação (KIM et al., 2016). O efeito do tipo de catalisador e as condições de reação na Reforma em Fase Aquosa foram amplamente estudadas para catalisadores a base de platina (LARIMI et al., 2016; SERETIS et al., 2016; SUBRAMANIAN et al., 2016; CALLISON et al., 2018); níquel (CORONADO et al., 2017; RÉMON et al., 2017; BASTAN et al., 2018); cobre, cobalto (NOZAWA et al., 2015; WAHEED et al., 2019; GU, WITTEICH, VLACHOS, 2019) e os suportados em óxido de alumínio, dióxido de zircônio, óxido de magnésio, dióxido de silício e óxido de cério ou carbono (RAHMAN, 2015). A platina demonstrou ter consistentemente maior seletividade de hidrogênio (CHEN et al., 2015).

O níquel é um catalisador promissor para os processos de Reforma em Fase Aquosa, mas apresenta baixa estabilidade em condições hidrotérmicas, em comparação com os catalisadores de outros metais, como a base de platina (HAASTERECHT et al., 2014). Os catalisadores de platina provaram ser um dos mais ativos e seletivos para geração de hidrogênio, devido a sua adequação para catalisar a reação WGS e a capacidade de quebrar a ligação C-C (CORONADO et al., 2016). Uma escolha apropriada do catalisador pode mudar as vias de reação para a formação de hidrogênio ou alcanos (CHEN et al., 2015).

As propriedades de suporte geralmente são cruciais na reforma de oxigenados derivados de biomassa. A combinação de um metal ativo, especialmente platina, com um material suporte adequado desempenha um papel fundamental, afetando em particular a seletividade do

catalisador (BOGA et al., 2016). O suporte ideal deve possuir boa resistência química e mecânica a fim de favorecer a dispersão da fase ativa, como por exemplo os materiais mesoporosos (CHENG et al., 2014). Para o processo de Reforma em Fase Aquosa, o material carbono tem sido considerado adequado por ser estável em condições hidrotérmicas (CIFTCI et al., 2014; DAVIDSON et al., 2014). Catalisadores metálicos suportados por carbono exibem alta atividade e estabilidade nas condições operacionais da Reforma em Fase Aquosa (DIETRICH et al., 2014).

O carbono mesoporoso bimodal (BMC), com mesoporos secundários maiores, apresenta um melhor desempenho catalítico em termos de conversão de carbono em gás, rendimento de hidrogênio, seletividade e taxa de produção de hidrogênio devido à sua estrutura mesoporosa única (KIM et al., 2014).

O carvão ativado utilizado como catalisador e suporte de catalisador exibe vantagens significativas em termos de atividade, estabilidade e regenerabilidade sobre catalisadores de metal ou óxido de metal (MERYEMOGLU et al., 2016). O carbono Vulcano é bem conhecido por ser um excelente suporte de catalisador em muitas aplicações, desde células de combustível até baterias. Recentemente, o interesse nas propriedades eletroquímicas do carbono Ketjenblack está se difundindo, porque as nanopartículas depositadas em sua superfície mostraram notável atividade catalítica (HOLADE et al., 2014; SPEDER et al., 2014).

O Ketjenblack é um material carbono comercial, um negro de fumo muito puro, com elevada área superficial BET de aproximadamente $1400 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$ (OLIVEIRA et al., 2019b). O referido material tem baixo teor de cinzas, o que, além do nível de carga extremamente baixo, o torna um excelente produto para várias aplicações. As partículas primárias de negro de fumo consistem em várias camadas semelhantes a grafos, que se combinam para formar agregados de diferentes tamanhos (LAVACCHI et al., 2014).

O material carbono – ENSACO é uma família especial de carbono negro, eletricamente condutivo, produzido por um método proprietário e que fornece produtos extremamente puros com muitas vantagens sobre as alternativas convencionais. Estas nanopartículas de carbono possuem forma redonda, com diâmetro médio de cerca de 40 nm e área superficial BET de $65 \text{ m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$, sendo sintetizados pela oxidação parcial do óleo de origem carboquímica e petroquímica (NAYAK et al., 2013).

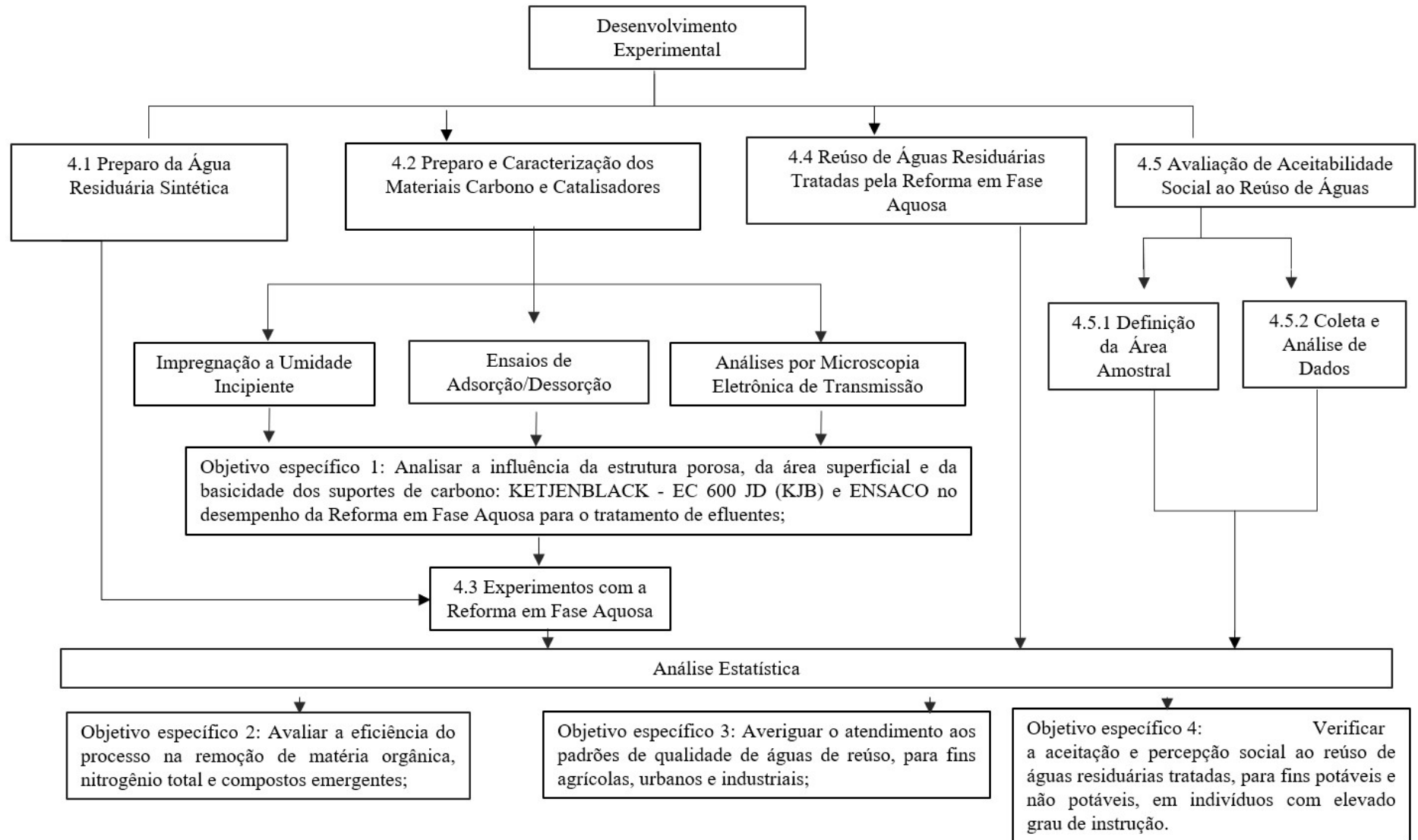
4 METODOLOGIA

Este item apresenta as descrições metodológicas utilizadas para a preparação e caracterização da água residuária sintética, dos materiais carbono e dos catalisadores, além de detalhar a metodologia adotada nos experimentos com a Reforma em Fase Aquosa, para averiguação do atendimento aos padrões de qualidade de águas de reúso, avaliação da aceitabilidade social ao reúso de águas residuárias tratadas e análise estatística dos dados.

A preparação e caracterização da água residuária sintética, dos suportes e dos catalisadores, bem como, os experimentos com os reatores de bancada e as análises físico-químicas, foram realizadas no Laboratório de Física/Química Aplicada da Universidade Autônoma de Madrid – Espanha. Enquanto o estudo sobre aceitabilidade social ao reúso de águas residuárias tratadas e inovação tecnológica foi conduzido na cidade brasileira de Palmas – Tocantins.

A distribuição organizacional dos tópicos apresentados neste item, com os respectivos objetivos específicos associados estão ilustrados na Figura 2.

Figura 2 - Distribuição organizacional dos tópicos com os respectivos objetivos específicos associados.



4.1 Preparo da Água Residuária Sintética

A água residuária sintética utilizada no presente estudo tinha composição similar à de esgotos sanitários, sendo constituída por água, proteínas, carboidratos, lipídeos e sais minerais (RATUSZNEI et al., 2001; DUARTE et al., 2007; SANTOS et al., 2016). Além destes compostos, foi adicionado bicarbonato de sódio na concentração de 200 mg/L para manutenção do pH entre 6 a 8 (Tabela 1).

O substrato sintético foi preparado diariamente, conforme metodologia proposta por Torres (1992). Os compostos orgânicos foram dissolvidos em um litro de água e depois fervido por aproximadamente duas horas, com agitação contínua para garantir a homogeneidade das soluções. Este procedimento não foi realizado com a sacarose, pois os açúcares são geralmente consumidos crus, enquanto os outros componentes são previamente cozidos (TORRES, 1992).

Tabela 1 - Composição da água residuária sintética com base em uma demanda química de oxigênio da ordem de 1.300 mg/L.

Compostos	DQO (%)	Concentração
Proteínas	50	
Extrato de Carne		416 mg/L
Carboidratos	40	
Sacarose (24%)		72 mg/L
Amido Comercial (76%)		224 mg/L
Lipídeos	10	
Óleo de Soja (10%)		0,11 mL/L
Detergente		3 gotas/L
Sais Minerais	—	
NaCl		500 mg/L
MgCl ₂ . 6H ₂ O		14 mg/L
CaCl ₂ .2H ₂ O		9 mg/L
Tampão	—	
NaHCO ₃		200 mg/L

Fonte: Adaptado de TORRES (1992).

A composição da água residuária sintética com poluentes emergentes está descrita na Tabela 2. Nestes experimentos, o substrato foi preparado sem sais minerais e óleo de soja devido à interferência destes componentes em relação a remoção dos compostos emergentes.

Objetivando avaliar a eficiência da Reforma em Fase Aquosa para a remoção dos compostos emergentes, foi adicionado ao substrato sintético uma concentração de 20 mg/L de cafeína, diclofenaco, carbamazepina e ibuprofeno. Estas substâncias foram escolhidas pelo fato de pesquisas indicarem a frequente detecção destes compostos nas matrizes ambientais nacionais e internacionais (AQUINO et al., 2013; LIMA et al., 2017; MA et al., 2018; CHÁVEZ-MEJÍA et al., 2019). Nesta fase do estudo, devido a limitação financeira, todos os ensaios foram realizados utilizando somente o material carbono ENSACO e o catalisador Pt/ENSACO.

O amido, extrato de carne, sacarose, cloreto de cálcio di-hidratado, cafeína, diclofenaco, carbamazepina e ibuprofeno utilizados no presente estudo foram adquiridos da Sigma-Aldrich, enquanto o cloreto de sódio e cloreto de magnésio hexa-hidratado fornecidos pela Panreac AppliChem. Para o óleo de soja e detergente foram empregadas marcas comerciais de uso doméstico.

Tabela 2 - Composição da água residuária sintética contendo proteínas, carboidratos e compostos emergentes, empregando-se uma demanda química de oxigênio da ordem de 1.300 mg/L.

Composto	Concentração
Proteínas	
Extrato de Carne	416 mg/L
Carboidratos	
Sacarose	72 mg/L
Amido Comercial	224 mg/L
Emergentes	
Cafeína	20 mg/L
Diclofenaco	20 mg/L
Carbamazepina	20 mg/L
Ibuprofeno	20 mg/L

4.2 Preparo e Caracterização dos Materiais Carbono e dos Catalisadores

Os catalisadores a base de platina foram empregados no processo de Reforma em Fase Aquosa. O catalisador de platina foi suportado em material carbono: KETJENBLACK - EC 600 JD (KJB) e ENSACO 250g, e foram avaliados como suporte do catalisador.

Os catalisadores a base de platina (Pt) com peso de 3% foram preparados por impregnação a umidade incipiente, tendo a solução aquosa de ácido hexacloroplátinico (H_2PtCl_6 , 8% em H_2O) como precursor da fase ativa. Este composto contendo platina foi adquirido da Sigma-Aldrich e o cálculo do volume necessário de ácido hexacloroplátinico para que a amostra tivesse 3% platina está descrito a seguir.

- Amostra com 3g de catalisador (3% Pt/C) = 2,91g de material carbono e 0,09g de platina (Pt);
 - $0,09\text{g Pt} \times (\text{massa molar do ácido} \div \text{massa molar da platina})$
 - $0,09\text{g} \times (409,81 \text{ g/mol } \text{H}_2\text{PtCl}_6 \div 195 \text{ g/mol Pt}) = 0,1891\text{g } \text{H}_2\text{PtCl}_6$

- Considerando 8% de água: $0,1891\text{g } \text{H}_2\text{PtCl}_6 \div 8\% = 2,3643\text{g } \text{H}_2\text{PtCl}_6$;

- Cálculo do volume;
 - $V = \text{massa} \div \text{densidade}$
 - $V = 2,3643 \text{ g} \div 1,05 \text{ g/mL} = 2,25 \text{ mL } \text{H}_2\text{PtCl}_6$ (8% de H_2O)

Com o auxílio de uma micropipeta, o volume da solução contendo o precursor da fase ativa (H_2PtCl_6 , 8% em H_2O) foi adicionado ao material carbono (suporte) até a saturação dos poros.

Após a impregnação a umidade incipiente, os catalisadores foram secos a temperatura ambiente por um período de 2 horas e introduzidos em uma estufa a 60°C durante 12 horas. Posteriormente, foram calcinados em mufla a 200°C por 2 horas e reduzidos sob fluxo de hidrogênio de 25 N mL/min a 300°C durante 2 horas.

Os suportes de carbono e os catalisadores foram caracterizados mediante isotermas de adsorção/dessorção de nitrogênio a 77k, utilizando o equipamento TriStar II da Micrometrics. Este analisador é automatizado e com o auxílio do software operacional (Windows TriStar II), determinou-se a área superficial específica – BET (BRUNAUER; EMMETT; TELLER, 1938) e a porosidade. Antes da realização das análises, as amostras foram desgaseificadas a uma temperatura de 150°C durante 6 horas para retirar as impurezas das superfícies dos suportes. As análises de pH foram realizadas em phmetro de bancada da Hach, sendo preparado uma solução de 10 mL de água destilada e 1 grama da amostra.

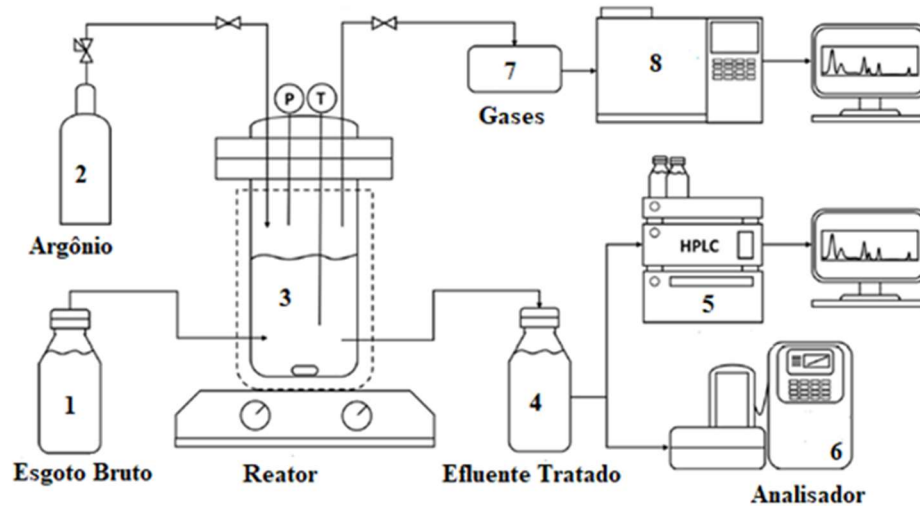
As micrografias dos catalisadores foram obtidas através de um microscópio eletrônico de transmissão (MET) (WILLIAMS, 1996) da JEOL (modelo: 3000F) com voltagem de 300 kV. As imagens obtidas através desta técnica foram utilizadas para examinar a morfologia das partículas e a dispersão da platina no material suporte. As amostras foram preparadas a partir de uma suspensão do catalisador em etanol, sendo inserido 1g de catalisador com 5mL de etanol em ultrassom por cerca de 1 minuto. Posteriormente, com auxílio de uma micropipeta, coletou-se uma gota desta suspensão e inseriu em um porta amostra (grade de cobre recoberta com filme de carbono) para realização das análises no microscópio eletrônico de transmissão. O Software 'ImageJ 1.44i' foi usado para contar e medir o tamanho das nanopartículas de platina (NP-Pt).

O material carbono negro de fumo ENSACO 250g foi fornecido pela TIMCAL Canadá Inc. e KETJENBLACK - EC 600 JD (KJB) pela Akzonobel Functional Chemicals B.V. Canadá.

4.3 Experimentos com Reforma em Fase Aquosa

Neste estudo, a Reforma em Fase Aquosa foi aplicada como etapa única do processo de tratamento de esgoto sanitário. As reações foram realizadas em reator descontínuo de bancada (modelo: BR100, fabricante: Berghof) por um período de aproximadamente 4 horas, utilizando 15 mL de esgoto sintético e 0,3g do material carbono ou do catalisador. O reator era purgado três vezes com gás inerte (Argônio) antes de iniciar o processo de aquecimento e agitação a uma rotação de 500 rpm. Os experimentos foram realizados com temperatura de 220°C e pressão de 24 bar. No final do tempo de reação, o sistema de aquecimento era paralisado para que o reator resfriasse a temperatura ambiente. A Figura 3 apresenta o fluxograma do processo.

Figura 3 - Fluxograma do Processo (1 - esgoto bruto; 2 – sistema de purga com gás inerte; 3 – reator Berghof; 4 – efluente líquido tratado; 5 – cromatografia líquida; 6 – analisador de COT; 7 – sistema de coleta de gases; 8 – cromatógrafo gasoso).



O efluente líquido resultante do processo foi filtrado através de filtros de PTFE de 0,45 μm (Scharlab). As amostras afluentes e efluentes a Reforma em Fase Aquosa foram caracterizadas física e quimicamente de acordo com APHA (2005) (Tabela 3). Os compostos emergentes foram analisados por cromatografia líquida de alta performance da Agilent (Modelo: 6410).

Os gases gerados no processo foram coletados em sacos de amostras multicamadas da Supelco e quantificados por cromatógrafo gasoso (CG) da Agilent (modelo: 7820A), com detector de ionização de chama (FID) e detectores de condutividade térmica (TCD), utilizando duas colunas de enchimento e uma peneira molecular, permitindo a detecção de hidrogênio (H_2), monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO_2), metano (CH_4), etano (C_2H_6) e propano (C_3H_8).

Tabela 3 - Descrição dos parâmetros físico-químicos analisados, com os respectivos métodos adotados.

Parâmetro	Métodos	Referências
pH	Ref. n. 4500-H Electrometric Method	APHA, 2005
DQO (mg/L)	Ref. n. 5220 Closed Reflux Titrimetic Method	APHA, 2005
COT (mg/L)	Spectrophometer Method	APHA, 2005
Nitrogênio Total	Ref. n. 4500 D. Block Digestion and Flow Injection	APHA, 2005

4.4 Reúso das Águas Residuárias Tratadas pela Reforma em Fase Aquosa

Para avaliar a possibilidade de reúso das águas residuárias tratadas pela Reforma em Fase Aquosa, realizou-se uma análise comparativa entre as concentrações dos parâmetros de qualidade do efluente com os limites máximos admissíveis nos regulamentos e diretrizes nacionais e internacionais. Os parâmetros objeto deste estudo, foram: pH, demanda química de oxigênio (DQO), nitrogênio total (NT) e compostos emergentes (cafeína, carbamazepina, diclofenaco e ibuprofeno).

Visando coletar dados sobre regulamentos e diretrizes nacionais e internacionais de reúso de águas residuárias, foi utilizado nesta pesquisa o mecanismo de busca no SciELO, Scopus e no Portal de Periódicos da CAPES. Palavras-chave incluindo "recuperação de água", "reúso de águas residuárias", "regulamentação", "diretriz", "padrão" e "critérios" foram usadas. No total, 34 regulamentos e diretrizes de reúso de água para fins agrícolas, urbanos e industriais foram reunidos para este estudo (ANEXO IV).

4.5 Avaliação da Aceitabilidade Social ao Reúso de Águas Residuárias Tratadas

4.5.1 Definição da Área Amostral

O cenário mundial em relação à pandemia, vivido nos últimos dois anos, impossibilitou a determinação de uma amostra social mais representativa, não sendo possível coletar dados “porta a porta” nas áreas onde a população possui menor poder aquisitivo e, por conseguinte, um grau de instrução inferior. Devido a estas circunstâncias, a pesquisa deu ênfase nos indivíduos com níveis mais alto de escolaridade, por ser viável o acesso através de plataformas digitais, além de serem em geral, formadores de opinião e influenciadores do meio em que vivem.

A pesquisa avaliou o nível de aceitabilidade social quanto ao reúso de água residuárias tratadas e inovação tecnológica, abrangendo um percentual da população residente no município de Palmas – Tocantins, com nível de escolaridade em ensino superior incompleto, ensino superior completo, especialização *latu sensu* e *stricto sensu* (mestrado e doutorado).

Para calcular o tamanho da amostra utilizou-se a metodologia proposta Cochran (1991), considerando a classificação do IBGE por nível de instrução para o primeiro trimestre de 2019 (IBGE, 2019), com intervalo de confiança de 95% e erro amostral de 5,3% (Eq.1).

$$N_0 = \left(\frac{1}{E_0}\right)^2 \quad \text{e} \quad N = \frac{N_0 \times P}{N_0 + P} \quad \text{Eq. 1}$$

Sendo:

N_0 = Primeira aproximação do tamanho da amostra;

E_0 = Erro amostral (5,3%);

$N_0 = 1 / (0,053)^2 = 356$ pessoas

N = Tamanho da amostra corrigida;

P = Tamanho da população de Palmas - Tocantins com ensino superior incompleto, completo, mestrado e doutorado (76.000 pessoas);

$N = (356 \times 76.000) \div (356 + 76.000) = 354$ pessoas

4.5.2 Coleta e Análise de Dados

O questionário utilizado como instrumento de pesquisa para a coleta de dados, no município de Palmas – TO/BR era constituído por questões objetivas, abordando assuntos concernentes ao conhecimento da população acerca do tema tratamento de água e esgoto, e sobre a prática do reúso, bem como, o nível de aceitação de reúso de água para fins potáveis e não potáveis. O questionário padrão aplicado, com a lista completa de todas as perguntas está apresentado no Apêndice A. As respostas possíveis às perguntas eram “sim/não” ou múltipla escolha, e nenhuma das perguntas continham a obrigatoriedade de resposta.

O questionário foi inserido na plataforma do Google Docs e o acesso enviado à população por meio digital (e-mail e aplicativo multiplataforma de mensagens instantâneas). A coleta de dados aconteceu nos meses de julho, agosto e setembro de 2019. Os questionários enviados pelos respondentes foram salvos, e uma tabela da planilha eletrônica Microsoft Office Excel foi gerada automaticamente pelo sistema.

Devido à complexidade do tema, após a aplicação do questionário a população, identificou-se a necessidade de realização de entrevistas semiestruturadas com especialistas do setor de saneamento. Elaborou-se um formulário com quatro perguntas fixas (APÊNDICE C), com possibilidade de realização de mais perguntas de acordo com o desenvolvimento da entrevista. A coleta das informações por meio da técnica da entrevista semiestruturada foi

escolhida por favorecer a relação intersubjetiva entre o pesquisador e os entrevistados, o que permite compreender melhor os resultados encontrados. O objetivo era captar a percepção pessoal do entrevistado relativa ao assunto de interesse do estudo.

Após a finalização das entrevistas, houve a compilação das informações, seleção dos principais critérios e contribuições que pudessem ser incorporados à pesquisa. As entrevistas foram realizadas pessoalmente e por uma plataforma unificada de comunicação (Microsoft Teams). O Quadro 05 apresenta informações sobre o perfil dos entrevistados.

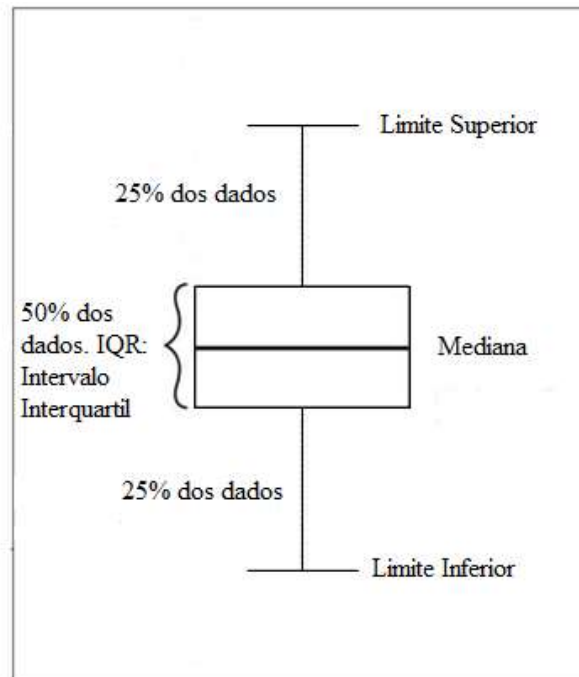
Quadro 5 - Informações sobre o perfil dos entrevistados: especialistas do setor de saneamento.

Entrevistado	Titulação	Organização/Empresa/Instituição	Cargo
Entrevistado 01	Doutor em Engenharia Hidráulica e Sanitária	Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - USP	Professor Titular
Entrevistado 02	Doutor em Engenharia Hidráulica e Sanitária	Escola Politécnica da Universidade de São Paulo - USP	Professor Titular Sênior

4.6 Análise Estatística

Nos resultados obtidos com os experimentos realizados com a Reforma em Fase Aquosa empregou-se a ferramenta boxplot, que apresenta uma visão sumarizada dos dados através do emprego de quartis, mediana e dos valores mínimos e máximos. Fornece uma impressão visual de vários aspectos importantes da distribuição empírica de um grupo de dados e provê informações sobre algumas características como: localização, dispersão, assimetria, comprimento da cauda e outliers (MCGILL, TUKEY; LARSEN, 1978). A Figura 04 apresenta os componentes de um boxplot.

Figura 4 - Componentes de um gráfico boxplot.



Fonte: Adaptado de Nuzzo, 2016.

O comprimento da caixa é o intervalo interquartil (IQR), que é uma medida de propagação semelhante ao desvio padrão. As caudas mostram a extensão da faixa em que os outros 50% dos dados estão localizados (MCGILL, TUKEY; LARSEN, 1978).

Nos dados obtidos com os experimentos contendo compostos emergentes realizou-se um teste de variância de fator único (ANOVA), para verificar se os percentuais de remoção obtidos no presente estudo, apresentavam diferenças estatísticas significativas para a cafeína, carbamazepina e ibuprofeno entre os experimentos com o material carbono ENSACO e com catalisador Pt/ENSACO. Este teste, foi realizado no software “Minitab” empregando-se as seguintes hipóteses:

H₀: Não há diferença significativa entre os percentuais de remoção obtidos entre os pontos analisados.

H₁: Há diferença significativa entre os percentuais.

A análise foi feita com os percentuais de remoção, com significância (α) igual a 0,05. Se o valor-p obtido pela análise for menor que a significância (0,05), pode-se afirmar com 95% de confiança que há diferença estatística entre os pontos analisados.

No estudo de aceitabilidade social ao reúso de águas residuárias tratadas foi utilizado o teste Qui-quadrado, visando analisar a relação entre a qualificação educacional com:

1. Nível de conhecimento sobre tratamento de água e esgoto;

2. Grau de aceitabilidade de águas residuárias tratadas para diversos fins;
3. Nível de confiabilidade em consumir alimentos irrigados com águas de reúso.

O teste do Qui-quadrado é uma ferramenta estatística destinada a avaliar a relação entre variáveis, de acordo com as seguintes hipóteses:

H₀: As duas variáveis são independentes, ou seja, não existe relação entre as categorias de uma variável e as categorias da outra;

H₁: As duas variáveis apresentam uma relação entre si, ou seja, existe relação entre as categorias de uma variável e as categorias da outra.

O resultado deste teste é a significância (valor de prova). Sempre que o valor de prova for inferior a 5% (0,05), rejeita-se a Hipótese Nula, concluindo-se que as duas variáveis estão relacionadas. Quando o valor de prova do teste for superior ao valor de referência de 5%, a hipótese nula não pode ser rejeitada, ou seja, as duas variáveis são independentes e não estão relacionadas (PEARSON, 1990).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A apresentação dos resultados deste estudo está dividida em cinco seções: caracterização dos materiais carbono e dos catalisadores (Seção 5.1), tratamento de esgoto sanitário por Reforma em Fase Aquosa (Seção 5.2), influência do pH e dos componentes do esgoto sanitário no desempenho do processo (Seção 5.3), reúso de águas residuárias tratadas pela Reforma em Fase Aquosa (Seção 5.4) e grau de aceitabilidade social ao reúso de águas residuárias tratadas e inovação tecnológica (Seção 5.5).

5.1 Caracterização dos Materiais Carbono e dos Catalisadores

Na Reforma em Fase Aquosa, o desempenho dos catalisadores é governado por vários fatores (KIM et al., 2014). Portanto, a área superficial específica, o volume de micro e mesoporos e os valores de pH dos materiais carbono e dos catalisadores foram determinados neste estudo (Tabela 4).

O material carbono - KJB apresentou área superficial específica ($1.417 \text{ m}^2/\text{g}$) superior à do ENSACO ($65 \text{ m}^2/\text{g}$). Houve uma pequena redução das áreas superficiais após a introdução da fase metálica, devido a deposição parcial das partículas de platina (Pt) nos poros dos suportes (HOLADE et al., 2014; PARK; JUNG, 2015; DUDEK et al., 2016; RIBEIRO et al., 2016). Os materiais carbono e os catalisadores apresentaram baixo volume de microporos, com valores inferiores a 0,001 (Tabela 4), o que era desejável visto que, suportes com texturas microporosas limitam a transferência de massa na Reforma em Fase Aquosa (WANG et al., 2012; KIM et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2019b).

Em todos os experimentos realizados, o pH manteve-se básico com pequena redução nos valores, após a impregnação do metal ativo (Tabela 4). A Reforma em Fase Aquosa é favorecida em termos de conversão e seletividade para hidrogênio com catalisadores suportados em materiais básicos, visto que a basicidade do suporte influencia fortemente a reação de deslocamento água-gás (WGS), ao facilitar a polarização da água e induzir a dissociação de H_2O para formar o grupo hidroxila, que está sujeito à adsorção sobre o catalisador, o que é considerado uma etapa cineticamente importante na reação WGS e, por conseguinte, na geração de hidrogênio (GUO et al., 2012; CIFTCI et al., 2014; HE et al., 2015).

Tabela 4 - Caracterização dos catalisadores e dos materiais carbono através da determinação da área superficial específica, dos volumes de micro e mesoporos e dos valores de pH.

Suporte e Catalisador	Área Superficial BET ($\text{m}^2 \cdot \text{g}^{-1}$)	Volume		pH
		Microporos ($\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$)	Mesoporos ($\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$)	
ENSACO	65	<0,001	0,09	8,9
KJB	1417	<0,001	1,67	10,6
Pt/ENSACO	64	<0,001	0,09	8,6
Pt/ KJB	1347	<0,001	1,59	10,2

Para verificar a dispersão e o tamanho das nanopartículas de platina (NP-Pt), as amostras foram analisadas por microscopia eletrônica de transmissão (MET). As micrografias das amostras de Platina (Pt) suportadas nos materiais carbono estão ilustradas nas Figuras 5 e 6. De acordo com os histogramas de distribuição, o tamanho médio das partículas para Pt/ENSACO foi de 4,7 nm e Pt/KJB de 2,3 nm, com desvio padrão de 2,5 nm e 0,9 nm, respectivamente. Valores recorrentes em outros estudos (HOLADE et al., 2014).

Como mostrado nas imagens de microscopia eletrônica de transmissão (Figuras 5 e 6), as partículas de metal foram uniformemente depositadas nos suportes do material carbono, com baixa ocorrência de aglomerações. A basicidade da solução e a textura mesoporosa dos suportes possibilitaram uma boa dispersão da platina, favorecendo o acesso dos reagentes aos sítios ativos do metal (PARK, et al., 2012; KIM et al., 2014; CHEN et al., 2015; RIBEIRO et al., 2016).

As características dos materiais carbono utilizados favoreceram o processo de Reforma em Fase Aquosa, visto que esta técnica apresenta maior desempenho quando empregam-se suportes básicos, mesoporos e com reduzido volume de microporosidade, que resultam em uma maior atividade (KIM et al., 2011; GUO et al., 2012).

Figura 5 - Imagem de microscopia eletrônica de transmissão do catalisador Pt/ENSACO com distribuição do tamanho das partículas.

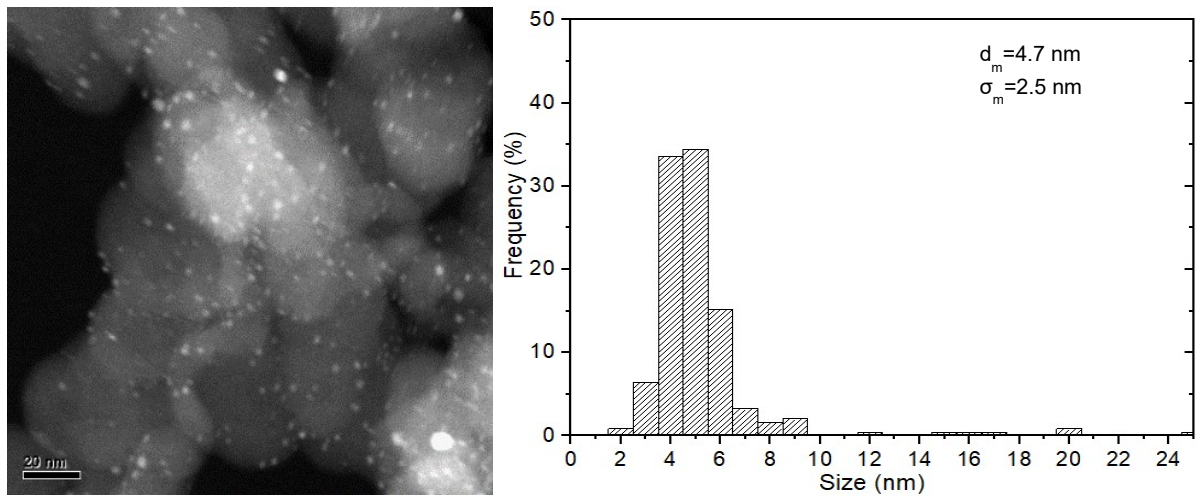
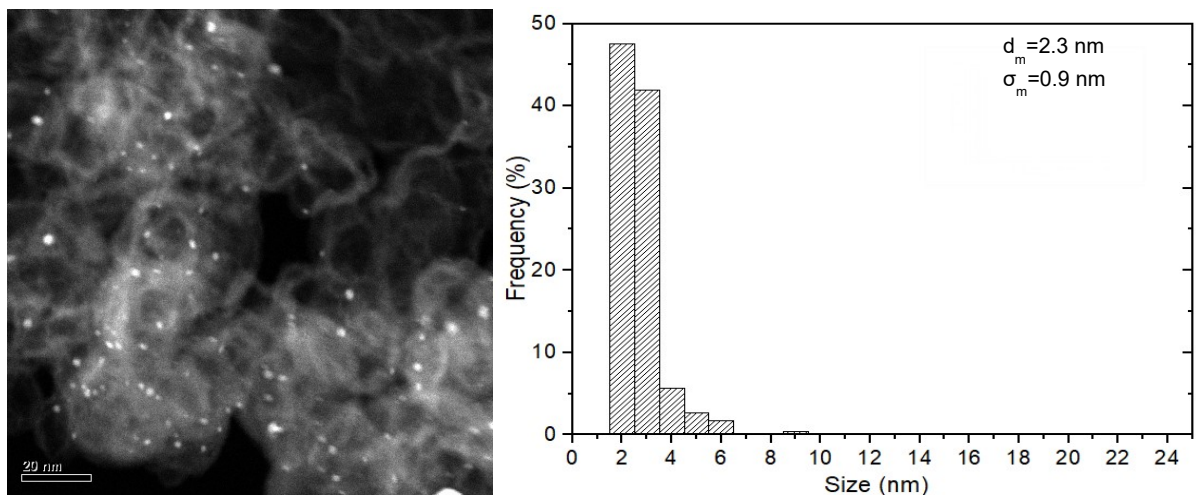


Figura 6 - Imagem de microscopia eletrônica de transmissão do catalisador Pt/KJB com distribuição do tamanho das partículas.



5.2 Tratamento de Esgoto Sanitário por Reforma em Fase Aquosa

Nesta seção são apresentados os resultados do desempenho da Reforma em Fase Aquosa no tratamento de esgoto sanitário para a remoção de matéria orgânica (carbono orgânico total e demanda química de oxigênio), nitrogênio total e poluentes emergentes (cafeína,

carbamazepina, diclofenaco e ibuprofeno), além da quantificação dos subprodutos gasosos gerados no processo.

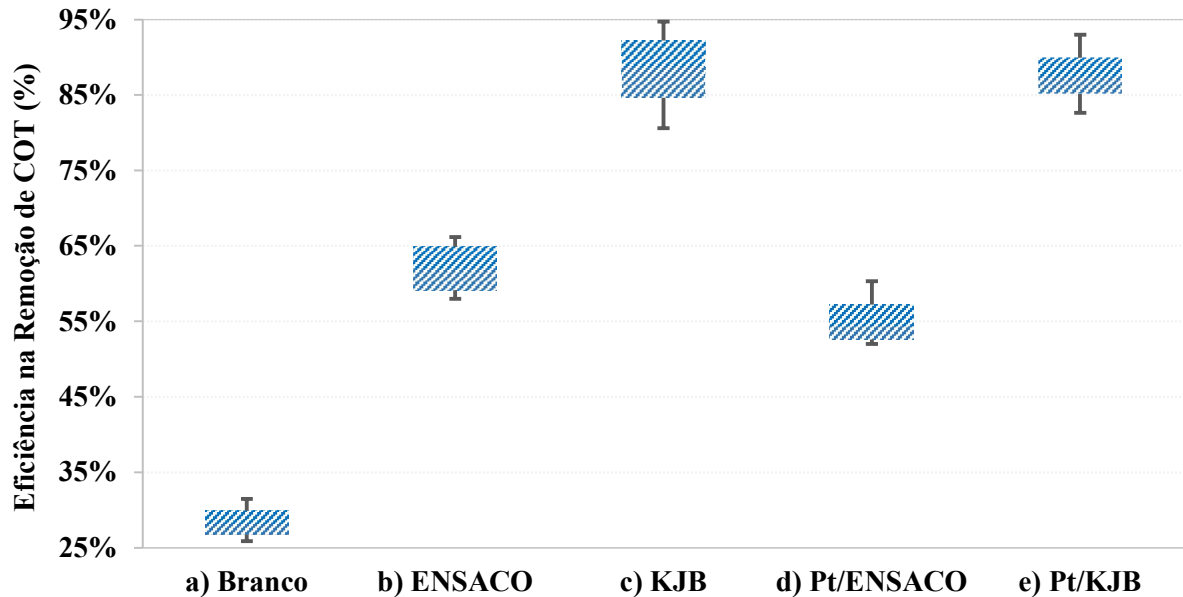
5.2.1 Remoção de Matéria Orgânica - Carbono Orgânico Total (COT) e Demanda Química de Oxigênio (DQO).

Foi investigado a performance da Reforma em Fase Aquosa na remoção da matéria orgânica (COT e DQO) (Figuras 7 e 8). Nos ensaios em branco o percentual médio de remoção de COT foi de 28,45%, o que foi atribuído à carbonização hidrotérmica (HTC) da matéria orgânica, em razão dos experimentos terem sido conduzidos a temperaturas elevadas (220° C) (REZA et al., 2014). No tratamento hidrotérmico, os carboidratos presentes nos esgotos sanitários são hidrolisados em glicose ou frutose, que são convertidos em 5-hidroxi-metil furfural por meio da desidratação. Estes produtos ainda são desidratados e carbonizados em dióxido de carbono e água (HE et al., 2013). A HTC de compostos orgânicos foi favorecida pelas condições operacionais adotadas neste estudo (SEVILLA; FUERTES, 2009; ZHAO et al., 2014; POERSCHMANN et al., 2017).

Nos experimentos realizados com a água residuária sintética contendo apenas o material carbono e sem o precursor da fase ativa, obteve-se uma eficiência média na remoção de COT de 62,05% na amostra com material carbono ENSACO e de 88,19% para o KJB. O maior desempenho da Reforma em Fase Aquosa nestes ensaios, decorre do aumento da HTC mediada pelo suporte e da adsorção. A eficácia do processo nas reações com o KJB foi superior pelo fato deste material possuir elevada área superficial específica (BET) e, por conseguinte, alta capacidade de adsorção (ANGIN, 2014; MERYEMOGLU et al., 2016).

Com a inserção do metal ativo, a eficiência na remoção de carbono orgânico total foi reduzida de 62,05% para 55,34% na amostra suportada com Pt/ENSACO e de 88,19% para 87,65% no Pt/KJB (Figura 7). Estudos realizados empregando-se a Reforma em Fase Aquosa no tratamento de águas residuárias de conserva de peixes, as remoções de COT também foram superiores nos ensaios contendo apenas o material carbono, sem o precursor da fase ativa (OLIVEIRA et al., 2018).

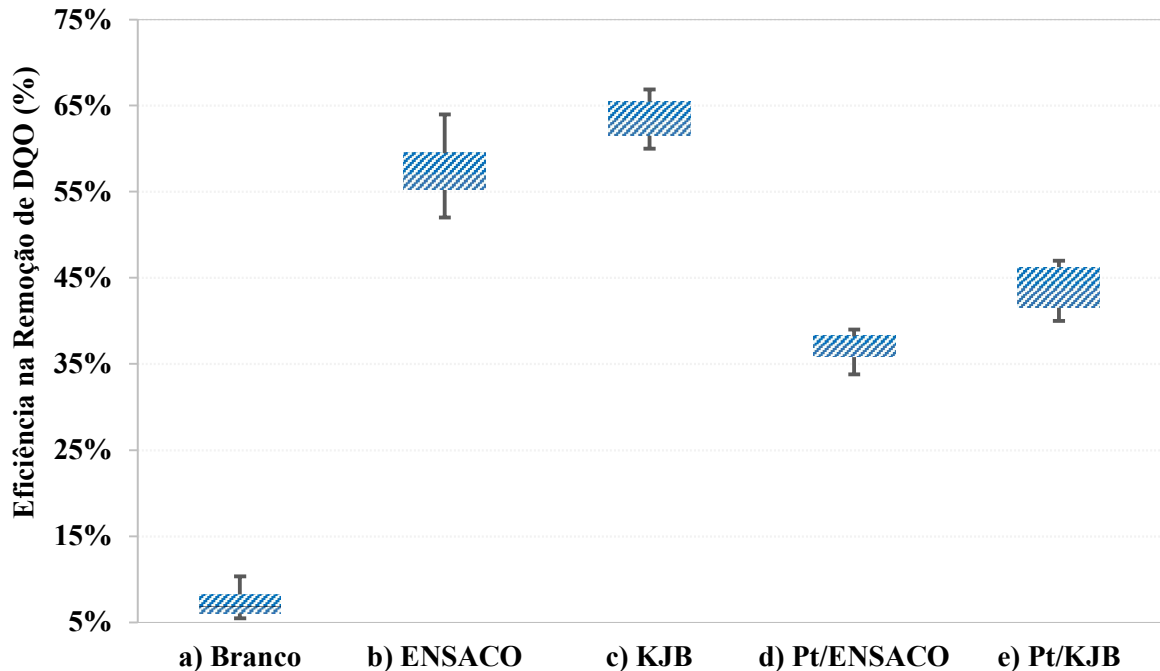
Figura 7 - Remoção de COT (Carbono Orgânico Total) no processo de Reforma em Fase Aquosa com esgoto sanitário: a) sem catalisador, b) com material carbono – ENSACO e sem o metal ativo, c) com o material carbono – KJB e sem o metal ativo, d) com catalisador Pt/ENSACO, e) com catalisador Pt/KJB.



Nos ensaios com o catalisador Pt/KJB, a eficiência na remoção do COT foi superior aos resultados obtidos a partir dos experimentos realizados com o Pt/ENSACO, pelo fato do catalisador Pt/KJB possuir menor tamanho de partículas (Figura 6), o que favorece a Reforma em Fase Aquosa de grandes moléculas, em decorrência dos caminhos curtos de difusão (JEONG et al., 2014).

O percentual médio de remoção de DQO foi de 57,57% nos ensaios contendo o material carbono ENSACO e sem o metal ativo, e de 63,48% com o KJB (Figura 8). A razão entre os valores de DQO e COT foram de 6 nas amostras contendo ENSACO e de 16 com material carbono KJB. A relação entre os valores de DQO e COT para muitos efluentes situa-se na faixa de 2 a 7 (VOGEL et al., 2000). O tipo, a volatilidade e quantidade de compostos orgânicos nas águas residuárias influenciam a correlação DQO/COT, sendo que a matéria inorgânica em suspensão e algumas substâncias redutoras inorgânicas não podem ser representadas por COT (HUA et al., 2011; BISWAS, 2017; TIAN et al., 2019).

Figura 8 - Remoção de DQO (Demanda Química de Oxigênio) no processo de Reforma em Fase Aquosa com esgoto sanitário: a) sem catalisador, b) com material carbono – ENSACO e sem o metal ativo, c) com o material carbono – KJB e sem o metal ativo, d) com catalisador Pt/ENSACO, e) com catalisador Pt/KJB.



5.2.2 Remoção de Nitrogênio Total

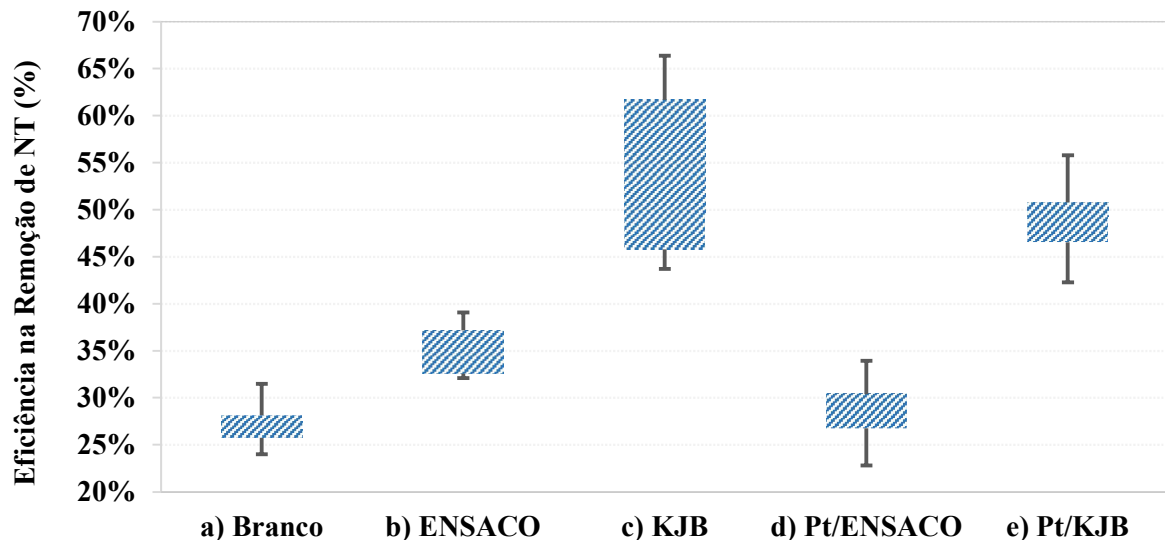
O percentual médio de remoção de nitrogênio total foi de 26,83% nos ensaios contendo apenas a água residuária sintética (branco), de 34,63% nos experimentos com material carbono ENSACO e de 54,39% com KJB (Figura 9).

A maior eficiência do processo na remoção de nitrogênio total ocorreu nos experimentos conduzidos com material carbono KJB, devido ao fato deste suporte possuir maior área superficial específica, o que eleva sua capacidade de adsorção (MERYEMOGLU et al., 2016). Nos últimos anos, estudos têm sido realizados objetivando melhorar a remoção de nitrogênio total (NT) por meio de estratégias que se destinam a inclusão de fontes de carbono orgânico e meios suportes nos processos de tratamento (FENG et al., 2020; JIA et al., 2020).

Os resultados obtidos nos ensaios com suporte KJB estão acima da faixa de remoção alcançadas por tecnologias avançadas como Processos Oxidativos. O POA Fenton não atua de maneira satisfatória sob as formas de nitrogênio, visto que neste processo ocorre a conversão do N-amoniaco nas formas mais estáveis (nitrato e nitrito), refletindo em um ligeiro aumento nestes parâmetros (MORAVIA et al., 2011).

Nos ensaios com catalisadores, os percentuais de remoção de nitrogênio total foram inferiores, com valores médios de 28,85% para Pt/ENSACO e de 48,33% para Pt/KJB.

Figura 9 - Remoção de NT no processo de Reforma em Fase Aquosa em esgoto sanitário: a) sem catalisador, b) com o material carbono – ENSACO e sem o metal ativo, c) com o material carbono – KJB e sem o metal ativo, d) com catalisador Pt/ENSACO, e) com catalisador Pt/KJB.



5.2.3 Remoção dos Compostos Emergentes

Vários contaminantes químicos devem ser removidos para tornar as fontes de águas residuárias adequadas para o reúso (GUDE, 2017). Os processos convencionais de tratamento de esgoto, em geral, apresentam reduzida capacidade de eliminação de poluentes como desreguladores endócrinos, produtos farmacêuticos e de cuidados pessoais (FAST et al., 2017), podendo ocasionar danos à saúde de humanos e animais (SHOUSHTARIAN; NEGAHBAN-AZAR, 2020). A Reforma em Fase Aquosa foi aplicada como unidade de tratamento de esgoto sanitário, sendo investigado a eficácia na remoção da cafeína, carbamazepina, diclofenaco e ibuprofeno.

A eficiência da Reforma em Fase Aquosa na remoção dos quatro compostos emergentes avaliados está apresentada na Tabela 5. Nos ensaios realizados com catalisador a base de platina suportado no material carbono ENSACO, os percentuais médios de remoção foram de 99,3% para a Cafeína, 100% para a Carbamazepina e Diclofenaco, e 88,9% para o Ibuprofeno.

Submetendo estes dados a uma análise estatística (ANOVA, com nível de significância de 5%), encontrou-se diferença significativa entre as eficiências de remoção (p -value < 0,010)

nos ensaios realizados com o suporte carbono sem o metal ativo (2) e com catalisador Pt/Ensaco (3) para a cafeína, carbamazepina e ibuprofeno (Tabela 5).

Considerando-se que a remoção de poluentes emergentes está intimamente relacionada às propriedades físico-químicas, incluindo o grau de hidrofobicidade, biodegradabilidade e volatilidade (AROLA et al., 2017; MA et al., 2018), os principais mecanismos de remoção destes compostos em estações de tratamento de esgoto incluem sorção, biodegradação, transformações químicas, fotodegradação e volatilização (AQUINO et al., 2013).

Diferentes mecanismos de remoção para os compostos avaliados foram observados. Nos experimentos em branco, os percentuais médios de remoção foram de 84,6% para carbamazepina e de 100% para o diclofenaco, indicando que a estrutura desses compostos favoreceu a rota de carbonização hidrotérmica (KIRILIN et al., 2012).

Em todos os ensaios realizados alcançou a remoção total do diclofenaco (Tabela 5), com eficiência superior aos processos de oxidação com UV/H₂O₂ (SHU et al., 2016); processos de adsorção com carvão ativado (RIOJA et al., 2014); lagoas de estabilização (AQUINO et al., 2013); biorreatores de membrana (CLARA et al., 2005) e lodos ativados (LINDQVIST et al., 2005; JELIC et al., 2011; YAN et al., 2014; RIVERA-JAIMES et al., 2018).

O percentual médio de remoção da cafeína aumentou de 0,2% para 98,3% entre os experimentos em branco (1) e com material carbono (2), e o mesmo pode ser observado para o ibuprofeno com aumento de 22,6% para 96,6% entre os ensaios 1 e 2 (Tabela 5). A diferença de remoção entre as análises em branco e com os suportes de carbono relacionaram-se ao aumento da carbonização hidrotérmica mediada pelo suporte e a adsorção.

A eficiência de remoção de poluentes emergentes por adsorção é considerada uma alternativa para o tratamento de águas contaminadas (NIELSEN et al., 2014; NANAKI et al., 2015; PEZOTI et al., 2016; SELLAOUI et al., 2017). Os compostos emergentes de caráter básico têm elevada capacidade de adsorção (DELGADO et al., 2012). Apesar do material carbono ENSACO apresentar reduzida área superficial, a cafeína apresenta pKa de 8,3 (TAGLIARI et al., 2012) o que pode ter elevado o potencial para que fosse adsorvida.

O ibuprofeno possui um elevado grau de hidrofobicidade (log Kow superior a 2,5), indicando uma tendência de ficar sorvido nas matrizes sólidas do tratamento (TER LAAK et al., 2015). O desempenho mostrado nos ensaios com o material carbono ENSACO também pode estar associado ao caráter básico moderado do suporte e a textura mesoporosa (OLIVEIRA et al., 2019b).

A inserção do material carbono ENSACO elevou a eficiência média do processo na remoção da carbamazepina de 84,6% no ensaio em branco para 99,6% (Tabela 5). O referido

composto possui pKa de 13,9 e a adição do suporte favoreceu a adsorção. Efeitos das características da superfície do material carbonado na adsorção de carbamazepina, mostraram que a capacidade das superfícies de carbono de formar íons superóxido, resulta na oxidação deste poluente e em sua decomposição parcial (NIELSEN et al., 2014).

A Reforma em Fase Aquosa apresentou um alto desempenho na remoção da carbamazepina, com eliminação total deste poluente nos experimentos com o catalisador Pt/ENSACO (Tabela 5). Os percentuais médios de remoção alcançados foram superiores aos resultados obtidos por outras tecnologias habitualmente empregadas como: adsorção com carvão ativado (RIOJA et al., 2014; TO et al., 2017), processo de oxidação avançado com UV/H₂O₂ (SHU et al., 2016) e POA com Ozônio (KNOPP et al., 2016). Os sistemas biológicos de tratamento, em geral, possuem reduzida eficiência na remoção da carbamazepina pelo fato deste composto ter baixa biodegradabilidade, com K_{bio} inferior a 0,01 L/gSS/d (MA et al., 2018; SHAO et al., 2019).

Tabela 5 - Eficiência da Reforma em Fase Aquosa na remoção dos compostos emergentes em esgoto sanitário: cafeína, carbamazepina, diclofenaco e ibuprofeno.

Ensaio	Eficiência de Remoção dos Compostos Emergentes (%)			
	Cafeína	Carbamazepina	Diclofenaco	Ibuprofeno
1- Esgoto Sanitário com Compostos Emergentes (Branco)	0,2 ± 0,1	84,6 ± 0,3	100 ± 0,0	22,6 ± 0,7
2- Esgoto Sanitário com Compostos Emergentes + ENSACO	98,3 ± 0,6	99,6 ± 0,7	100 ± 0,0	96,6 ± 0,3
3- Esgoto Sanitário com Compostos Emergentes + Pt/ENSACO	99,3 ± 0,4	100 ± 0,0	100 ± 0,0	88,9 ± 0,8

5.2.4 Componentes da Fase Gasosa

Os componentes da fase gasosa: hidrogênio (H₂), dióxido de carbono (CO₂), monóxido de carbono (CO), metano (CH₄), etano (C₂H₆) e propano (C₃H₈) gerados no processo de Reforma em Fase Aquosa, com e sem catalisador, estão descritos na Tabela 6. Em todos os experimentos realizados o dióxido de carbono foi o gás com maior contribuição percentual, enquanto o monóxido de carbono apresentou baixa concentração, não sendo detectado nos ensaios com catalisadores (Pt/KETJENBLACK e Pt/ENSACO).

A ausência de monóxido de carbono nos efluentes oriundos dos experimentos com catalisadores, sugere que as condições operacionais em que a Reforma em Fase Aquosa foi conduzida promoveu a formação de dióxido de carbono e hidrogênio pela reação de deslocamento água-gás (WGS). Esta relação também foi observada nas reações de Reforma em Fase Aquosa de glicerol com catalisadores a base de platina, sendo que a maior capacidade de promover a reação de WGS levou a uma menor concentração de monóxido de carbono e vice-versa (WAWRZETZ, 2008; GUO et al., 2012).

Em todos os ensaios realizados, o metano foi o principal hidrocarboneto seguido por etano e propano (Tabela 6). Na Reforma em Fase Aquosa com catalisadores a base de platina, o metano tem sido o hidrocarboneto mais gerado (MENEZES et al., 2011; KIM et al., 2014; OLIVEIRA et al., 2019a).

Nas reações de Reforma em Fase Aquosa, apesar do sistema ter diminuído ligeiramente o desempenho na remoção dos compostos orgânicos após a adição da platina, a geração de hidrogênio, em geral, aumentou com a utilização dos catalisadores, o que pode ser atribuído parcialmente a estrutura porosa dos suportes. Reação facilitada pelos materiais carbonos não microporosos, que favorecem a conversão de carbono em produtos gasosos (reação WGS) e a formação de hidrogênio nas reações com catalisadores (GUO et al., 2011; CIFTCI et al., 2014). Os materiais carbono mesoporosos, em geral, apresentam um bom desempenho catalítico, em função da estrutura, que possibilita uma boa dispersão do metal (KIM et al., 2014).

A porcentagem média de geração de hidrogênio e metano na fração gasosa nos ensaios com esgoto sanitário e catalisador Pt /KJB foi de respectivamente, 13,41% e 5,12%, enquanto nas amostras contendo o catalisador Pt/ENSACO obteve-se um valor percentual médio de 4,70% para o hidrogênio e 9,42% para o metano (Tabela 6). Nos experimentos com poluentes emergentes, a geração média de hidrogênio foi de 1,72% nos ensaios com esgoto sanitário sem catalisador, de 4,52% nas análises com material carbono e de 19,02% com catalisador Pt/ENSACO.

Nos ensaios com esgoto sanitário contendo material carbono, a carbonização hidrotérmica (HTC) foi a principal via envolvendo reações de hidrólise, descarboxilação, desidratação e polimerização (FUNKE; ZIEGLER, 2010), que favoreceram a formação de produtos sólidos e dióxido de carbono.

A evidência da ocorrência deste processo termoquímico nos experimentos com a Reforma em Fase Aquosa pode ser confirmada pelas elevadas concentrações de dióxido de carbono, que foram geradas (Tabela 6). O gás formado durante carbonização hidrotérmica consiste principalmente em dióxido de carbono, decorrente do processo de descarboxilação.

Outros gases presentes em menor concentração são monóxido de carbono, metano e hidrogênio (ROBBIANI, 2013).

Nas análises com catalisadores, a via de reforma envolvendo a clivagem das ligações (decomposição da matéria orgânica) e a reação de deslocamento água-gás, predominantemente, favoreceu a formação de hidrogênio e alcanos leves (CORONADO et al., 2016).

Tabela 6 - Subprodutos gasosos gerados na Reforma em Fase Aquosa com esgoto sanitário.

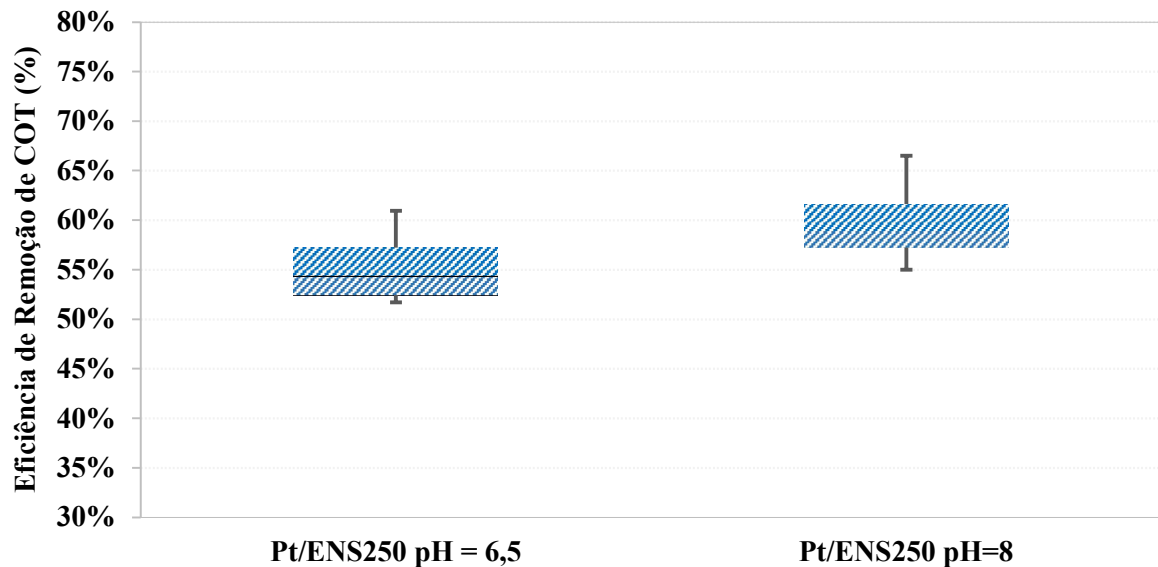
Ensaio	Composição Molar da Fase Gasosa (%)					
	H ₂	CO ₂	CO	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈
Esgoto Sanitário (Branco)	1,27 ± 0,3	92,65 ± 1,0	3,58 ± 0,3	1,73 ± 0,3	0,51 ± 0,1	0,26 ± 0,1
Esgoto Sanitário + ENSACO	6,21 ± 0,5	88,11 ± 0,3	3,15 ± 0,3	1,31 ± 0,3	0,86 ± 0,2	0,36 ± 0,1
Esgoto Sanitário + KJB	3,63 ± 0,1	86,48 ± 0,7	7,47 ± 0,3	1,31 ± 0,2	0,7 ± 0,3	0,41 ± 0,2
Esgoto Sanitário + Pt/ENSACO	4,70 ± 0,3	80,53 ± 1,0	0,00	9,42 ± 0,9	4,01 ± 0,2	1,34 ± 0,1
Esgoto Sanitário +Pt/KJB	13,41 ± 1,0	77,43 ± 1,2	0,00	5,12 ± 0,8	2,7 ± 0,2	1,34 ± 0,2
Esgoto Sanitário com Compostos Emergentes (Branco)	1,70 ± 0,2	97,20 ± 0,7	0,00	0,70 ± 0,2	0,20 ± 0,1	0,20 ± 0,1
Esgoto Sanitário com Compostos Emergentes + ENSACO	4,52 ± 0,7	94,95 ± 0,7	0,00	0,44 ± 0,1	0,05 ± 0,1	0,04 ± 0,1
Esgoto Sanitário com Compostos Emergentes + Pt/ENSACO	19,20 ± 0,7	63,81 ± 0,6	0,00	11,70 ± 0,6	3,90 ± 0,6	1,39 ± 0,2

5.3 Influência do pH e dos Componentes do Esgoto Sanitário no Desempenho do Processo

A influência do pH no tratamento de esgoto sanitário pela Reforma em Fase Aquosa com catalisadores Pt/ENSACO foi estudada. Com a elevação do pH de 6,5 para 8,0 houve uma melhor conversão dos compostos orgânicos e por conseguinte, maior geração de hidrogênio (KING et al., 2010; LIU et al., 2010; REMÓN et al., 2017).

A eficiência média na remoção de Carbono Orgânico Total (COT) aumentou de 55,34% para 59,88% (Figura 10) e o percentual médio de produção de hidrogênio subiu de 4,70% para 31,43% (Tabela 7).

Figura 10 - Influência do pH no desempenho da Reforma em Fase Aquosa na remoção de matéria orgânica (COT).



A geração de hidrogênio tende a aumentar com o pH do meio de reação, uma vez que as condições básicas levam a uma alta seletividade de hidrogênio nas reações de Reforma em Fase Aquosa (HUBER et al., 2004; GUO et al., 2012; CIFTCI et al., 2014). Por causa desse efeito, quando o pH foi elevado, a porcentagem de hidrogênio no gás produzido também se elevou (Tabela 7). A otimização do tratamento de esgoto por Reforma em Fase Aquosa pode requerer a extração de alguns componentes e o ajuste do pH.

A remoção de matéria orgânica alcançada pode ser aumentada ajustando a proporção de poluentes para elevar a atividade do catalisador, uma vez que, estudos mostraram que em matrizes complexas também incluindo carboidratos e proteínas a remoção pode ser elevada para valores próximos a 99% (OLIVEIRA et al., 2019a).

Nos experimentos com esgoto sanitário, sem sal e com catalisador Pt/ENSACO, a geração de hidrogênio (21,10%) foi superior ao valor médio (4,70%) obtido nos ensaios com a Reforma em Fase Aquosa de esgoto sanitário contendo sal e com catalisador Pt/ENSACO. A presença de NaCl nas amostras de glicerol com catalisador a base de platina tem sido responsável pela menor seletividade para hidrogênio, visto que este sal afeta a atividade

catalítica, desativando o catalisador e bloqueando seus locais ativos (LEHNERT; CLAUS, 2008; REMÓN et al., 2017).

Tabela 7 - Composição da fração gasosa nos experimentos com a Reforma em Fase Aquosa com diferentes valores de pH e sem o composto sal.

Ensaio	Composição Molar da Fase Gasosa (%)					
	H ₂	CO ₂	CO	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈
Esgoto Sanitário +Pt/ENSACO pH = 6,5	4,70 ± 0,3	80,53 ± 1,0	0,00	9,42 ± 0,9	4,01 ± 0,2	1,34 ± 0,1
Esgoto Sanitário +Pt/ENSACO pH = 8,0	31,43 ± 1,2	56,77 ± 0,8	0,00	7,20 ± 0,8	3,43 ± 0,7	1,17 ± 0,4
Esgoto Sanitário sem Sal + Pt/ENSACO	21,10 ± 0,3	66,6 ± 0,5	0,00	7,00 ± 0,1	3,60 ± 0,1	1,70 ± 0,1

Neste estudo também foi avaliado individualmente o papel dos componentes orgânicos, uma vez que, estes compostos podem influenciar o desempenho do catalisador e, por conseguinte, da Reforma em Fase Aquosa.

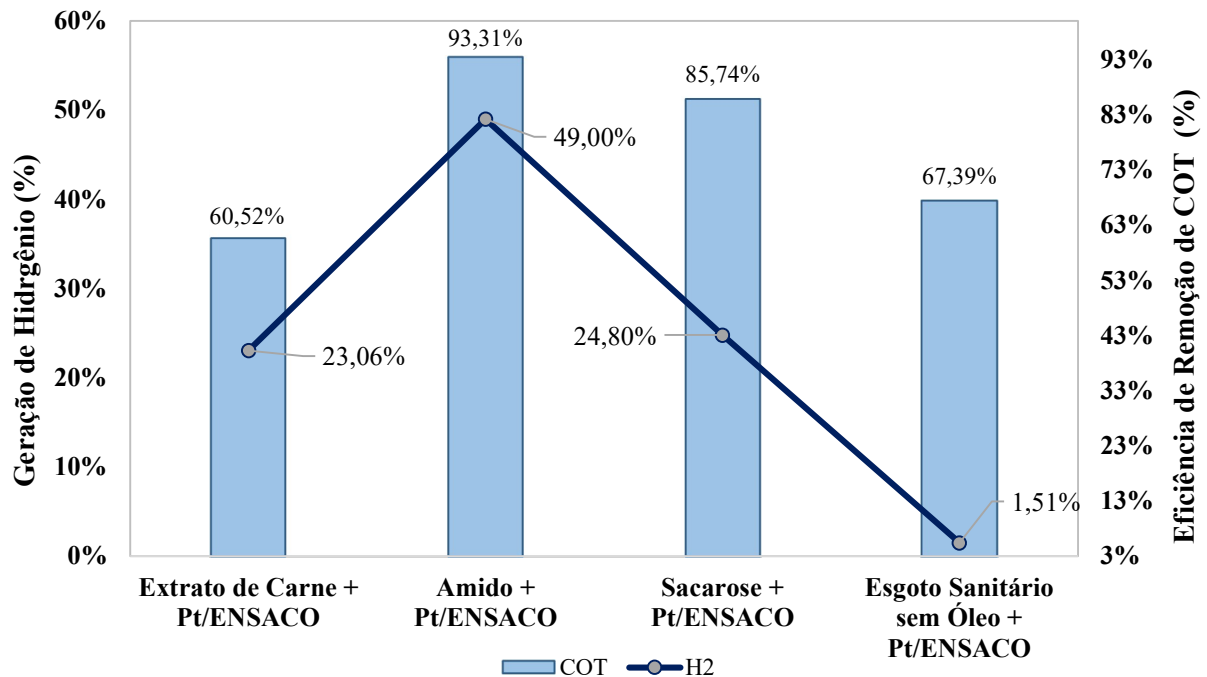
O amido foi o componente do esgoto sanitário com maior percentual de redução de COT (93,31%) e maior geração de H₂ (49%) (Figura 11). A conversão de carboidratos em hidrogênio tem sido eficientemente realizada na Reforma em Fase Aquosa (SERRANO-RUIZ et al., 2011; SUN et al., 2012; LEE et al., 2013).

Para o extrato de carne e sacarose, os percentuais de remoção de COT foram de 60,52% e 85,74%, respectivamente (Figura 11). O amido e a sacarose foram os componentes do esgoto sanitário com maiores percentuais de remoção de COT e geração de hidrogênio, o que era esperado visto que, na Reforma em Fase Aquosa, a biomassa é hidrolisada para formar carboidratos, que podem ser posteriormente convertidos em hidrogênio por meio de várias rotas (NEIRA D' ANGELO, 2014). O esgoto sanitário é composto por cerca 40% de carboidratos, tornando-o atraente ao processo, pelo fato da produção de hidrogênio via Reforma de Fase Aquosa de bio-carboidratos requer temperaturas de operação mais baixas e, portanto, menor consumo de energia (DAVDA et al., 2005).

Nos ensaios realizados com esgoto sanitário, sem óleo e com catalisador Pt/ENSACO, a remoção média de COT foi de 67,39% (Figura 11). Os resultados demonstram que o óleo, componente já removido em algumas estações de tratamento de esgoto, também influenciam o

processo de Reforma em Fase Aquosa, visto que a adsorção desta substância nas regiões hidrofóbicas do material suporte, afeta os sítios ativos e reduz o desempenho catalítico.

Figura 11 - Eficiência da Reforma em Fase Aquosa na Remoção de matéria orgânica e na geração de hidrogênio por componente de esgoto sanitário.



5.4 Reúso de Águas Residuárias Tratadas pela Reforma em Fase Aquosa

Nesta seção foi avaliado se o tratamento de esgoto sanitário por Reforma em Fase Aquosa produz efluentes que atendem aos critérios e padrões de qualidade da água de reúso, estabelecidos nos regulamentos e diretrizes nacionais e internacionais, para fins agrícolas (irrigação), urbanos (irrigação de parques e jardins públicos, limpeza de ruas, lavagem de carros, combate a incêndios) e industriais.

No total, 34 regulamentos e diretrizes foram investigados em relação as concentrações máximas admissíveis na água de reúso para os parâmetros físico-químicos (pH, matéria orgânica, nitrogênio total) e poluentes emergentes (caféina, carbamazepina, diclofenaco e ibuprofeno). Foram avaliados os padrões de qualidade da água de reúso de diferentes países como: Brasil, Estados Unidos (Maryland, Massachusetts, Nova Jersia, Ilha de Rodes, Ohio, Oklahoma, Nevada, Nebraska e Carolina do Norte), Canadá (Província Saskatchewan), Austrália, México, Jordânia, Omã, China, Kuwait, Israel, Arábia Saudita, França, Portugal,

Palestina e Itália, como bem como as diretrizes da Agência de Proteção Ambiental dos Estados Unidos (EPA) (ANEXO IV).

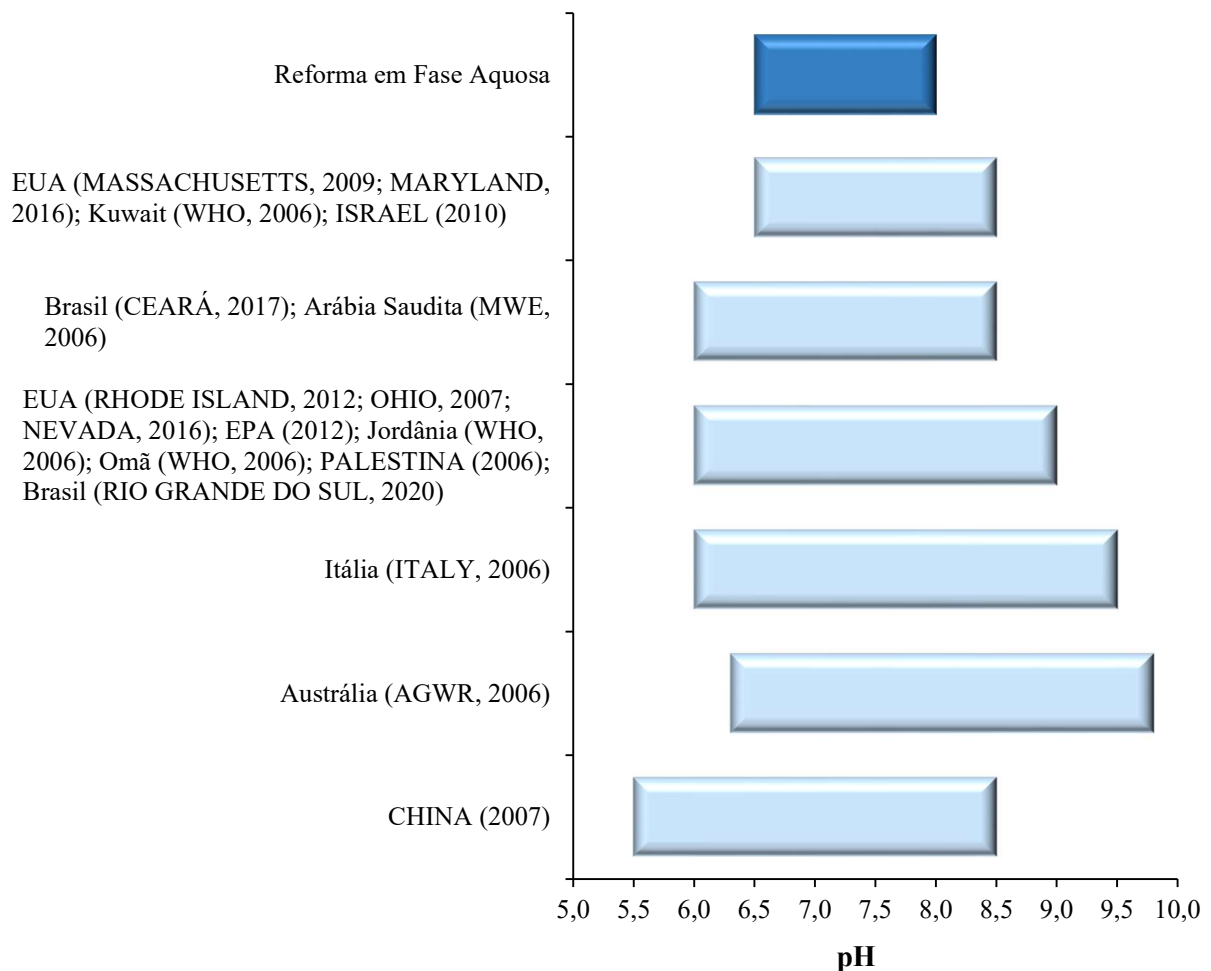
5.6.1 Reúso para Fins Agrícolas

Ao utilizar águas residuárias tratadas para irrigação agrícola, a qualidade da água deve ser estritamente controlada, considerando fatores como o possível acúmulo de substâncias prejudiciais ao crescimento da cultura, os danos potenciais ao solo pela transformação de suas características físicas e químicas, e a contaminação microbiológica (JEONG et al., 2016).

A concentração de íons de hidrogênio (pH) é um índice que permite uma rápida avaliação da água de reúso, quanto à sua adequação, para a irrigação. A faixa de pH considerada segura para irrigação, deve estar entre 6,0 e 9,0 (EPA, 2012). Valores fora desta faixa podem resultar em desequilíbrio nutricional, alterando o crescimento e a saúde das safras e facilitando a corrosão em dutos, aspersores e válvulas de controle (SHOUSHTARIAN; NEGAHBAN-AZAR, 2020).

O pH das águas residuárias afeta a solubilidade dos metais e a alcalinidade do solo (BECERRA-CASTRO et al., 2015), sendo que baixos valores de pH tornam os metais pesados mais fáceis de mover no solo, contaminando as plantações e os corpos d'água (JEONG et al., 2016). O pH do efluente tratado, empregando-se a Reforma em Fase Aquosa apresentou um intervalo entre 6,5 e 8,0, estando dentro da faixa preconizada para o reúso de águas residuárias tratadas na agricultura, em 100% dos regulamentos e diretrizes avaliados (Figura 12).

Figura 12 – Valores de pH preconizados em regulamentos e diretrizes nacionais e internacionais de reúso de águas residuárias na agricultura.



Quanto a matéria orgânica, para rega agrícola, em geral, os teores nos efluentes tratados não causam impactos adversos no biosistema solo-planta e conseqüentemente não trazem problemas aos consumidores dos produtos agrícolas (COSTA; SANGAKKARA, 2006), ao contrário, solos com alto teor de matéria orgânica e argila atuam como filtro evitando a contaminação do aquífero (CHÁVEZ-MEJÍA et al., 2019).

A Reforma em Fase Aquosa aplicada como único processo de tratamento de esgotos sanitários com elevadas concentrações de matéria orgânica (DQO média de 1.300 mg/L) gerou um efluente final com valores médios de 498 mg/L nos ensaios com material carbono KJB e de 578 mg/L com ENSACO (Tabela 8).

Nos experimentos conduzidos com o material carbono KJB, a concentração de DQO no efluente foi superior aos valores máximos permitidos para o reúso de águas residuárias tratadas na agricultura, para a maioria dos regulamentos e diretrizes analisados, enquadrando-se apenas

no Regulamento da Jordânia (JS: 893/2002) para irrigação de estradas paisagísticas e árvores florestais (WHO, 2006).

Os resultados obtidos demonstram que o tratamento de esgotos sanitários empregando a Reforma em Fase Aquosa, com elevadas concentrações afluentes de matéria orgânica exige a associação com outros processos, para aumentar a eficiência total do sistema na remoção deste poluente e produzir um efluente final com concentrações inferiores aos limites máximos estabelecidos pelas legislações e diretrizes de reúso de águas residuárias, para o parâmetro DQO.

Tabela 8 - Concentrações máximas permitidas de DQO para reúso de águas residuárias tratadas na agricultura.

País	DQO (mg/L)	Referências
Israel	100	ISRAEL, 2010
Jordânia		WHO, 2006
Estradas Paisagísticas de Rodovias	500	
Árvores Florestais	500	
Vegetais Cozidos e Parques Infantis	100	
Kuwait	100	WHO, 2006
Omã		WHO, 2006
Irrigação Agrícola para Alimentos Previamente Cozidos	200	
China		CHINA, 2007
Irrigação de Colheitas de Fibra	200	
Itália	100	ITALY, 2006
Reforma em Fase Aquosa (Efluente Tratado*)		
Esgoto Sanitário + ENSACO	578	
Esgoto Sanitário + KJB	498	
Esgoto Sanitário + Pt/ENSACO	853	
Esgoto Sanitário +Pt/KJB	759	

*Concentrações médias de DQO no efluente tratado.

Em relação ao parâmetro nitrogênio total, nos ensaios contendo apenas os materiais carbono, o efluente tratado apresentou valores abaixo dos limites máximos recomendados para irrigação agrícola nas diretrizes/legislações do Canadá - Província: Saskatchewan (irrigação de culturas não alimentares), Jordânia (irrigação irrestrita de cultura alimentares, de árvores frutíferas e árvores florestais), Kuwait, Itália, Austrália e França (irrigação irrestrita de todas as plantações) (Tabela 9).

Embora o nitrogênio seja o nutriente mais importante para o crescimento da cultura, altas concentrações podem resultar na estimulação excessiva do crescimento da planta, má qualidade da cultura e crescimento foliar excessivo. Como consequência de longo prazo, os caules e galhos das safras podem enfraquecer, tornando-a incapaz de suportar o peso da vegetação no caso de ventos e chuvas (SHOUSHTARIAN; NEGAHBAN-AZAR, 2020).

Tabela 9 - Concentrações preconizadas de nitrogênio total para reúso de águas residuárias tratadas na agricultura.

País	Nitrogênio Total (mg/L)	Referências
Estados Unidos (Massachusetts, Nova Jersey e Ohio)	10	MASSACHUSETTS, 2009; NEW JERSEY, 2005; OHIO, 2007
Estados Unidos (Ilha de Rodes)	15	RHODE ISLAND, 2012; ITALY, 2006
Canadá (Província: Saskatchewan)		SASKATCHEWAN, 2014
Irrigação de Culturas Alimentares	15	
Irrigação de Culturas não Alimentares	35	
Israel	25	ISRAEL, 2010
Jordânia		WHO, 2006
Irrigação Irrestrita de Cultura Alimentares	45	
Irrigação de Árvores Frutíferas	70	
Irrigação de Árvores Florestais	100	
Kuwait e Itália	35	WHO, 2006; ITALY, 2006
Austrália	39	AGWR, 2006
França		
Irrigação irrestrita de todas as plantações	< 60	FRANCE, 2014
Reforma em Fase Aquosa (Efluente Tratado*)		
Esgoto Sanitário + ENSACO	35	
Esgoto Sanitário + KJB	24	
Esgoto Sanitário + Pt/ENSACO	38	

*Concentrações médias de nitrogênio total no efluente tratado.

No Brasil, não há uma legislação específica para o emprego de águas de reúso, que estabeleça a qualidade sanitária e físico-química para as diferentes possibilidades de destinação. A falta de legislação específica dificulta a aplicação da água de reúso no país, em razão da ausência de orientações técnicas para a implantação dos sistemas de reúso (MOURA et al., 2020). Com exceção da Lei nº 16.033 de 20 de junho de 2016, que dispõe sobre a política de reúso de água não potável no âmbito do Estado do Ceará (CEARÁ, 2017), as legislações estaduais e municipais analisadas, não apresentam parâmetros de avaliação da qualidade da água de reúso na agricultura.

Os regulamentos e diretrizes nacionais e internacionais de reúso de água são insuficientes em relação a alguns dos poluentes potencialmente perigosos, como constituintes emergentes (SHOUSHTARIAN; NEGAHBAN-AZAR, 2020). Contaminantes orgânicos como produtos farmacêuticos podem se acumular no solo, devido à irrigação a longo prazo com águas residuárias que contém estes poluentes, aumentando a toxicidade do solo e representando um risco ao ecossistema (FATTA-KASSINOS et al., 2011).

Substâncias com baixa mobilidade, como a carbamazepina, tendem a se acumular nos solos após determinados períodos de irrigação. O diclofenaco, apesar de ser um composto altamente móvel, a utilização de água residuária contendo este poluente para irrigação agrícola não é menos preocupante, uma vez que, este produto pode contaminar as águas subterrâneas através da lixiviação (DALKMANN et al., 2012; BECERRA-CASTRO et al., 2015).

Embora não haja limites legais para poluentes emergentes em águas de reúso, alguns Estados-membros da União Europeia baseiam-se em diretivas que listam as substâncias que devem ser monitoradas, por representarem um risco significativo para ou através do meio aquático. A primeira lista de substâncias de vigilância foi estabelecida na Decisão de Execução 495/2015 e continha dez substâncias. Neste documento, o limite máximo aceitável para o Diclofenaco era de 10 ng/l (EUROPEAN COMMISSION, 2015). Em todos os ensaios realizados neste estudo, houve a remoção total deste poluente (Tabela 05).

Em 2017, a Comissão Europeia avaliou os dados do primeiro ano de monitorização das substâncias da primeira lista de vigilância, e com base nessa análise concluiu que existiam dados de alta qualidade sobre as concentrações de diclofenaco no meio aquático e sobre os riscos que esta substância representa, e que, portanto, deveria ser removida da lista de observação (EUROPEAN COMMISSION, 2018). O primeiro regulamento europeu (741/2020)

sobre o reúso de água foi aprovado em 2020 e entrará em vigor em junho de 2023. Entretanto, apesar deste regulamento especificar os requisitos mínimos de qualidade para alguns parâmetros, com vistas ao reúso agrícola, não foi inserido neste documento os poluentes emergentes (EUROPEAN COMMISSION, 2020).

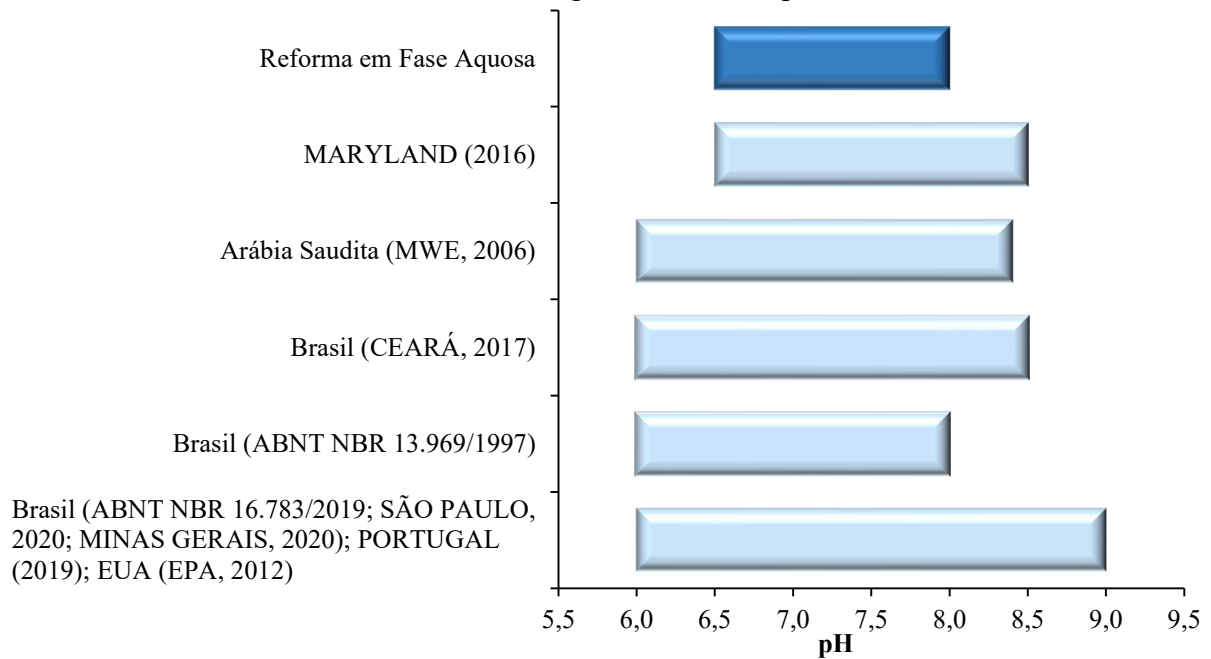
Apesar das diretrizes e regulamentos avaliados não estabelecerem limites máximos permissíveis para a carbamazepina, diclofenaco, ibuprofeno e cafeína em águas residuárias tratadas para reúso, pode-se afirmar que a Reforma em Fase Aquosa se apresenta como um processo eficaz na remoção destes poluentes, com percentuais de eliminação superiores a 96,58% nos experimentos contendo o material carbono ENSACO (Tabela 05), o que torna efluente seguro para o reúso agrícola, no tange aos compostos emergentes analisados.

5.6.2 Reúso para fins urbanos

Embora existam várias categorias, o reúso de águas residuárias tratadas para fins urbanos é um dos usos de maior volume em países como Estados Unidos. Aplicações como irrigação de parques e jardins públicos, limpeza de ruas, lavagem de carros e combate a incêndios são componentes importantes do portfólio de muitos programas de reúso para fins urbanos (EPA, 2012).

No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) por meio da NBR 13.969/1997 estabelece padrões de qualidade das águas residuárias tratadas para reúso urbano como lavagem de carros e para outros que requerem o contato direto do usuário, estabelecendo uma faixa de pH entre 6,0 a 8,0 (ABNT, 1997). No âmbito estadual, as legislações de São Paulo (Resolução Conjunta SES/SMA/SSRH n° 01 de junho de 2017) e do Ceará (Resolução do Conselho Estadual do Meio Ambiente do Estado do Ceará – COEMA, n° 02 de fevereiro de 2017) definiram o intervalo de pH entre 6,0 a 9,0 e 6,0 a 8,5, respectivamente, para irrigação paisagística, lavagem de carros e combate a incêndios. Os valores obtidos neste estudo encontram-se dentro da faixa preconizada de reúso de água para fins urbanos em todos os regulamentos e diretrizes analisados (Figura 13).

Figura 13 - Faixas de pH determinadas em regulamentos e diretrizes nacionais e internacionais de reúso de águas residuárias para fins urbanos.



Ao examinar os padrões de qualidade das águas de reúso constatou-se que a grande maioria dos regulamentos e diretrizes analisados não informam os níveis máximos dos parâmetros: matéria orgânica, nutrientes e dos poluentes emergentes, para reúso de águas residuárias tratadas em sistemas urbanos. A Diretriz para Reúso de Água de Nova Jersey – Estados Unidos estabeleceu uma concentração máxima de nitrogênio total de 10 mg/L nas águas residuárias tratadas para uso urbano irrestrito e restrito (ANEXO V), e a Diretriz de Irrigação de Águas Residuárias Municipais Tratadas da Província de Saskatchewan no Canadá, determinou um valor máximo de nitrogênio total no esgoto tratado de 35 mg/L para irrigação de campos de golfe (SASKATCHEWAN, 2014).

A presença de poluentes emergentes, como produtos farmacêuticos e de cuidados pessoais, em águas residuárias tratadas utilizadas na irrigação de espaços verdes urbanos, podem entrar no solo e nos aquíferos subterrâneos, levando a riscos potenciais à saúde humana pelo fato de alguns compostos serem cancerígenos (LYU et al. 2019), além de poluírem o solo e as águas superficiais (LU et al., 2019).

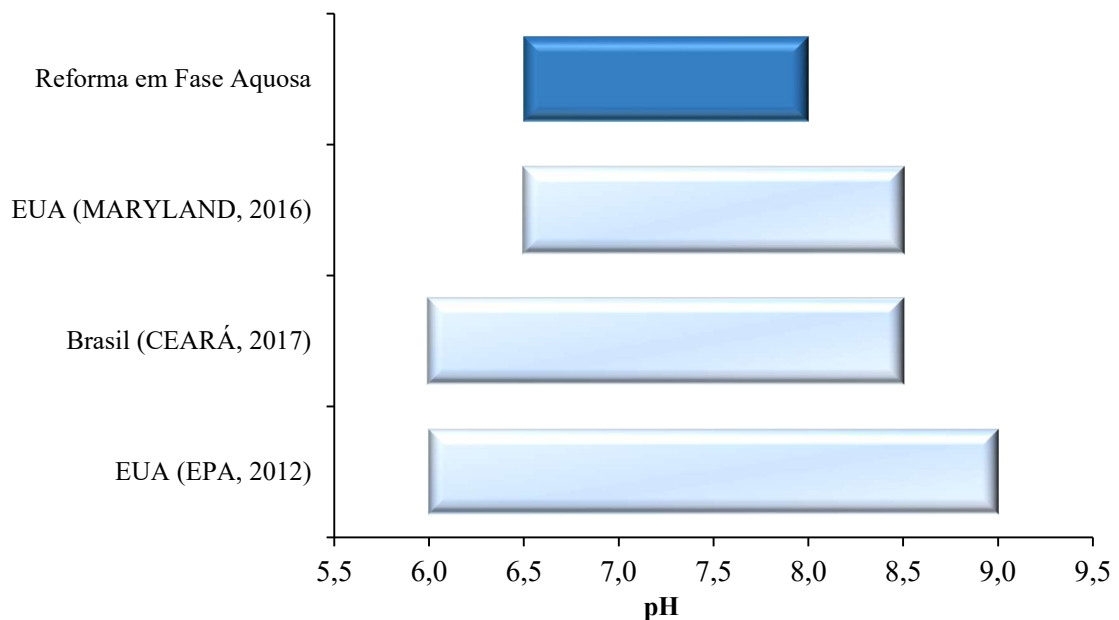
5.6.3 Reúso para fins industriais

A gestão adequada dos recursos hídricos e a grave escassez de água é um desafio global. O reaproveitamento de águas residuárias é considerado uma estratégia de sustentabilidade em

todo o mundo. A prática do reúso industrial tem se mostrado sustentável, principalmente quando observado pelo viés da saúde (ARJMANDI; TABESH; ESFAHANI, 2019).

Para ser utilizada na indústria, a água precisa ter suas características físicas, químicas e microbiológicas em conformidade com o tipo de processo aplicado, visto que este recurso pode interferir diretamente na vida útil dos equipamentos, utensílios e ambientes industriais (ANA, 2017). O potencial hidrogeniônico (pH) é um parâmetro químico que pode influenciar diretamente os processos industriais e, portanto, deve ser monitorado. Os valores de pH obtidos a partir dos experimentos conduzidos, variaram entre 6,5 a 8,0 estando em consonância com as diretrizes e regulamentos analisados para reúso de água residuária tratada (Figura 14).

Figura 14 - Valores de pH propostos em regulamentos e diretrizes nacionais e internacionais de reúso de águas residuárias para fins industriais.



No Brasil, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) por meio da NBR 13.969/1997 estabelece padrões de qualidade das águas residuárias tratadas para reúso, admite o uso de efluentes tratados para fins que exigem qualidade de água não potável, como a indústria. No entanto, a normativa não aborda especificamente os parâmetros adequados para esta modalidade de reúso (ABNT, 1997).

Algumas normativas estaduais brasileiras, como a Lei nº 3.261/2017, do estado do Tocantins e a Lei nº 7.599/2017, do estado do Rio de Janeiro, apresentam o reúso industrial com uma modalidade alternativa, entretanto, não são citados os parâmetros de qualidade para tal uso (TOCANTINS, 2017; RIO DE JANEIRO (Estado), 2017).

De maneira geral, os requisitos legais não apresentam os parâmetros de qualidade indicados para reúso industrial. Uma justificativa cabível a este fato, seria que as normativas que regulamentam o uso industrial são menos rigorosas (ŠRÁMKOVÁ; DIAZ-SOSA; WANNER, 2018), tendo em vista que, a maior parte do consumo de água se deve a usos não potáveis, como: equipamento de lavagem, produção de vapor e resfriamento de processo. É sabido, no entanto, que o reúso industrial exige um baixo teor de minerais suspensos e dissolvidos, para evitar incrustações e depósitos de sílica (SÁNCHEZ, 2021).

A Deliberação Normativa nº 65 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado de Minas Gerais e a Resolução CONSEMA nº 419/2020 do Rio Grande do Sul, não estabelecem os parâmetros e limites máximos, sendo que a qualidade da água de reúso para fins de utilização dentro do processo industrial é de responsabilidade do empreendedor, conforme os requisitos de qualidade do processo e as normas de segurança do trabalho (MINAS GERIAS, 2020; RIO GRANDE DO SUL, 2020).

Observa-se que um esforço ainda é necessário para fechar as lacunas regulatórias, com definição dos parâmetros e dos valores máximos permissíveis para a qualidade da água de reúso nos seus diversos fins.

5.5 Grau de Aceitabilidade Social ao Reúso de Águas Residuárias Tratadas e Inovação Tecnológica

Tendo em vista que a aceitação pública é um fator primordial para o sucesso dos programas de reúso (MICHETTI et al., 2019), esta sessão apresenta os dados coletados durante a avaliação de aceitabilidade social ao reúso de águas residuárias tratadas. O público-alvo foi indivíduos com elevado nível de instrução, visto que esta variável pode influenciar o grau de aceitação ao reúso de água (DOLNICAR; HURLIMANN, 2010; GARCIA-CUERVA et al., 2016).

As respostas obtidas pela aplicação do questionário (APÊNDICE A) à população residente no município de Palmas – Tocantins, foram organizadas em gráficos mediante arranjo de grupos e respostas, sendo possível a elaboração conjugada e individualizada por questões. O número total de questionários respondidos foi de 385, destes 29 foram desconsiderados por terem um perfil de escolaridade inferior a ensino superior incompleto. As informações coletadas por meio da técnica de entrevista semiestruturada foram compiladas (ANEXO V), com posterior seleção dos principais critérios e contribuições que pudessem ser incorporados a este estudo.

A amostra foi constituída por 356 participantes, dos quais 63,5% (n = 226) declararam ser do sexo feminino, 36,2% (n = 129) do sexo masculino e 0,3% (n = 1) não informou o sexo. Em relação a faixa etária, 13,5% (n = 48) tinham idade entre 50 a 69 anos, 46,3% (n = 165) entre 30 a 49 anos e 39,3% (n = 140) entre 18 a 29 anos. Os respondentes com idade inferior a 18 anos representaram a menor parcela 0,3% (n = 1), e 0,6% (n = 2) não informaram a faixa etária (Tabela 10). Em relação ao grau de escolaridade, os participantes, graduados, mestres e doutores representaram 83% (n = 294) da amostra. Os demais respondentes, 17% (n = 62) possuíam ensino superior incompleto.

Tabela 10 - Distribuição das variáveis demográficas: gênero, faixa etária e grau de escolaridade dos participantes.

Características Demográficas		n	Distribuição (%)
Gênero	Feminino	226	63,5
	Masculino	129	36,2
	Não Respondeu	1	0,3
Faixa Etária	Entre 50 a 59 anos	48	13,5
	Entre 30 a 49 anos	165	46,3
	Entre 18 a 29 anos	140	39,3
	Inferior a 18 anos	1	0,3
	Não Respondeu	2	0,6
Grau de Escolaridade	Pós-graduação <i>stricto sensu</i> (mestrado e doutorado)	119	33,0
	Pós-graduação <i>latu sensu</i>	6	2,0
	Superior Completo	169	48,0
	Superior Incompleto	62	17,0

Neste estudo buscou-se relacionar o nível de conhecimento e de aceitação dos participantes quanto a prática de reúso de águas residuárias tratadas e inovação tecnológica. Estudos anteriores revelaram que fatores educacionais podem influenciar a aceitabilidade de águas residuárias tratadas para diversos fins (GARCIA-CUERVA et al., 2016; MU'AZU et al., 2020).

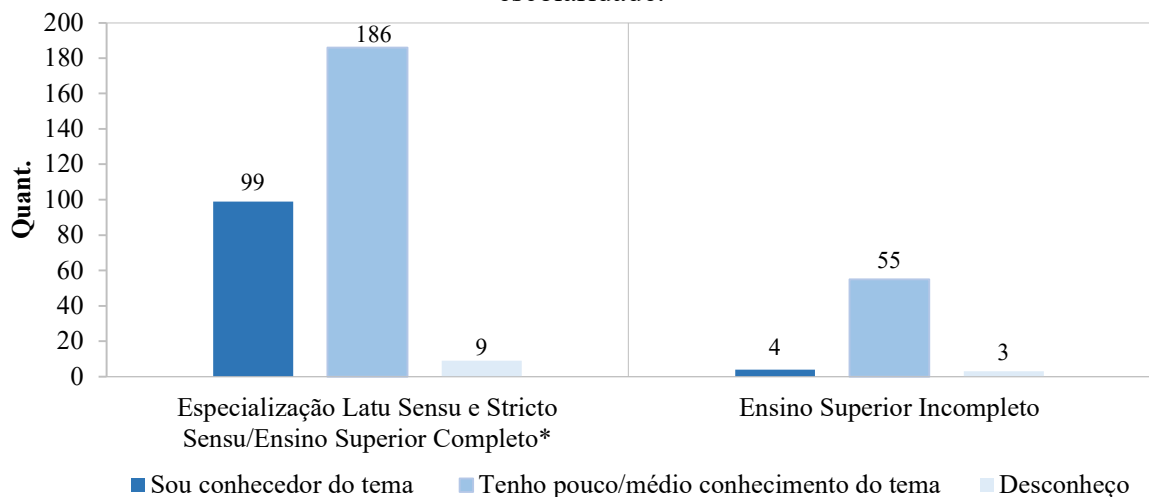
Para avaliar a associação entre qualificação educacional e o nível de conhecimento sobre tratamento de água e esgoto, aplicou-se o teste qui-quadrado nos dados coletados, a partir da aplicação do questionário à população. Os resultados dessa análise revelaram que existe uma relação estatisticamente significativa entre o grau de conhecimento sobre o tratamento de água e esgoto e o nível de escolaridade, com valores de $\chi^2 = 35,940$ e p-value = 0 (Tabela 11).

Tabela 11 - Relação entre qualificação educacional e nível de conhecimento sobre tratamento de água e esgoto.

Descrição	χ^2	Grau de Liberdade	Significância (p-value)
Qui-quadrado de Pearson	35,940 ^a	6	0,000
Razão de verossimilhança	37,531	6	0,000

Ao avaliar os participantes com ensino superior incompleto, 88,7% (n = 55) declararam ter pouco ou médio conhecimento sobre o tema e 4,8% (n = 3) informaram desconhecer a temática. Os participantes com níveis mais altos de instrução (graduados, mestres e doutores) que informaram ter conhecimento sobre tratamento de água e esgoto, corresponderam a 96,1% (n = 99) do total de respostas (Figura 15).

Figura 15 – Nível de conhecimento sobre tratamento de água e esgoto, por grau de escolaridade.



*Soma dos participantes que declararam ter apenas ensino superior completo, especialização Latu Sensu e Stricto Sensu.

Em relação ao questionamento sobre os principais benefícios da prática do reúso, os respondentes poderiam assinalar mais de uma alternativa, sendo que 62% (n = 263) das respostas mencionaram a preservação dos corpos hídricos como principal benefício, 19,8% (n = 84) indicaram a garantia do abastecimento público e 18,2% (n = 77) optaram pela alternativa de economia financeira ao usuário (Tabela 12). Considerando-se que a alta disseminação de informações sobre o reúso de água pode contribuir para a redução da demanda e garantir a sustentabilidade os recursos hídricos (AITKEN et al., 2014; GARCIA-CUERVA et al., 2016;

EPA, 2017), a opção majoritariamente apontada pelos respondentes, corrobora o que é de senso comum.

No que tange as entrevistas semiestruturadas, das quais participaram especialistas da área, o entrevistado 01 também considerou a preservação dos corpos hídricos como o aspecto mais positivo da prática de reúso.

A principal vantagem do reúso de água está no ganho ambiental decorrente da preservação dos recursos hídricos naturais. Tanto pela redução na necessidade de captação, como pela reação das descargas de efluentes. Apesar da água constituir recurso renovável, garantido quantitativamente e qualitativamente pelo ciclo hidrológico, os problemas de escassez motivados por problemas de quantidade ou qualidade da água em uma região delimitada, podem ser limitados mediante a prática do reúso.

[...] o aspecto mais positivo da reutilização de águas é a preservação das águas naturais, reduzindo problemas de escassez em regiões comprometidas pelos baixos índices pluviométricos e pela poluição. Com recorrência dessa contribuição, tem-se a maior acessibilidade à água.

Em relação ao conhecimento sobre alguma prática de reúso, 71,3% (n= 254) das pessoas que responderam ao questionário afirmaram ter ciência. No entanto, apenas 45,5% (n=162) praticam algum tipo de reúso de água em seu dia a dia (Tabela 12). Uma das justificativas para que a prática de reúso seja pouco difundida no Brasil, relaciona-se à falta de arcabouço legal e à carência de maior conhecimento da sociedade, associado a ausência de uma “cultura de reúso” em nível nacional (BILA et al., 2017).

Tabela 12 - Nível de conhecimento sobre práticas de reúso e definição dos principais benefícios desta prática de acordo com os participantes.

Nível de Conhecimento e Benefícios do Reúso		n	Distribuição (%)
Principal benefício da prática de reúso	Preservação dos corpos hídricos	263	62,0
	Garantia de abastecimento público	84	19,8
	Economia financeira para o usuário	77	18,2
Possui conhecimento sobre alguma prática de reúso	Sim	254	71,3
	Não	100	28,1
	Não respondeu	2	0,6
Prática alguma forma de reúso de água	Sim	162	45,5
	Não	193	54,2
	Não respondeu	1	0,3

Os usos com maior percentual de aceitabilidade social foram identificados, sendo que os respondentes poderiam optar por mais de uma forma de reúso (Tabela 13). Foi observado

maior aceitação dos participantes para usos de contato secundário, como regar plantas e jardins (30%) e limpeza em geral (31%). Já para contatos de uso primário, houve forte rejeição, sendo que 3% aceitaria beber, 4% cozinhar e 4% lavar alimentos com água proveniente de efluente sanitário tratado. No Canadá, estudos indicaram que 87% dos entrevistados consideraram a utilização da água de reúso segura para irrigação de parques públicos e 24% para o reúso potável (CHHIPI-SHRESTHA et al., 2019). Na Austrália, o percentual de aceitabilidade social foi de 92% para irrigação de jardins e de 36% para consumo direto – beber (DOLNICAR et al., 2011). Enquanto no Kuwait, o percentual de aceitação de reúso como bebida foi de apenas 5% (ALHUMOUD; MADZIKANDA, 2010). Em geral, o grau de aceitação social tem sido inversamente proporcional ao nível de exposição direta com a água recuperada (DOLNICAR; HURLIMANN, 2010; CHEN et al, 2015; GU et al., 2015; ZHU et al., 2017; SCHMID; BOGNER, 2018).

O especialista 02, ressalta que a rejeição ao reúso direto pode estar associado a falta de confiabilidade da população na segurança operacional dos sistemas de tratamento de esgoto.

Enquanto nós estivermos vendo lançamentos diretos, rios poluídos, não vai ser fácil convencer a população de que o reúso é solução, porque o pessoal está vendo o descaso.

Nestes envolvimento com a parte de reúso a gente acompanhou muito a operação das estações de tratamento de esgoto no país e o ponto que chamava muita atenção é o descaso com o controle das estações de tratamento de esgoto.

Então a hora que você pensa na parte de reúso direto, você vê que onde isso é feito existe uma dedicação muito grande[...] que a gente não vê isso acontecer normalmente nas estações de tratamento de esgoto.

O entrevistado 01 complementa:

Efetivamente, quanto mais nobre for a finalidade do reúso, levando a níveis elevados de restrição de qualidade, maior é a necessidade de estrutura operacional como um todo, envolvendo a fiscalização sanitária. Este é um dos aspectos preocupantes em relação à prática de reúso no Brasil, que é caracterizado em suas diversas regiões por não disponibilizar infraestrutura adequada para operação dos sistemas de saneamento. Assim sendo, as modalidades de reúso que exigem maior controle devem ser postergadas, iniciando-se esta atividade em situações menos arriscadas, evoluindo-se à medida que aumentem os recursos para a operação dos sistemas de saneamento no Brasil.

Apesar da forte rejeição ao reúso potável de águas residuárias tratadas, a aplicabilidade para usos menos nobres como lavagem de ruas, rega de parques e jardins e aplicações de cunho industrial poderiam substituir significativamente o consumo de água potável (BROWN, 2013; BAUER et al., 2020).

Tabela 13 - Usos com maior índice de aceitação para emprego da água oriunda de reúso

Principais usos	n*	Distribuição (%)
Limpeza em Geral	277	31,0
Lavagem de Roupas	93	11,0
Regar Plantas e jardins	266	30,0
Lavar Alimentos	40	4,0
Irigar Hortas/Pomares	139	16,0
Beber	24	3,0
Cozinhar	34	4,0
Não responderam	8	1,0

*respondentes poderiam escolher mais de um uso.

Nos grandes centros urbanos do Brasil, o Reúso Potável Indireto Não Planejado (RPINP) é comum, na maioria das vezes de forma inconsciente (HESPANHOL, 2015). A maior parte dos efluentes, tratados ou não, é lançado diretamente em corpos hídricos ou chega aos lençóis freáticos por meio da disposição no solo, posteriormente a captação é realizada a jusante do ponto de lançamento para abastecimento humano, seja por poços individuais ou por Estações de Tratamento de Água para abastecimento público (FURLONG et al., 2019).

Em outros países, como na Espanha, um dos principais rios de abastecimento de água de Barcelona (rio Llobregat) contém até 13% de efluente tratado (MUJERIEGO et al., 2017) e na China, o rio Yangtze, que abastece 1/15 da população mundial é constituído por aproximadamente 20% de efluentes de águas residuárias tratadas (WANG; SHAO; WESTERHOFF, 2017). Os estudos demonstram que, em graus variáveis, a população da maioria dos países, está bebendo águas residuárias tratadas (AITKEN et al., 2014; RICE; WESTERHOFF, 2014).

Para verificar a correlação entre o nível de instrução e aceitabilidade ao reúso de águas residuárias tratadas para diversos fins, aplicou-se o teste qui-quadrado (Tabela 14). O resultado da análise indica que não há relação entre o grau de escolaridade e de aceitabilidade ao reúso de águas residuárias tratadas, para os sete usos investigados neste estudo, com valores de χ^2 variando entre 0,213 a 4,661 e p-value entre 0,097 a 0,899. Estudos realizados nos Estados Unidos e Austrália tampouco identificaram associação significativa entre estas variáveis (DOLNICAR et al., 2011; ROCK et al., 2018).

Tabela 14 - Correlação entre o nível de instrução com a aceitabilidade de águas residuárias tratadas para diversos fins.

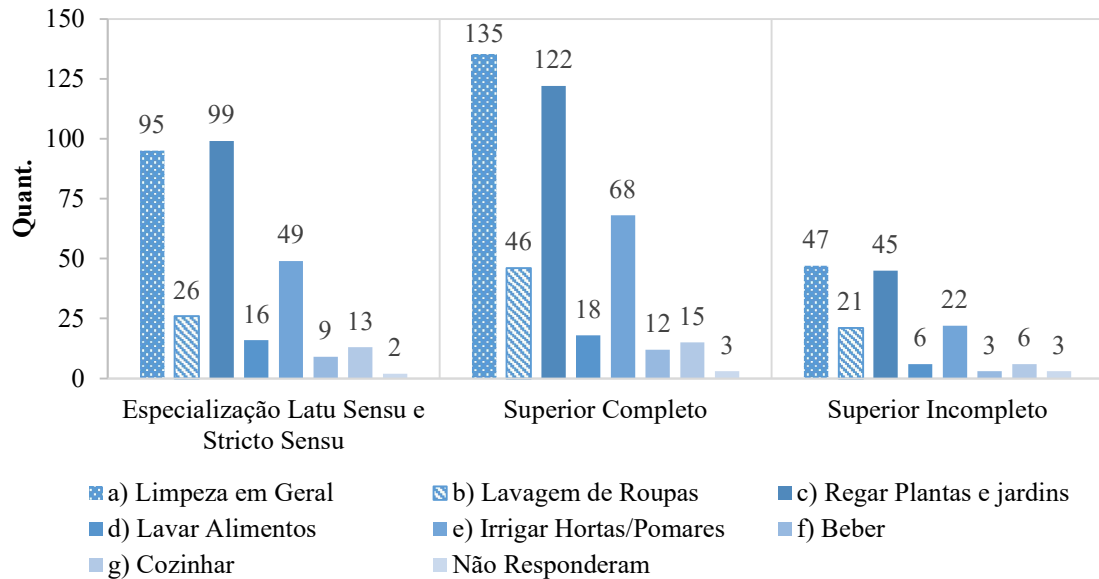
Descrição	χ^2	Grau de Liberdade	Significância (p-value)
Limpeza em Geral	0,706	2	0,702
Lavagem de Roupas	4,661	2	0,097
Regar Plantas e jardins	1,143	2	0,565
Lavar Alimentos	0,467	2	0,792
Irigar Hortas/Pomares	0,476	2	0,788
Beber	0,579	2	0,748
Cozinhar	0,213	2	0,899
Não responderam	2,308	2	0,315

Para os usos de maior aceitabilidade por nível de escolaridade dos participantes (Figura 16), mesmo existindo uma associação entre grau de instrução e conhecimento sobre tratamento de água e esgoto (Tabela 11), os participantes com graduação, mestrado e doutorado que declararam aceitar o reúso direto de águas residuárias tratadas (beber) somam apenas 21.

Algumas variáveis têm sido testadas quanto à influência na atitude e comportamento da população, em relação ao reúso de águas residuárias tratadas. Os resultados demonstram que fatores como gênero e educação não parecem ser os principais motivadores para a aceitação pública desta prática, mas podem estar correlacionados (DOLNICAR et al., 2011; GARCIA-CUERVA et al., 2016).

A resposta social tem sido mais positiva quando a comunidade está envolvida no processo, existindo um bom relacionamento entre as concessionárias de saneamento e o público, e quando é garantido que a água de reúso é segura e confiável (HARRIS-LOVETT et al., 2015; FIELDING et al., 2018). Estes elementos permitem que os projetos de reúso sejam analisados de forma objetiva, com base nos impactos e benefícios e não em decorrência da origem da água (TORTAJADA; NAMBIAR, 2019).

Figura 15 - Relação entre os níveis de escolaridade e a aceitabilidade quanto ao reúso de águas residuárias tratadas para diversos fins.



Quanto a confiabilidade sanitária em consumir alimentos, tanto crus quanto cozidos, irrigados com água proveniente de reúso, ainda que atenda aos padrões de qualidade preconizados pelos regulamentados, 30% (n= 107) dos respondentes indicaram que haveria risco a saúde ao consumir alimentos crus, que fossem irrigados com água de reúso (Tabela 15). O que pode ser um indicativo de que a não aceitação desta prática, se deve em parte, ao desconhecimento e/ou desconfiança da eficácia dos processos de tratamento utilizados (ROZIN et al., 2015; GARCIA-CUERVA; BERGLUND; BINDER, 2016).

Entretanto, quando perguntados em relação ao consumo de alimentos cozidos irrigados com esgotos tratados obteve-se bons resultados, sendo que 79% (n = 283) responderam que, não seria prejudicial à saúde o consumo desses alimentos (Tabela 15). Aplicações que envolvem o contato humano e que estão diretamente ligadas ao consumo, como água de irrigação para produtos agrícolas comestíveis tem tido reduzida aceitabilidade social (CHEN et al., 2015; HURLIMANN; DOLNICAR, 2016).

Tabela 15 - Confiabilidade em consumir alimentos irrigados com água de reúso.

Confiabilidade em consumir alimentos irrigados com água de reúso		n	Distribuição (%)
Água tratada de reúso dentro dos padrões normativos, pode trazer problemas para a saúde do consumidor, caso seja utilizada para	Sim	107	30,0%
	Não	239	67,0%
	Não respondeu	10	3,0%

Confiabilidade em consumir alimentos irrigados com água de reúso		n	Distribuição (%)
irrigação de alimentos consumidos crus (verduras, legumes e frutas).			
Água tratada de reúso dentro dos padrões normativos, pode trazer problemas para a saúde do consumidor, caso seja utilizada para irrigação de alimentos previamente cozidos (arroz, feijão e milho).	Sim	71	20,0%
	Não	283	79,0%
	Não respondeu	2	1,0%

Em relação ao nível de instrução do respondente e a confiabilidade em consumir alimentos irrigados com água de reúso, a análise estatística (teste qui-quadrado) revelou que não há correlação entre estas variáveis, com valores de p-value superiores a 0,05 (Tabela 16).

Tabela 16 - Teste qui-quadrado para verificar a correlação entre o nível de instrução com a confiabilidade em consumir alimentos irrigados com água de reúso.

Descrição	χ^2	Grau de Liberdade	Significância (p-value)
A água tratada de reúso dentro dos padrões normativos, pode trazer problemas para a saúde do consumidor, caso seja utilizada para irrigação de alimentos consumidos crus (verduras, legumes e frutas).	4,554	4	0,336
Água tratada de reúso dentro dos padrões normativos, pode trazer problemas para a saúde do consumidor, caso seja utilizada para irrigação de alimentos previamente cozidos (arroz, feijão e milho).	7,786	4	0,100

Promover a confiança no potencial dos sistemas de tratamento de efluentes para minimizar as preocupações existentes, como também estimular a confiança da comunidade nos reguladores e autoridades locais é fundamental, a fim de fortalecer o apoio a sistemas alternativos de água (ISHII et al., 2015).

A decisão do usuário em consumir água de reúso associa-se ao seu conhecimento sobre as fontes alternativas e a extensão de seu conhecimento sobre os problemas existentes referentes

ao estresse hídrico e aos processos necessários para o tratamento do efluente (ADAPA, 2018). O nível de confiabilidade dos respondentes em consumir alimentos crus e cozidos por nível de escolaridade, estão apresentados nas Figuras 16 e 17.

Figura 16 - Nível de confiabilidade sanitária em consumir alimentos crus, irrigados com água de reúso, dentro dos padrões normativos.

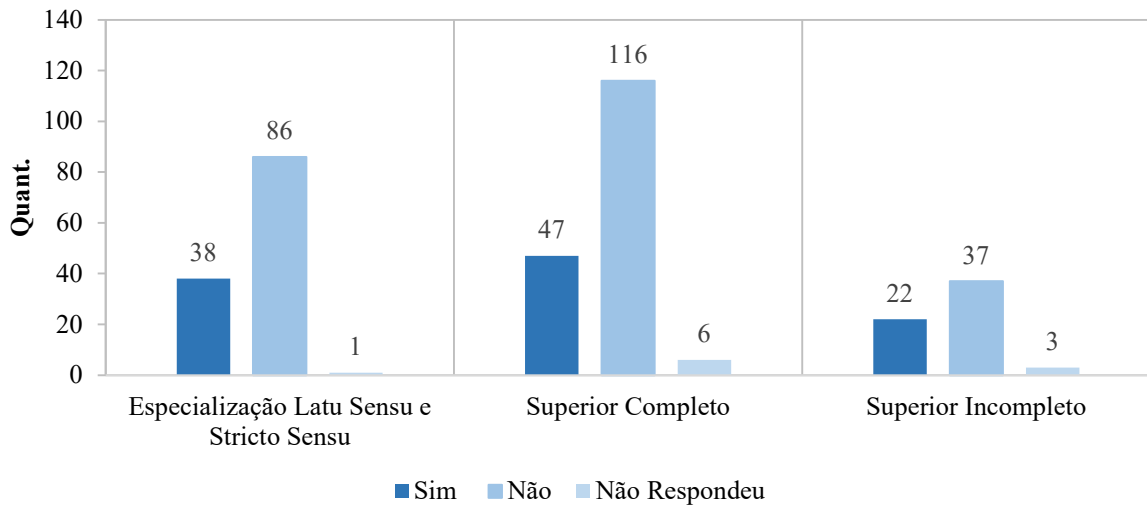
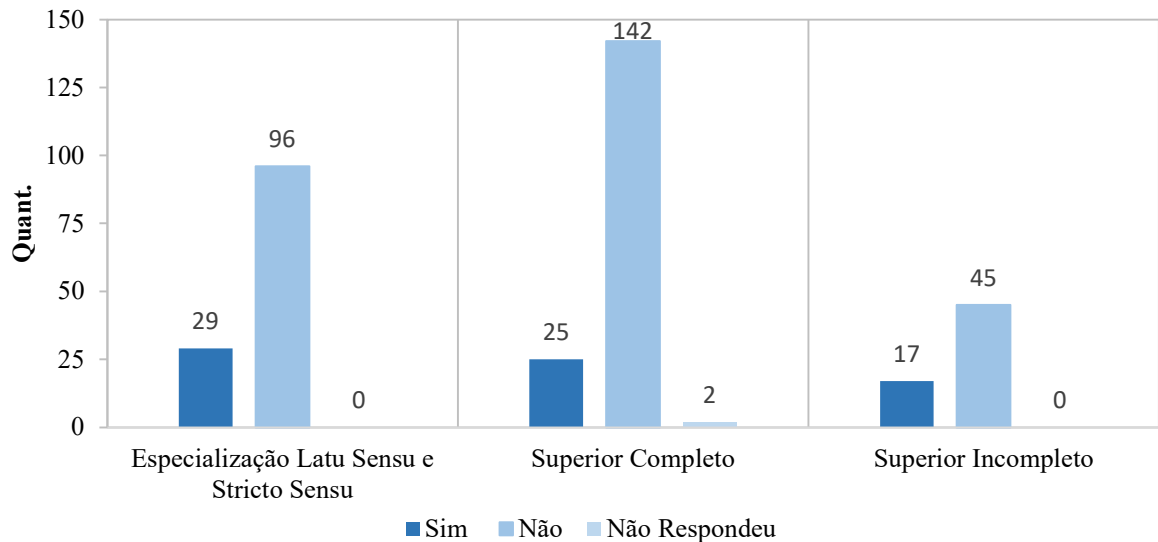


Figura 17 - Nível de confiabilidade sanitária em consumir alimentos cozidos, irrigados com água de reúso, dentro dos padrões normativos.



Quanto à possibilidade de fatores culturais terem se tornado um obstáculo à aceitação da prática de reúso, bem como, a aceitação do reúso proveniente de uma nova tecnologia de tratamento (Figura 18), verificou-se que 96,3% (n = 343) dos respondentes afirmaram que fatores culturais podem fazer com que as pessoas rejeitem a prática do reúso, o que é decorrente,

dentre outros fatores, da ideia de abundância nacional de recursos hídricos, da consequente cultura do desperdício da água disponível, e da não valorização dos mananciais superficiais e subterrâneos (SETTI et al., 2000). A tendência de desperdício sugere uma percepção da água como um recurso infinito, em total conflito com a situação de escassez de hídrica em diversos países (CHFADI et al., 2021).

O especialista 01 descreve as principais razões que, ao seu ver, dificultam a aceitação e implantação desta prática.

De fato, o preconceito que existe em relação ao uso de esgoto tratado associa-se ao seu potencial de contaminação biológica, embora este aspecto possa ser controlado com segurança. Assim, a aceitação desta prática depende de sua execução sob procedimentos que obedecem a todos os requisitos técnicos de segurança, para que não sejam acumulados precedentes de aplicações problemáticas.

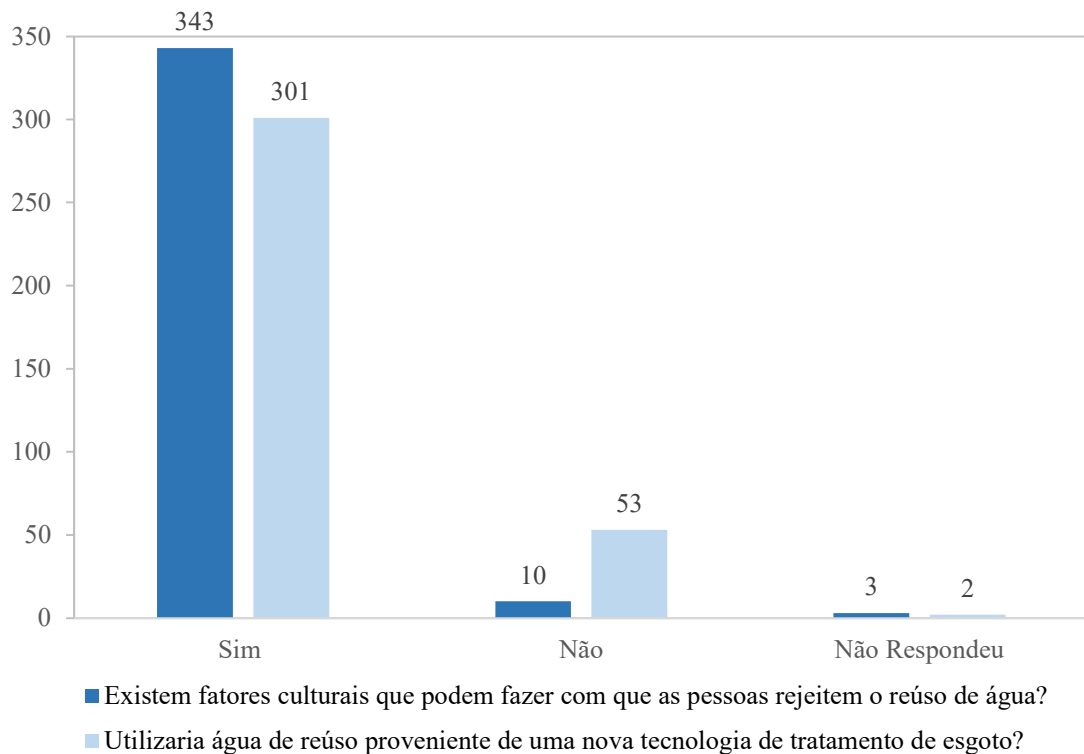
O mais importante é que um programa de reúso seja acompanhado de um processo educacional envolvendo participantes, usuários diretos e indiretos.

Os programas de reaproveitamento de águas devem ser acompanhados de programa de educação e, possivelmente, do próprio envolvimento da população no projeto. Em primeiro lugar, é necessário que os próprios empreendedores acreditem que os riscos envolvidos com esta prática podem ser administrados.

A informação exerce um resultado positivo sobre a percepção social, aumentando o apoio e a sensação de conforto e segurança no uso de água potável reciclada e diminuindo as impressões negativas e àquelas associadas ao risco (FIELDING; ROIKO, 2014). Porém os efeitos positivos oriundos de informações não são universais, os resultados favoráveis têm êxito para aqueles que já estão culturalmente predispostos a aceitar novas tecnologias, indicando que as campanhas com informações direcionadas ao público em geral, podem ter efeito polarizador (KOSTER; ACHTERBERG, 2016).

Contudo, mesmo com todos os entraves culturais e/ou de desinformação da população, observa-se uma abertura às novas tecnologias, sendo que 84,6% (301) dos entrevistados se colocaram a favor de utilizar água de reúso proveniente de uma nova técnica de tratamento (Figura 18), o que indica, com base no contexto geral que, o reúso não potável é uma alternativa promissora do ponto de vista da aceitabilidade da população.

Figura 18 - Influência de fatores culturais e níveis de aceitação quanto ao reúso de água, proveniente de uma nova tecnologia de tratamento de esgoto.



Novas tecnologias que possibilitam o tratamento avançado de esgoto sanitário geram um efluente final com qualidade superior a maioria das fontes de água potáveis existentes, como rios e mananciais subterrâneos (FURLONG et al., 2019). A temática que envolve o reúso de água vem sendo favorecida com estudos associados à percepção de risco, comportamentos, relações sociais e técnicas. À medida que programas de reúso são implementados influenciam positivamente nos estudos de intenções comportamentais, quanto à prática do reúso de águas residuárias tratadas (SMITH et al., 2018).

6 CONCLUSÕES

Ao analisar a influência da estrutura porosa, da área superficial específica e da basicidade dos suportes de carbono: KETJENBLACK - EC 600 JD (KJB) e ENSACO, conclui-se que as características dos materiais carbono utilizados favoreceram o processo de Reforma em Fase Aquosa, visto que esta técnica apresenta maior desempenho quando empregam-se suportes básicos e com reduzido volume de microporosidade.

O desempenho da Reforma em Fase Aquosa na remoção da matéria orgânica e do nitrogênio total foi maior quando empregado apenas o material carbono, sem o metal ativo. A área superficial específica influenciou a eficiência do processo, sendo que com o emprego do material carbono KJB houve um maior percentual de remoção dos poluentes avaliados, quando comparado aos testes com ENSACO. Apesar do sistema ter diminuído ligeiramente o desempenho na remoção dos compostos orgânicos após a adição da platina, devido ao bloqueio parcial dos poros pelas nanopartículas de platina, a geração de hidrogênio, em geral, aumentou com a utilização dos catalisadores.

O tratamento de esgoto por Reforma em Fase Aquosa, em pequena escala, ilustra a promessa dessa tecnologia para remoção dos poluentes emergentes, mostrando-se eficaz tanto com o material carbono ENSACO e sem o metal ativo, quanto com catalisador Pt/ENSACO.

Quanto ao atendimento aos critérios e padrões de qualidade da água de reúso, constatou-se que o efluente proveniente da Reforma em Fase Aquosa no tratamento de esgoto sanitário, atendeu em sua totalidade a faixa de pH estabelecida nos regulamentos e diretrizes nacionais e internacionais avaliados, para fins agrícolas, urbanos e industriais.

Para a remoção da matéria orgânica requer a associação com outros processos, para aumentar a eficiência total do sistema, e produzir um efluente final com concentrações inferiores aos limites máximos preconizados para águas de reúso. Em relação ao parâmetro nitrogênio total, observou-se que a grande maioria dos regulamentos e diretrizes analisados não informam os níveis máximos para este parâmetro em sistemas urbanos e industriais. Para o reúso agrícola, a concentração efluente de nitrogênio total foi inferior aos valores estabelecidos em atividades como irrigação de culturas não alimentares e árvores florestais.

Quanto a aceitabilidade da população à prática de reúso, uma elevada aceitação pública para aplicações com reduzido contato humano e baixa aceitabilidade para os usos que envolvem o consumo direto, foi verificada.

Não houve correlação entre o grau de escolaridade e de aceitabilidade ao reúso de águas residuárias tratadas para os usos investigados, e os participantes se colocaram a favor de utilizar água de reúso proveniente de uma nova técnica de tratamento de esgoto.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAPA, Sujana. Factors influencing consumption and anti-consumption of recycled water: Evidence from Australia. **Journal of Cleaner Production**, v. 201, p. 624-635, nov. 2018.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Água na indústria: uso e coeficientes técnicos**. 2017. Disponível em: http://www.snirh.gov.br/portal/snirh/snirh-1/acao-tematico/usos-da-agua/aguanaindustria_usoecoefficientestecnicos.pdf. Acesso: 9 de nov. 2020.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. **Reúso d'água: ação da ANA para implantar plano da bacia Piancó-Piranhas-Açu resulta em quatro plantas no RN e PB**. 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/noticias/reuso-d2019agua-acao-da-ana-para-implantar-plano-da-bacia-pianco-piranhas-acu-resulta-em-quatro-plantas-no-rn-e-pb>. Acesso: 9 de nov. 2020.

AITKEN, V.; BELL, S.; HILLS, S.; RESS, L. Public acceptability of indirect potable water reuse in the south-east of England. **Water Science And Technology: Water Supply**, v. 14, n. 5, p.875-885, 2014.

AKHOUNDI, A.; NAZIF, S. Sustainability assessment of wastewater reuse alternatives using the evidential reasoning approach. **Journal of cleaner production**, v. 195, p. 1350-1376, 2018.

ALHUMOUD, J. M.; MADZIKANDA, D. Public perceptions on water reuse options: The case of Sulaibiya wastewater treatment plant in Kuwait. **IBER**, v. 9, p. 141–158, 2010.

AL KHALILI, Y.; SEKHON, S.; JAIN, S. Carbamazepine toxicity. **StatPearls [Internet]**, 2020.

ALRASHOOD, S. T. Carbamazepine. **Profiles of drug substances, excipients and related methodology**, v. 41, p. 133-321, 2016.

ALVEAR, M.; AHO, A.; SIMAKOVA, I. L.; GRÉNMAN, H.; SALMI, T.; MURZIN, D. Y. Aqueous phase reforming of xylitol and xylose in the presence of formic acid. **Catalysis Science & Technology**, v. 10, p. 5245-5255, 2020.

American Water Works Association (AWWA). **Potable Reuse 101: An Innovative and Sustainable Water Supply Solution**, 2016.

ANGELAKIS, A. N.; GIKAS, P. Water Reuse: Overview of current practices and trends in the World with emphasis in EU. **Water Utility Journal**, v.8, p. 67–78, 2014.

ANGIN, DILEK. Utilization of activated carbon produced from fruit juice industry solid waste for the adsorption of Yellow 18 from aqueous solutions. **Bioresource Technology**, v.168, p. 259–266, 2014.

APHA - American Public Health Association. “**Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**”, 20th, Centennial Edition, Washington: Public Health Association. 2005.

AQUINO, S. F.; BRANDT, E. M. F.; CHERNICHARO, C. A. L. Remoção de fármacos e desreguladores endócrinos em estações de tratamento de esgoto: revisão da literatura. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.18, n. 3, p. 187-204, 2013.

ARACAJU/SE. **Lei nº 3.739, de 8 de fevereiro de 2010**. Institui o programa municipal de reaproveitamento dos subprodutos do tratamento do esgoto de reúso de água. Aracaju: Câmara Municipal. Disponível em:< <https://leismunicipais.com.br/a/se/a/aracaju/lei-ordinaria/2009/373/3739/lei-ordinaria-n-3739-2009-institui-o-programa-municipal-de-reaproveitamento-dos-subprodutos-do-tratamento-de-esgoto-e-reuso-de-agua>>. Acesso em: 14 ago. 2019.

ARLOS, M. J.; HATAT-FRAILE, M. M.; LIANG, R.; BRAGG, L. L.; ZHOU, N. Y.; ANDREWS, S. A.; SERVOS, M. R. Photocatalytic decomposition of organic micropollutants using immobilized TiO₂ having different isoelectric points. **Water Research**, v. 101, p. 351-361, 2016.

ARJMANDI, S.; TABESH, M.; ESFAHANI, S. T. Risk Analysis of Water Reuse for Industrial Cooling Water Consumptions. **Journal of Environmental Engineering**, v. 145, n. 10, p. 04019067, 2019.

AROLA, K.; HATAKKA, H.; MANTTARI, M.; KALLIOINEN, M. Novel process concept alternatives for improved removal of micropollutants in wastewater treatment. **Separation and Purification Technology**, v. 186, p. 333-34, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 13969**: Tanques sépticos: unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos – projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, p. 21-23, 1997.

AUSTRALIAN GUIDELINES FOR WATER RECYCLING (AGWR). 2006. Disponível em: <https://www.nhmrc.gov.au/about-us/publications/australian-guidelines-water-recycling>>. Acesso em: 14 nov. 2019.

AZIZ, K. H. H.; MIESSNER, H.; MUELLER, S.; KALASS, D.; MOELLER, D., KHORSHID, I.; RASHID, M. A. M. Degradation of pharmaceutical diclofenac and ibuprofen in aqueous solution, a direct comparison of ozonation, photocatalysis, and non-thermal plasma. **Chemical Engineering Journal**, v. 313, p. 1033-1041, 2017.

BAGHAPOUR, M. A.; SHOOSHTARIAN, M. R.; DJAHED, B. A survey of attitudes and acceptance of wastewater reuse in Iran: Shiraz City as a case study. **Journal of Water Reuse and Desalination**, v. 7, n. 4, p. 511-519, 2017.

BAHIA. Resolução CONERH nº 75, de 29 de julho de 2010. Estabelece procedimentos para disciplinar a prática de reúso não potável de água na modalidade agrícola e/ou florestal.

Diário Oficial [do] Estado da Bahia. Disponível

em:<<http://www.seia.ba.gov.br/sites/default/files/legislation/RESOLU%C3%87%C3%83O%20n%C2%BA%2075.pdf>>. Acesso em: 14 ago. 2019.

BASTAN, F.; KAZEMEINI, M.; LARIMI, A.S. Aqueous-phase reforming of glycerol for production of alkanes over Ni/CexZr1-xO2 nano-catalyst: Effects of the support's composition. **Renewable Energy**, v. 108, p. 417-424, 2017.

BASTAN, F.; KAZEMEINI, M.; LARIMI, A.; MALEKI, H. Production of renewable hydrogen through aqueous-phase reforming of glycerol over Ni/Al2O3eMgO nano-catalyst. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 43, p. 614-621, 2018.

BAUER, S.; LINKE, H. J.; WAGNER, M. Combining industrial and urban water-reuse concepts for increasing the water resources in water-scarce regions. **Water Environment Research**, v. 92, p. 1027–1041, 2020.

BECERRA-CASTRO, C.; LOPES, A. R.; VAZ-MOREIRA, I.; SILVA, E. F.; MANAIA, C. M.; NUNES, O. C. Wastewater reuse in irrigation: A microbiological perspective on implications in soil fertility and human and environmental health. **Environment International**, v. 75, p. 117–135, 2015.

BILA, D. M.; SANTOS, A. S.; OHNUMA JUNIOR, A. A. “Evaluation of Potential Routes for Wastewater Reuse Management in the Metropolitan Region of Rio de Janeiro, Brazil”, In: 11th IWA International Conference on Water Reclamation and Water Reuse, Long Beach, California, 2017.

BIO BY DELOITTE. **Optimising water reuse in the EU – Final report prepared for the European Commission (DG ENV), Part I.** In collaboration with ICF and Cranfield University, 2015.

BISWAS, J. What it does really mean the COD to TOC ratio in waste water? (2017).

Disponível em:

<https://www.researchgate.net/post/What_it_does_really_mean_the_COD_to_TOC_ratio_in_waste_water/58b99cf0ed99e126282c0425/citation/download>. Acesso em: 14 jul. 2020.

BOGA, D.A.; LIU, F.; BRUIJNINCX, P. C. A.; WECKHUYSSEN, B. M. Aqueous-phase reforming of crude glycerol: effect of impurities on hydrogen production. **Catalysis Science & Technology**, v. 6, p. 134–143, 2016.

BONOLI, A.; DI FUSCO, E.; ZANNI, S.; LAURIOLA, I. Green Smart Technology for Water (GST4Water): Life Cycle Analysis of Urban Water Consumption. **Water**, v. 11, n. 2, p.389-401, fev. 2019.

BORGES, R. M.; MINILLO, A.; LEMOS, E. G. M; PRADO, H. F. A.; Tangerino, E. P. Uso de filtros de carvão ativado granular associado a microrganismos para remoção de fármacos

no tratamento de água de abastecimento. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 21, n. 4, p. 709-720, 2016.

BRANCO, N. M. C.; ALBERT, A. L. M.; ROMÃO, C. M. C. Emerging Pollutants: Antimicrobials in the environment, environmental education and the national and international regulatory aspect. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 8, 2021.

BRASIL. **Resolução CNRH nº 54, de 28 de novembro 2005**. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios para o reúso direto não potável de água, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, v. 3, n. 1, p. 31, 28 nov. 2005. Seção 1, p. 31-36, Online. Disponível em: <http://www.cnrh.gov.br/reuso-de-agua-recursos-hidricos/37-resolucao-n-54-de-28-de-novembro-de-2005/file>. Acesso em: 14 ago. 2019.

_____. **Resolução CNRH nº 121, de 16 de dezembro de 2010**. Estabelece diretrizes e critérios para a prática de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal, definida na Resolução CNRH nº 54, de 28 de novembro de 2005. **Diário Oficial da União, Brasília**, v. 3, n. 1, p. 42, 16 dez. 2010. Seção 1, p. 42-45, Online. Disponível em: <http://www.cnrh.gov.br/reuso-de-agua-recursos-hidricos/1414-resolucao-n-121-de-16-de-dezembro-de-2010/file>. Acesso em: 14 ago. 2019.

_____. **Resolução CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. **Diário Oficial da União**, Brasília, v. 2, n. 1, p. 43, 13 maio 2011. Seção 1, p. 43-46, Online. Disponível em: http://www2.mma.gov.br/port/conama/res/res11/propresol_lanceflue_30e31mar11.pdf. Acesso em: 14 ago. 2019.

_____. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. **Portaria GM/MS nº 888, de 04 de maio de 2021**. Altera o Anexo XX da Portaria de Consolidação GM/MS nº 5, 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. **Diário Oficial**, Brasília, DF, ed. 85, seção 1, p. 127, mai. 2021.

_____. Ministério da saúde. **Portaria de Consolidação nº 5, de 28 de setembro de 2017** – ANEXO XX, Brasília, DF, 03 out. 2017. Seção 1, p. 360, 2017.

BROWN, T. C.; FOTI, R.; RAMIREZ, J. A. Projected freshwater withdrawals in the United States under a changing climate. **Water Resources**, v. 49, p. 1259–1276, 2013.

BRUNAUER, S.; EMMETT, P. H.; TELLER, E. Adsorption of Gases in Multimolecular Layers. **Journal of the American Chemical Society**, v. 60 (2), p. 309-319, 1938.

BRUNE, K.; PATRIGNANI, P. New insights into the use of currently available nonsteroidal. **Journal of Pain Research**, v. 8:105, p. 118, 2015.

CAMPINAS/SP. **Resolução Conjunta SVDS/SMS nº 09/2014**. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para o reúso direto não potável de água, proveniente de estações de tratamento de esgoto (ETEs) de sistemas públicos para fins de usos múltiplos no município de

Campinas. Disponível em: <<https://www.campinas.sp.gov.br/governo/meio-ambiente/resolucao-09-2014.pdf>>. Acesso em: 10 jun. 2019.

CAICÓ/RN. **Lei nº 4.603 de 26 de agosto de 2013**. Recomenda critérios e padrões de qualidade para água de reúso a ser utilizada nas seguintes atividades: produção agrícola, fins urbanos, piscicultura e dá outras providências. Caicó: Câmara Municipal. Disponível em: https://caico.rn.gov.br/arquivos/2480/Leis%20Municipais_4.603_2013_0000001.pdf. Acesso em: em 14 ago. 2019.

CALLISON, J.; SUBRAMANIAN, N. D.; ROGERS, S. M.; CHUTIA, A.; GIANOLIO, D.; CATLOW, C. R. A. Directed aqueous-phase reforming of glycerol through tailored platinum nanoparticles. **Applied Catalysis B: Environmental**, v. 238, p. 618-628, 2018.

CAPODAGLIO, ANDREA. Fit-for-purpose urban wastewater reuse: Analysis of issues and available technologies for sustainable multiple barrier approaches. **Critical Reviews in Environmental Science and Technology**, p. 1619-1666, 2020.

CARMONA, E.; ANDREU, V.; PICO, Y. Occurrence of acid pharmaceuticals and personal care products in Turia River Basin: From waste to drinking water. **Science of the Total Environment**, v. 484, p. 53–63, 2104.

CEARÁ. **Lei nº 16.033, de 20 de junho de 2016**. Dispõe sobre a política de reúso de água não potável no âmbito do Estado do Ceará. Ceará: Assembleia Legislativa. Disponível em: <<https://belt.al.ce.gov.br/index.php/legislacao-do-ceara/organizacao-tematica/agropecuaria/item/4054-lei-n-16-033-de-20-06-16-d-o-22-06-16>>. Acesso em: 14 ago. de 2019.

_____. **Resolução COEMA Nº 2 de 02 de fevereiro de 2017**. Dispõe sobre padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras, revoga as Portarias SEMACE nº 154, de 22 de julho de 2002 e nº 111, de 05 de abril de 2011, e altera a Portaria SEMACE nº 151, de 25 de novembro de 2002. Disponível em: <<https://www.semace.ce.gov.br/resolucao-2017-coema/>>. Acesso em: 10 de ago. de 2021.

CHÁVEZ-MEJÍA, A. C.; NAVARRO-GONZÁLEZ, I.; MAGAÑA-LÓPEZ, R.; USCANGA-ROLDÁN, D.; ZARAGOZA-SÁNCHEZ, P. I.; JIMÉNEZ-CISNEROS, B. E. Presence and Natural Treatment of Organic Micropollutants and their Risks after 100 Years of Incidental Water Reuse in Agricultural Irrigation. **Water**, v. 11, p. 2148, 2019.

CHAYID, M. A.; AHMED, M. J. Amoxicillin adsorption on microwave prepared activated carbon from *Arundo donax* Linn: Isotherms, kinetics, and thermodynamics studies. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 3, p. 1592-1601, 2015.

CHEN, G.V.; LI, W.; CHEN, H.; YAN, B. Progress in the aqueous-phase reforming of different biomass-derived alcohols for hydrogen production. **J. Zhejiang Univ-Sci A. Applied Physics and Engineering**, v. 16, p. 491-506, 2015.

CHEN, W.; BAI, Y.; ZHANG, W.; LYU, S.; JIAO, W. Perceptions of different stakeholders on reclaimed water reuse: The case of Beijing, China. **Sustainability**, 2015.

CHENG, W.Y.; YU, T.H.; CHAO, K.J.; LU, S.Y. Cu₂O-decorated mesoporous TiO₂ beads as a highly efficient photocatalyst for hydrogen production. **Chem. Cat. Chem**, v. 6, p. 293-300, 2014.

CHFADI, T.; GHEBLAWI, M.; THAHA, R. Public Acceptance of Wastewater Reuse: New Evidence from Factor and Regression Analyses. **Water**, v. 13, p. 1391, 2021.

CHHIPI-SHRESTHA, G.; HEWAGE, K.; SADIQ, R. Fit-for-purpose wastewater treatment: Conceptualization to development of decision support tool (I). **Science of The Total Environment**, v. 607, p. 600-612, 2017.

CHHIPI-SHRESTHA, G.; RODRIGUEZ, M.; SADIQ, R. Selection of sustainable municipal water reuse applications by multistakeholders using game theory. **Science of the Total Environment**, n. 650, p. 2512–2526, 2019.

CHINA. The reuse of urban recycling water - Quality of farmland irrigation water. GB 20922-2007. China National Standards, 2007.

CIFTCI, A.; LIGTHART, D.; SEN, A. Pt-Re synergy in aqueous-phase reforming of glycerol and the water-gas shift reaction. **Journal of Catalysis**, n. 311, v. 88-101, 2014.

CLARA, M.; STRENN, B.; GANS, O.; MARTINEZ, E.; KREUZINGER, N.; KROISS, H. Removal of selected pharmaceuticals, fragrances and endocrine disrupting compounds in a membrane bioreactor and conventional wastewater treatment plants. **Water Research**, v. 39, p. 4797-4807, 2005.

COCHRAN, William Gemmell. **Sampling techniques**. 3^a ed, John Wiley & Sons, 1991.

COMPANHIA DE SANEAMENTO BÁSICO DO ESTADO DE SÃO PAULO (SABESP). Sustainability Report. São Paulo, p. 102, 2017.

CORONADO, I.; STEKROVA, M.; REINIKAINEN, M.; SIMELL, P.; LEFFERTS, L.; LEHTONEN, J. A review of catalytic aqueous-phase reforming of oxygen at edhydrocarbons derived from biorefinery wáter fractions. **International Journal of Hidrogen Energy**, v. 41, p. 11003-11032, 2016.

CORONADO, I.; STEKROVA, M.; MORENO, L.; REINIKAINEN, M.; SIMELL, P.; KARINEN, R. Aqueous-phase reforming of methanol over nickel-based catalysts for hydrogen production. **Biomass Bioenergy**, v. 106, p. 29-37, 2017.

CORTRIGHT, R.; DAVDA, R.; DUMESIC, J. Hydrogen from catalytic reforming of biomass-derived hydrocarbons in liquid water. **Nature**, v. 418(6901), p. 964-976, 2002.

COSTA, W. A. J. M. D.; SANGAKKARA, U. R. Agronomic regeneration of soil fertility in tropical Asian smallholder uplands for sustainable food production. **Journal of Agricultural Science**, v.144, p.111-133, 2006.

CUIABÁ/MT. Lei nº 4.748, de 07 de março de 2005. Dispõe sobre o reúso da água das estações de tratamento de esgoto. Cuiabá: Câmara Municipal. Disponível em:< <https://camaracuiaba.municipioweb.com.br/proj/f.php?v=5364>>. Acesso em: 14 ago. 2019.

DALKMANN, P.; BROSZAT, M.; SIEBE, C.; WILLASCHEK, E.; SAKINC, T.; HUEBNER, J. AMELUNG, W.; GROHMANN, E.; SIEMENS, J. Accumulation of pharmaceuticals, Enterococcus, and resistance genes in soils irrigated with wastewater for zero to 100 years in central Mexico. **PLoS One**, 2012.

DANG, H. Q.; NGHIEM, L. D.; PRICE, W. E. Factors governing the rejection of trace organic contaminants by nanofiltration and reverse osmosis membranes. **Desalination and Water Treatment**, v. 52, p. 4-6, 2014.

DAVDA, R.; SHABAKER, J.; HUBER, G.; CORTRIGHT, R.; DUMESIC, J. A review of catalytic issues and process conditions for renewable hydrogen and alkanes by aqueous-phase reforming of oxygenated hydrocarbons over supported metal catalysts. **Applied Catalysis B: Environmental**, v. 56, p. 171–186, 2005.

DAVIDSON, S. D.; SUN, J.; HONG, Y.; KARIM, A. M.; DATYE, A. K.; WANG, Y. The effect of ZnO addition on Co/C catalyst for vapor and aqueous phase reforming of ethanol. **Catalysis Today**, 233, p. 38–45, 2014.

DELGADO, L. F.; CHARLES, P.; GLUCINA, K.; MORLAY, C. The removal of endocrine disrupting compounds, pharmaceutically activated compounds and cyanobacterial toxins during drinking water preparation using activated carbon-A review. **Science of the Total Environment**, v. 435 – 436, p. 509 – 525, 2012.

DIETRICH, P. J.; AKATAY, M. C.; SOLLBERGER, F. G.; STACH, E. A. MILLER, J. T. Delgass, W. N.; RIBEIRO, F. H. Effect of Co Loading on the Activity and Selectivity of PtCo Aqueous Phase Reforming Catalysts. **ACS Catal.**, v. 4, 2014.

DOLNICAR, S.; HURLIMANN, A. Desalinated versus recycled water e what does the public think? In: Escobar, I.C., Schafer, A. (Eds.), Sustainable Water for the Future: Water Recycling versus Desalination. **Elsevier B.V.**, Amsterdam, p. 375-388. 2010.

DOLNICAR, S.; HURLIMANN, A.; GRÜN, B. What affects public acceptance of recycled and desalinated water? **Water Research**, v. 45, p. 933–943, 2011.

DOS SANTOS, S. M.; DE FARIAS, M. M. M. Potential for rainwater harvesting in a dry climate: Assessments in a semiarid region in northeast Brazil. **Journal of Cleaner Production**, v. 164, p. 1007-1015, 2017.

DREWES, J. E.; ZHITENEVA, V.; KARAKURT, S.; SCHWALLER, C.; HÜBNER, U. Risk management in water reuse – International perspective and approaches for Germany. **Zbl. Geol. Paläont. Teil I**, Heft 1, p. 59–65, 2019.

DUARTE, H. A.; SAD, M. E.; APESTEGUÍA, C. R. Bio-hydrogen production by APR of C₂-C₆ polyols on Pt/Al₂O₃: Dependence of H₂ productivity on metal content. **Catalysis Today**, v. 296, p. 59–65, 2017.

DUARTE, I. C. S.; OLIVEIRA, L. L.; SAAVEDRA, N. K. D.; FANTINATTI-GARBOGGINI, F.; OLIVEIRA, V. M.; VARESCHE, M. B. A. Evaluation of the microbial diversity in a horizontal-flow anaerobic immobilized biomass reactor treating linear alkylbenzene sulfonate. **Biodegradation**, v. 19, p. 375–385, 2007.

DUDEK, M.; OLKUSKI, T.; TORA, B.; GRZYWACZ, P.; RAPACZ-KMITA, A. **Utilisation of coal for energy production in fuel cells**. E3S Web of Conferences, 2016.

ESLAMIAN, SAEID. Urban Water Reuse Handbook. CRC Press, p.1177, 2016. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=BDo0CwAAQBAJ&dq=urban,+agricultural+and+industrial+reuse&lr=&hl=pt-BR&source=gbs_navlinks_s>. Acesso em: 20 de Jul. de 2020.

ESPÍRITO SANTO. **Lei nº 10.487, de 12 de janeiro de 2016**. Dispõe sobre a prática do reúso de efluentes das Estações de Tratamento de Esgoto – ETEs para fins industriais. Espírito Santo: Assembleia Legislativa. Disponível em: <<http://www3.al.es.gov.br/Arquivo/Documents/legislacao/html/LEI104872016.html>>. Acesso em: 14 ago. 2019.

ESTRADA-ARRIAGA, E.B.; CORTÉS-MUÑOZ, J. E.; GONZÁLEZ-HERRERA, A. et al. Assessment of full-scale biological nutrient removal systems upgraded with physico-chemical processes for the removal of emerging pollutants present in wastewaters from Mexico. **Science of the Total Environment**, 571, p. 1172–1182, 2016.

EUROPEAN COMMISSION. **Directive 2015/495/EC**: establishing a watch list of substances for Union-wide monitoring in the field of water policy pursuant to Directive 2008/105/EC of the European Parliament and of the Council, 2015.

EUROPEAN COMMISSION. EU-level Instruments on Water Reuse: Final Report to Support the Commission's Impact Assessment (Luxembourg), 2016.

EUROPEAN COMMISSION. **Guidelines on Integrating Water Reuse into Water Planning and Management in the context of the WFD**. In: Common Implementation Strategy for The Water Framework Directive and the Floods Directive, 2016.

EUROPEAN COMMISSION. **DECISION (EU) 2018/840**. Establishing a watch list of substances for Union-wide monitoring in the field of water policy pursuant to Directive 2008/105/EC of the European Parliament and of the Council and repealing Commission Implementing Decision (EU) 2015/495, 2018.

EUROPEAN COMMISSION. **Regulation (EU) 2020/741** of the European Parliament and of the Council of 25 May 2020 on minimum requirements for the reuse of water, 2020.

EVGENIDOU, E. N.; KONSTANTINOU, I. K.; LAMBROPOULOU, D. A. Occurrence and removal of transformation products of PPCPs and illicit drugs in wastewaters: **A review** **Science of the Total Environment**, v. 505, p. 905–926, 2015.

FALÅS, P.; BAILLON-DHUMEZ, A.; ANDERSEN, H. R.; LEDIN, A.; LA COUR JANSEN, J. Suspended biofilm carrier and activated sludge removal of acidic pharmaceuticals. **Water Research**, v. 46(4), p. 1167–1175, 2012.

FARIA, E.; LIMA, D. R. S.; XAVIER, L. P. S.; AQUINO, S. F.; AFONSO, R. J. C. F.; CHERNICHARI, C. A. L.; GOMES, R. P. Uso de fotorreatores UV para a remoção de diclofenaco, bezafibrato e etinilestradiol de esgoto tratado em sistema UASB-FBP. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.20, n.3, p. 493-502, jul/set 2015.

FAST, S. A.; GUDE, V. G.; TRUAX, D. D.; MARTIN, J.; MAGBANUA, B. S. A critical evaluation of advanced oxidation processes for emerging contaminants removal. *Environmental Processes*, v. 4, p. 283–302. 2017.

FATTA-KASSINOS, D.; KALAVROUZOTIS, I. K.; KOUKOULAKIS, P. H.; VASQUEZ, M. I. The risks associated with wastewater reuse and xenobiotics in the agroecological environment. **Science of the Total Environment**, v. 409, p. 3555–3563, 2011.

FENG, L.; LIU, Y.; ZHANG, J.; LI, C.; WU, H. Dynamic variation in nitrogen removal of constructed wetlands modified by biochar for treating secondary livestock effluent under varying oxygen supplying conditions. **Journal of Environmental Management**, v. 260, 2020.

FENT, K.; WESTON, A. A.; CAMINADA, D. Ecotoxicology of human pharmaceuticals. **Aquatic Toxicology**, v. 76, n. 2, p. 122-159, 2006.

FIELDING, K.; ROIKO, A. Providing information promotes greater public support for potable recycled water. *Water Research*, v. 61, p.86-96, set. 2014.

FIELDING, K. S.; DOLNICAR, S.; SCHULTZ, T. Public Acceptance of Recycled Water. **International Journal of Water Resources Development**, v. 35, p. 551–86, 2018.

FRANCE. NOR.: AFSP1410752A. Arrêté du 25 juin 2014 modifiant l'arrêté du 2 août 2010 relatif à l'utilisation d'eaux issues du traitement d'épuration des eaux résiduaires urbaines pour l'irrigation de cultures ou d'espaces verts. 2014. Disponível em: <<https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/JORFTEXT000029186641/>>. Acesso em: 18 de jan. de 2021.

FRANCO, M. A. E.; CARVALHO, C. B.; BONETTO, M. M.; SOARES, R. P.; FÉRIS, L.A. Removal of amoxicillin from water by adsorption onto activated carbon in batch process and fixed bed column: Kinetics, isotherms, experimental design and breakthrough curves modeling. **Journal of Cleaner Production**, v. 161, p. 947-956, 2017.

FRIJNS, J.; SMITH, H. M.; BROUWER, S.; GARNETT, K.; ELELMAN, R.; JEFFREY, P. How Governance Regimes Shape the Implementation of Water Reuse Schemes. **Water**, v. 8, n. 12, p.605-618, 20 dez. 2016.

FU, H.; LIU, X. A study on the impact of environmental education on individuals' behaviors concerning recycled water reuse. *Eurasia Journal of Mathematics. Science and Technology Education*, v. 13, n. 10, p. 6715-6724, 2017.

FUNKE, A.; ZIEGLER, F. Hydrothermal carbonization of biomass: A summary and discussion of chemical mechanisms for process engineering, *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*, v. 4, p.160–177, 2010.

FURLONG, C.; JEGATHEESAN, J.; CURRELL, M.; IYER-RANIGA, U.; KHAN, T.; BALL, A.S. Is the global public willing to drink recycled water? A review for researchers and practitioners. *Utilities Policy*, v. 56, p.53-61, fev. 2019.

GADIPELLY, C.; GONZÁLEZ, A. P.; YADAV, G.D.; ORTIZ, I.; IBÁÑEZ, R.; RATHOD, V. K.; MARATHE, K. V. Pharmaceutical Industry Wasterwater: Review of the Technologies for Water Treatment and Reuse. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, vol. 53, p. 11571-11592, 2014.

GARCÍA, L.; VALIENTE, A.; OLIVA, A. M.; RUIZ, J.; ARAUZO, J. Influence of operating variables on the aqueousphase reforming of glycerol over a Ni/Al coprecipitated catalyst. *International journal of hydrogen energy*, v. 43, p. 20392- 20407, 2018.

GARCIA-CUERVA, L.; BERGLUND, E. Z.; BINDER, A. R. Public perceptions of water shortages, conservation behaviors, and support for water reuse in the U.S. *Resources, Conservation and Recycling*, v. 113, p.106-115, out. 2016.

GHERNAOUT, D.; ELBOUGHDIRI, N.; GHAREBA, S. Drinking Water Reuse: One-Step Closer to Overpassing the “Yuck Factor”. *Open Access Library Journal*, v. 6, n. 11, p. 1, 2019.

GODINA, L.; KIRILIN, A.; TOKAREV, A.; MURZIN, D.Y. Aqueous phase reforming of industrially relevant sugar alcohols with different chiralities. *ACS Catalysis*, v. 5, p. 2989-3005, 2015.

GODINA, L.I.; TOKAREV, A.V.; SIMAKOVA, I.L.; MÄKI-ARVELA, P.; KORTESMÄKI, E.; GLÄSEL, J.; KRONBERG, L.; ETZOLD, B.; MURZIN, Y.D. Aqueous-phase reforming of alcohols with three carbon atoms on carbon-supported Pt. *Catalysis Today*, n. 301, p. 78–89, 2018.

GOGOI, A.; MAZUMDER, P.; TYAGI, V. K.; CHAMINDA, G. T.; AN, A. K.; KUMAR, M. Occurrence and fate of emerging contaminants in water environment: a review. *Groundwater for Sustainable Development*, v. 6, p. 169-180, 2018.

GRANDCLÉMENT, C., SEYSSIECQ, I., PIRAM, A., WONG-WAH-CHUNG, P., VANOT, G., TILIACOS, N., ROCHE, N., DOUMENQ, P., 2017. From the conventional biological wastewater treatment to hybrid processes, the evaluation of organic micropollutant removal: a review. *Water Research*, 111, p. 297-317, 2017.

GROSS, DANIEL. Recycling sewage into drinking water is no big deal. They've been doing it in Namibia for 50 years. The World. December 15, 2016. Disponível em: <<https://www.pri.org/stories/2016-12-15/recycling-sewage-drinking-water-no-big-deal-theyve-been-doing-it-namibia-50-years>>. Acesso em: 10 ago. 2021.

GU, G. H.; WITTEICH, G.; VLACHOS, D. G. Microkinetic modeling of aqueous phase biomass conversion: Application to ethylene glycol reforming. **Chemical Engineering Science**, v. 197, p. 415–418, 2019.

GU, Q.; CHEN, Y.; PODY, R.; CHENG, R.; ZHENG, X.; ZHANG, R. “Public Perception and Acceptability toward Reclaimed Water in Tianjin”. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 104, p. 291–99, 2015.

GUDE, Veera Gnaneswar. Desalination and water reuse to address global water scarcity. **Environmental Science and Bio/Technology**, v. 16(4), p. 591–609, 2017.

GUO, Y.; AZMAT, M. U.; LIU, X.; WANG, Y.; LU, G. Effect of support’s basic properties on hydrogen production in aqueous-phase reforming of glycerol and correlation between WGS and APR. **Applied Energy**, v. 92, p. 218-223, 2012.

HAASTERECHT, T.V.; LUDDING, C. C. I.; JONG, K. P.; BITTER, J. H. Toward stable nickel catalysts for aqueous phase reforming of biomass-derived feedstock under reducing and alkaline conditions. **Journal of Catalysis**, v. 319, p. 27–35, 2014.

HARDY, D, F.; CUBILLO, M, H.; LI, H. Alternative Water Resources: A Review of Concepts, Solutions and Experiences. **International Water Association**, 2015.

HARRIS-LOVETT, S.R.; BINZ, C.; SEDLAK, D.L.; KIPARSKY, M.; TRUFFER, B. Beyond User Acceptance: A Legitimacy Framework for Potable Water Reuse in California. **Environmental Science & Technology**, v. 49, n. 13, p. 7552-7561, 23 jun. 2015.

HARTSIG, S.; HOUCHEM, C.; LIN, T. **Potential Health effects of municipal water reuse in Kansas: Kansas Health Impact Assessment Project**. Kansas Health Institute, 2017.

HE, C.; GIANNIS, A.; WANG, J. Conversion of sewage sludge to clean solid fuel using hydrothermal carbonization: Hydrochar fuel characteristics and combustion behavior. **Applied Energy**, 111, p. 257–266, 2013.

HE, C.; ZHENG, J.; WANG, K.; LIN, H.; WANG, J.-Y.; YANG, Y. Sorption enhanced aqueous phase reforming of glycerol for hydrogen production over Pt-Ni supported on multi-walled carbon nanotubes. **Applied Catalysis B: Environmental**, 162, p. 401-411, 2015.

HESPANHOL, Ivanildo. A Inexorabilidade do Reúso Potável Direto. **Revista DAE**, v. 194, p. 6-23-23, 2015.

HOLADE, Y.; ZANA, C.; SERVAT, K.; NAPPORN, T. K.; KOKOH, K. B. Enhancing the available specific surface area of carbon supports to boost the electroactivity of nanostructured Pt catalysts. **International Journal of Chemical Physics**, v. 16, p. 25609-25620, 2014.

HOINKIS, J.; DEOWAN, S. A.; PANTEN, V.; FIGOLI, A.; HUANG, R. R. DRIOLI, E. Membrane Bioreactor (MBR) Technology – a Promising Approach for Industrial Water Reuse. **Procedia Engineering**, 33, p. 234 – 241, 2012.

HUA, X.Y.; SONG, X.; YUAN, M.; DONG, D. M. The Factors Affecting Relationship between COD and TOC of Typical Papermaking Wastewater. **Advances in Computer Science, Intelligent System and Environment**, p. 239-244, 2011.

HUBER, G. H.; CORTRIGHT, R. D.; DUMESIC, J. A. Renewable alkanes by aqueous-phase reforming of biomass-derived oxygenates. **Angewandte Chemie International**, v. 43, p. 1549 –1551. 2004.

HUMMER, N.; EDEN, S. **Potable Reuse of Water**. Arroyo, University of Arizona Water Resources Research Center, Tucson, Arizona, 2016.

HURLIMANN, A.; DOLNICAR, S. Public acceptance and perceptions of alternative water sources: a comparative study in nine locations. **International Journal of Water Resources Development**, 2016.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sinopse do Censo Demográfico 2010**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br>. Acesso em 20/03/2018.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Tabela 5919 - População, por níveis de instrução**. Disponível em: < <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5919>. Acesso em: 30/05/2019>. 2019.

ISHII, S.K.L.; BOYER, T.H.; CORNWELL, D.A.; STEVE, H. Public Perceptions of Direct Potable Reuse in Four US Cities. **Journal - American Water Works Association**, v. 107, n. 11, p. 559-570, nov. 2015.

ISIKGOR, F. H.; BECER, C. R. Lignocellulosic biomass: a sustainable platform for the production of bio-based chemicals and polymers. **Polymer Chemistry**, v. 6, p. 4497-4559, 2015.

ISRAEL. Israel guideline for wastewater reuse. Ministry of Health State of Israel, 2010.

ITALY. Legislative Decree n°. 152 approving the Code on the Environment, 2006.

JELIC, A.; GROS, M.; GINEBRED, A.; CESPEDES-SÁNCHEZ, R.; VENTURA, F.; PETROVIC, M.; BARCELO, D. Occurrence, partition and removal of pharmaceuticals in

sewage water and sludge during wastewater treatment. **Water Research**, v. 45, n. 3, p. 1165-1176, 2011.

JEON, S.; PARK, Y. M.; SARAVANAN, K.; HAN, G. Y.; KIM, B. W.; LEE, J. B. Aqueous phase reforming of ethylene glycol over bimetallic platinum-cobalt on ceria/zirconia mixed oxide. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 42, p. 9892-902, 2017.

JEONG, K. E.; KIM, H. D.; KIM, T. W.; KIM, J. W.; CHAE, H. J.; JEONG, S. Y.; KIM, H. D. Hydrogen production by aqueous phase reforming of polyols over nano- and micro-sized mesoporous carbon supported platinum catalysts. **Catalysis Today**, v. 232, p. 151–157, 2014.

JEONG, H.; KIM, H.; JANG, T. Irrigation water quality standards for indirect wastewater reuse in agriculture: A contribution toward sustainable wastewater reuse in South Korea. **Water**, v. 8 (4), 2016.

JIA, L.; LIU, H.; KONG, Q.; LI, M.; WU, S.; WU, H. Interactions of high-rate nitrate reduction and heavy metal mitigation in iron-carbon-based constructed wetlands for purifying contaminated groundwater. **Water Research**, v. 169, 2020.

JODAR-ABELLAN, A.; LÓPEZ-ORTIZ, M.I.; MELGAREJO-MORENO, J. Wastewater Treatment and Water Reuse in Spain. Current Situation and Perspectives. **Water**, v. 11, p. 1551, 2019.

JORDÃO, Eduardo Pacheco. PESSOA, Constantino Arruda. **Tratamento de Esgotos Domésticos**, 7ª edição. Rio de Janeiro: ABES, v. 1, p. 1113, 2014.

JOSS, A.; ZABCZYNSKI, S.; GÖBEL, A.; HOFFMANN, B.; LÖFFLER, D.; McARDELL, C.S.; TERNES, T.A.; THOMSEN, A.; SIEGRIST, H. Biological degradation of pharmaceuticals in municipal wastewater treatment: Proposing a classification scheme. **Water Research**, v. 40, p. 1686-1696, 2006.

KANSAS WATER OFFICE. Kansas Water Plan: Statewide and Regional Water Assessment, v. 2. p. 25 – 26, p. 2014.

KAPLAN, Martha. Nation and Conservation: Postcolonial Water Narratives in Singapore Rituals. **Journal of the Malaysian Branch of the Royal Asiatic Society**, v. 89, n. 2, p. 125-138, 2016.

KAYHANIAN, M.; TCHOBANOGLOUS, G. Water reuse in Iran with an emphasis on potable reuse. **Scientia Iranica**, v. 23, n. 4, p. 1594-1617, out. 2016.

KHAN, M. Z.; NIZAMI, A. S.; REHAN, M.; OUDA, O. K. M.; SULTANA, S.; ISMAIL, I.M.; SHAHZAD. Microbial electrolysis cells for hydrogen production and urban wastewater treatment: A case study of Saudi Arabia. **Applied Energy**, v.185, p. 410-420, 2017.

KHAN, Naeem. **Natural Ecological Remediation and Reuse of Sewage Water in Agriculture and Its Effects on Plant Health**. Sewage, 2018.

KHAN, S.; ANDERSON, R. Potable reuse: Experiences in Australia. **Current Opinion In Environmental Science & Health**, v. 2, p. 55-60, abr. 2018.

KHAZRI, H.; HASSINE, S. B.; GHORBEL-ABID, I.; TRABELSI-AYADI, R. K. M. Presence of carbamazepine, naproxen, and ibuprofen in wastewater from northern Tunisia. **Environmental Forensics**, 2019.

KIM, T.W.; KIM, H.; JEONG, K.; CHAE, H.; JEONG, S.; LEEB, C.; KIM, C. Catalytic production of hydrogen through aqueous-phase reforming over platinum/ordered mesoporous carbon catalysts. **Green Chemistry**, v. 13, p. 1718, 2011.

KIM, H.; PARK, H. J.; KIM, T.; JEONG, K.; CHAE, H.; JEONG, S.; LEE, C.; KIM, C. Hydrogen production through the aqueous phase reforming of ethylene glycol over supported Pt-based bimetallic catalysts. **International Journal of Hydrogen Energy**, 37, p. 8310-8317, 2012.

KIM, T.W.; PARK, H.; YANG Y. C.; JEONG, S. Y.; KIM, C. U. Hydrogen production via the aqueous phase reforming of polyols over three dimensionally mesoporous carbon supported catalysts. **International journal of hydrogen energy**, v. 39, p. 11509 -11516, 2014.

KIM, S. Y.; CHANG, Y. J.; Cho, H. M.; HWANG, Y. W.; MOON, Y. S. Non-steroidal anti-inflammatory drugs for the common cold. **Cochrane Database of Systematic Reviews**, 2015.

KIM, M. C.; KIM, T. W.; KIM, H. J.; KIM, C. U.; BAE, J. W. Aqueous phase reforming of polyols for hydrogen production using supported PteFe bimetallic catalysts. **Renewable Energy**, v. 95, p. 396-403, 2016.

KING, D. L.; ZHANG, L.; XIA, G.; KARIM, A. M.; HELDEBRANT, D. J; WANG, X. Aqueous phase reforming of glycerol for hydrogen production over Pt-Re supported on carbon. **Applied Catalysis B: Environmental**, v. 99, p. 206-213, 2010.

KIRILIN, V.; TOKAREV, A.V.; MURZINA, E.V.; KUSTOV., L. M.; MIKKOLA, J. P.; MURZIN, D. Y. Reaction products and transformations of intermediates in the aqueous-phase re-forming of sorbitol, *Chem Sus Chem* 3, 708–718, 2010.

KIRILIN, A.V., TOKAREV, A.V., KUSTOV, L.M., SALMI, T., MIKKOLA, J., MURZIN, D.Y. Aqueous phase reforming of xylitol and sorbitol: comparison and influence of substrate Structure. **Applied Catalysis**, v. 435, p. 172–180, 2012.

KOOP, S.; VAN LEEUWEN, K.; BREDIMAS, A.; ARNOLD, M.; MAKROPOULOS, C.; CLARENS, F. Compendium of best practices for water, waste water, solid waste and climate adaptation, 2015. Disponível em: <<https://www.watershare.eu/wp-content/uploads/d-2-3-bluescities-compendium-of-best-practices-final1.pdf>>. Acesso em 22 ago. 2019.

KNOPP, G.; PRASSE, C.; TERNES, T. A.; CORNEL, P. Elimination of micropollutants and transformation products from a wastewater treatment plant effluent through pilot scale

ozonation followed by various activated carbon and biological filters. **Water Research**, p. 43, 2016.

KOSTER, W.; ACHTERBERG, P. Comment on “Providing information promotes greater public support for potable recycled water” by Fielding, K.S. and Roiko, A.H., 2014 [Water Research 61, 86–96]. **Water Research**, v. 84, p.372-374, nov. 2015.

LAHNSTEINER, J.; VAN RENSBURG, P.; ESTERHUIZEN, J. Direct potable reuse – a feasible water management option. **Journal of Water Reuse and Desalination**, v. 8, n. 1, p.14-28, fev. 2017.

LARIMI, A. S.; KAZEMEINI, M.; KHORASHEH, F. Highly selective doped PteMgO nano-sheets for renewable hydrogen production from APR of glycerol. **International journal of hydrogen energy**, v. 41, p. 17390-17398, 2016.

LAVACCHI, A.; MILLER, H.; VIZZA, F. Nanotechnology in Electrocatalysis for Energy. **Springer Science & Business Media**, p. 331, 2014.

LEE, J.; XU, Y.; HUBER, G. W. High-throughput screening of monometallic catalysts for aqueous-phase hydrogenation of biomass-derived oxygenates. **Applied Catalysis B: Environmental**, v.140-141, p. 98-107, 2013.

LEFEBVRE, Olivier. Beyond NEWater: An insight into Singapore's water reuse prospects. **Current Opinion in Environmental Science & Health**, v. 2, p. 26-31, 2018.

LEHNERT, K.; CLAUS, P. Influence of Pt particle size and support type on theaqueous-phase reforming of glycerol. **Catalysis Communications**, v. 9, p. 2543–2546, 2008.

LIMA, D. R.S.; TONUCCI, M. C.; LIBÂNIO, M.; AQUINO, S. F. Fármacos e desreguladores endócrinos em águas brasileiras: ocorrência e técnicas de remoção. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.22, n.6, p.1043-1054, 2017.

LINDQVIST, N.; TUHKANEN, T.; KRONBERG, L. Occurrence of acidic pharmaceuticals in raw and treated sewages and in receiving waters. **Water Research**, v. 39, n. 11, p. 2219-2228, 2005.

LIU J.; CHU, X. W.; ZHU, L. J.; HU, J. Y.; DAI, R.; XIE, S. H. Simultaneous Aqueous-Phase Reforming and KOH Carbonation to Produce CO_x-Free Hydrogen in a Single Reactor. **Chem Sus Chem**, p. 803–806, 2010.

LIU, Z.; ZHAO, C.; WANG, P.; ZHENG, H.; SUN, Y.; DIONYSIOU, D. D. Removal of carbamazepine in water by electro-activated carbon fiber-peroxydisulfate: comparison, optimization, recycle, and mechanism study. **Chemical Engineering Journal**, v. 343, p. 28-36, 2018.

LYU, S.; CHEN, W.; QIAN, J.; WENA, X.; XU, J. Prioritizing environmental risks of pharmaceuticals and personal care products in reclaimed water on urban green space in Beijing. **Science of the Total Environment**, v. 697, 2019.

LONAPPAN, L.; PULICHARLA, R.; ROUISSI, T.; BRAR, S. K.; VERMA, M.; SURAMPALLI, R. Y.; VALERO, J. R. Diclofenac in municipal wastewater treatment plant: quantification using laser diode thermal desorption atmospheric pressure chemical ionization—tandem mass spectrometry approach in comparison with an established liquid chromatography-electrospray ionization–tandem mass spectrometry method. **Journal of Chromatography A**, 2016.

LODHI, A. G.; GODREJ, A. N.; SEN, D.; ANGELOTTI, R.; BROOKS, M. A decision support system for indirect potable reuse based on integrated modeling and future casting. **Journal of Water Reuse and Desalination**, v. 9, n. 3, p.263-281, abr. 2019.

LU, G. H.; PIAO, H.T.; GAI, N.; SHAO, P. W.; ZHENG, Y.; JIAO, X. C.; RAO, Z.; YANG, Y. L. Pharmaceutical and personal care products in surface waters from the inner city of Beijing, China: influence of hospitals and reclaimed water irrigation. **Archives of Environmental Contamination and Toxicology**, v. 76, p. 255–264, 2019.

LUO, Y.; GUO, W.; NGO, H. H.; NGHIEM, L. D.; HAI, F. I.; ZHANG, J.; LIANG, S.; WANG, X.C. A review on the occurrence of micropollutants in the aquatic environment and their fate and removal during wastewater treatment. **Science of The Total Environment**, p. 619-641, 2014.

MA, X.Y; LI, Q.; WANG, X.C.; WANG, Y.; WANG, D.; NGO, H.H. Micropollutants removal and health risk reduction in a water reclamation and ecological reuse system. **Water Research**, v. 138, p. 272-281, 2018.

MADIKIZELA, L. M.; CHIMUKA, L. Simultaneous determination of naproxen, ibuprofen and diclofenac in wastewater using solid-phase extraction with high performance liquid chromatography. **Water AS**, v. 43, n. 2, 2017.

MAILLER, R.; Gasperi, J.; Coquet, Y.; Derome, C.; Buleté, A.; Vulliet, E.; Bressy, A.; Varrault, G.; Chebbo, G.; Rocher, V. Removal of emerging micropollutants from wastewater by activated carbon adsorption: Experimental study of different activated carbons and factors influencing the adsorption of micropollutants in wastewater. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 4, p.1102–1109, 2016.

MAKROPOULOS, C.; ROZOS, E.; TSOUKALAS, I.; PLEVRI, A.; KARAKATSANIS, G.; KARAGIANNIDIS, L.; LYTRAS, E. Sewer-mining: A water reuse option supporting circular economy, public service provision and entrepreneurship. **Journal of environmental management**, v. 216, p. 285-298, 2018.

MARINGÁ/PR. Lei nº 6.076, de 21 de janeiro de 2003. Dispõe sobre o reúso de água não potável e dá outras providências. Maringá: Câmara Municipal. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/pr/m/maringa/lei-ordinaria/2003/608/6076/lei-ordinaria-n-6076-2003-dispoe-sobre-o-reuso-de-agua-nao-potavel-e-da-outras-providencias>>. Acesso em: 14 ago. 2019.

MARYAM, B.; BÜYÜKGÜNGÖR, H. Wastewater reclamation and reuse trends in Turkey: Opportunities and challenges. **Journal of Water Process Engineering**, v. 30, p. 100501, 2019.

MARYLAND. **Maryland Department of Environment-Wastewater permits-Guidelines for Use of Reclaimed Water**. Disponível em: <<https://mde.maryland.gov/programs/Water/wwp/Pages/WaterReuseGuidelines.aspx>>. Acesso em: 14 nov. 2019.

MASSACHUSETTS. **314 CMR 20: Reclaimed Water Permit Program and Standards**. 2009. Disponível em: <https://www.mass.gov/regulations/314-CMR-20-reclaimed-water-permit-program-and-standards>. Acesso em 14 nov. 2019.

MCGILL, R.; TUKEY, J. W.; LARSEN, W. A. **Variations of Box Plots**. *The American Statistician*, v. 32:1, p. 12-16, 1978.

MELGAREJO, J.; PRATS, D.; MOLINA, A.; TRAPOTE, A. A case study of urban wastewater reclamation in Spain: comparison of water quality produced by using alternative processes and related costs. **Journal of Water Reuse and Desalination**, v. 6, 2016.

MELGAREJO-MORENO, J.; LÓPEZ-ORTIZ, M.I.; FERNÁNDEZ-ARACIL, P. Water distribution management in South-East Spain: A guaranteed system in a context of scarce resources. **Science of the Total Environment**. p. 648, 1384–1393, 2019.

MENEZES, A. O.; RODRIGUES, M. T.; ZIMMARO, A.; BORGES, L. E. P.; FRAGA, M. A. Production of renewable hydrogen from aqueous-phase reforming of glycerol over Pt catalysts supported on different oxides. **Renewable Energy**, v. 36, p. 595-559, 2011.

MERYEMOGLU, B.; IRMAK, S.; HASANOGLU, A. Production of activated carbon materials from kenaf biomass to be used as catalyst support in aqueous-phase reforming process. **Fuel Processing Technology**, v. 151, p. 59–63, 2016.

MICHETTI, M.; RAGGI, M.; GUERRA, E.; VIAGGI, D. Interpreting Farmers Perceptions of Risks and Benefits Concerning Wastewater Reuse for Irrigation: A Case Study in Emilia-Romagna (Italy). **Water**, v. 11, n. 1, p.108-128, jan. 2019.

MILLER, E. L.; NASON, S. L.; KARTHIKEYAN, K. G.; PEDERSEN, J. A. Root uptake of pharmaceuticals and personal care product ingredients. **Environmental Science & Technology**, v. 50, p. 525-541, 2016.

MILLER-ROBBIE, L.; RAMASWAMI, A.; AMERASINGHE, P. Wastewater treatment and reuse in urban agriculture: exploring the food, energy, water, and health nexus in Hyderabad, India. **Environmental Research Letters**, v. 12, 2017.

MINAS GERAIS. Deliberação Normativa CERH-MG N° 65, de 18 de junho de 2020.

MINISTÉRIO DAS CIDADES (MCIDADES); SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL (SNSA). Critérios de qualidade de água (Produto 3). Brasília, DF: MCIDADES; Brasília, DF: SNSA. p. 575. 2017a.

_____. Experiências de Reúso (Produto 2). Brasília, DF: MCIDADES; Brasília, DF: SNSA. p. 20. 2017b.

_____. Resumo Executivo (Produto 7). Brasília, DF: MCIDADES; Brasília, DF: SNSA. p. 20. 2017c.

MOHAPATRA, D. P.; BRAR, S. K. DAGHRIR, R.; TYAGI, R. D.; PICARD, P.; SURAMPALLI, R. Y.; DROGUI, P. Photocatalytic degradation of carbamazepine in wastewater by using a new class of whey-stabilized nanocrystalline TiO₂ and ZnO. **Science of the Total Environment**, p. 263–269, 2014.

MORAVIA, W. G.; LANGE, L. C.; AMARAL, M. C. S. Avaliação de processo oxidativo avançado pelo reagente de fenton em condições otimizadas no tratamento de lixiviado de aterro sanitário com ênfase em parâmetros coletivos e caracterização do lodo gerado. *Química Nova*, v. 34, n. 8, p. 1370-1377, 2011.

MOURA, P. G., ARANHA, F. N., HANDAM, N. B., MARTIN, L. E., SALLES, M. J., CARVAJAL, E., ... & SOTERO-MARTINS, A. Água de reúso: uma alternativa sustentável para o Brasil. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 25, p. 791-808, 2020.

MU'AZU, N. D.; ABUBAKAR, I. R.; BLAISI, N.I. "Public Acceptability of Treated Wastewater Reuse in Saudi Arabia: Implications for Water Management Policy". **Science of The Total Environment**, n. 721, 2020.

MUJERIEGO, R.; GULLÓN, M.; LOBATO, S. Incidental potable water reuse in a Catalonian basin: living downstream. **Journal of Water Reuse and Desalination**, v. 7 (3), p. 252-263, 2017.

MWE. Technical Guidelines for the Use of Treated Sanitary Wastewater in Irrigation for Landscaping and Agricultural Irrigation. Ministry of Water and Electricity, Kingdom of Saudi Arabia, 2006.

NANAKI, S. G.; KYZAS, G. Z., TZEREME, A.; PAPAGEORGIOU, M.; KOSTOGLU, M.; BIKIARIS, D. N.; LAMBROPOULOU, D. A. Synthesis and characterization of modified carrageenan microparticles for the removal of pharmaceuticals from aqueous solutions. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 127, p. 256–265, 2015.

NAYAK, N. C.; ACHARY, P. G. R.; SUCHILIPSA DAS; BEGUM, S. Effect of Carbon Black on Microcellular Behavior of Ethylene-Octene Copolymer Vulcanizates. **Cellular Polymers**, v. 33, n. 2, 2014.

NATIONAL WATER RESEARCH INSTITUTE (NWRI). Framework for Direct Potable Reuse. Sponsored by the American Water Works Association (AWWA), Water Environment

Foundation (WEF), and Water Reuse Research Foundation (WRRF). Alexandria, Virginia, p.198, 2015.

NEIRA D' ANGELO, Maria Fernanda. **Aqueous phase reforming of bio-carbohydrates: reactor engineering and catalysis**. 2014. 181 p. Proefschrift- Eindhoven Technische Universit, 2014.

NEIRA D' ANGELO, M. F.; SCHOUTEN, J. C.; VAN DER SCHAAF, J. NIJHUIS, T. A. Three-Phase Reactor Model for the Aqueous Phase Reforming of Ethylene Glycol. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, v. 53 (36), p. 13892-13902, 2014.

NEW JERSEY. Technical Manuals and Guidance Documents. 2005. Disponível em: <<https://www.state.nj.us/dep/dwq/techman.htm>> Acesso em: 14 Nov. 2019.

NGUYEN, L. N., HAI, F. I., KANG, J., PRICE, W. E., NGHIEM, L. D. Coupling granular activated carbon adsorption with membrane bioreactor treatment for trace organic contaminant removal: breakthrough behavior of persistente and hydrophilic compounds. **Journal of Environmental Management**, v. 119, p. 173-181, 2013.

NIELSEN, L.; BIGGS, M.J.; SKINNER, W.; BANDOSZ, T. J. The effects of activated carbon surface features on the reactive adsorption of carbamazepine and sulfamethoxazole. **Carbon**, v. 80, p. 419-432, 2014.

NOZAWA, T.; YOSHIDA, A.; HIKICHI, S.; NAITO, S. Effects of Re addition upon aqueous phase reforming of ethanol over TiO₂ supported Rh and Ir catalysts. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 40, issue 11, 22, p. 4129-4140, 2015.

NUZZO, Regina. The boxplots alternative for visualizing quantitative data. **Physical Medicine & Rehabilitation**, v. 8, p. 268-272, 2016.

OHIO. Ohio Laws and Rules. **Guideline: 3745-42-13**. Earth Application Systems. Disponível em: <<http://codes.ohio.gov/oac/3745-42-13>>. Acesso 14 de jul. 2019.

OLIVEIRA, A. S.; CALVO, B. L.; ALONSO-MORALES, N.; HERAS, F.; LEMUS, J.; RODRIGUEZ, J. J.; GILARRANZ, M. A. Exploration of the treatment of fish-canning industry effluents by aqueous-phase reforming using Pt/C catalysts. **Environmental Science Water Research & Technology**. 2018.

OLIVEIRA, A.S.; BAEZA, J.A.; CALVO, L.; ALONSO-MORALES, N.; HERAS, F.; RODRIGUEZ, J.J.; GILARRANZ, M.A. Production of hydrogen from brewery wastewater by aqueous phase reforming with Pt/C catalysts. **Applied Catalysis B: Environmental**, v. 245, p. 367–375, 2019a.

OLIVEIRA, A. S.; BAEZA, J. A.; GARCIA, D.; RODRIGUEZ, J. J.; GILARRANZ, M. A. Effect of basicity in the aqueous phase reforming of brewery wastewater for H₂ production. **Renewable Energy**. 2019b.

ONYANGO, L.; LESLIE, G.; WOOD, J. G. Global Potable Reuse Case Study 4: Windhoek, Namibia, Australian Water Recycling Centre of Excellence, Brisbane, Australia, 2014a.

ONYANGO, L.; LESLIE, G.; Wood, J.G. Global Potable Reuse Case Study 2: Upper Occoquan Service Authority, Australian Water Recycling Centre of Excellence, Brisbane, Australia, 2014b.

ORANGE COUNTY WATER DISTRICT (OCWD). Groundwater Replenishment System. 2018. Disponível em: <https://www.ocwd.com/media/6615/gwrs-tech-brochure-may-2018.pdf> Acesso em: 22 ago. 2019.

OSORIO, V.; LARRANAGA, A.; ACENA, J.; PEREZ, S.; BARCELO, D. Concentration and risk of pharmaceuticals in freshwater systems are related to the population density and the livestock units in Iberian rivers. **Science of the Total Environment**, v. 540, p. 267-277, 2016.

PAN, Q.; CHHIPI-SHRESTHA, G.; ZHOU, D.; ZHANG, K.; HEWAGE, K.; SADIQ, R. Evaluating water reuse applications under uncertainty: generalized intuitionistic fuzzy-based approach. **Stochastic Environmental Research and Risk Assessment**, v. 32 (4), p. 1099–1111, 2018.

PAROLINI, MARCO. Toxicity of the Non-Steroidal Anti-Inflammatory Drugs (NSAIDs) acetylsalicylic acid, paracetamol, diclofenac, ibuprofen and naproxen towards freshwater invertebrates: A review. **Science of the Total Environment**, v. 740, p. 140043, 2020.

PARK, S. S.; JUNG, Y. Influence of the Electrode Materials on the Electrochemical Performance of Room Temperature Li-SO₂ Rechargeable Battery. **International Journal of Electrochemical Science**, v. 10, p. 7574 – 7581, 2015.

PARK, H. J.; KIM, H. D.; JEONG, K. E.; CHAE, H. J.; JEONG, S. Y.; CHUNG, Y. M.; PARK, T.; KIM, C. Bio-hydrogen production via aqueous phase reforming of polyols over three-dimensionally bimodal mesoporous carbon supported Pt catalysts. **ChemSusChem**, 5: p. 629-33, 2012.

PEARSON, KARL. On the criterion that a given system of deviations from the probable in the case of a correlated system of variables is such that it can be reasonably supposed to have arisen from random sampling. **Philosophical Magazine**, series 5. 50 (302), p. 157-175, 1990.

PETRIE, B.; BARDEN, R.; KASPRZYK-HORDERN, B. A review on emerging contaminants in wastewaters and the environment: current knowledge, understudied areas and recommendations for future monitoring. **Water Research**, v. 72, p. 3- 27, 2015.

PEZOTI, O.; CAZETTA, A. L.; BEDIN, K. C.; SOUZA, L. S.; MARTINS, A. C.; SILVA, T. L.; JÚNIOR, O. O. S.; VISENTAINER, J. V.; ALMEIDA, V. C. NaOH-activated carbon of high surface area produced from guava seeds as a high-efficiency adsorbent for amoxicillin removal: Kinetic, isotherm and thermodynamic studies. **Chemical Engineering Journal**, v. 288, p. 778-788, 2016.

POERSCHMANN, J.; WEINER, B.; KOEHLER, R.; KOPINKE, F.D. Hydrothermal carbonization of glucose, fructose, and xylose - identification of organic products with

medium molecular masses. **ACS Sustainable Chemistry & Engineering**, v. 5, p. 6420-6428, 2017.

PRIETO, A. L.; CRIDDLE, C.S.; YEH, D. H. Complex organic particulate artificial sewage (COPAS) as surrogate wastewater in anaerobic assays. **Environmental Science: Water Research & Technology**, v. 10, 2019.

PUBLIC UTILITIES BOARD (PUB) SINGAPORE, Our Water, Our Future. 2018. Disponível em: < <https://www.pub.gov.sg/Documents/PUBOurWaterOurFuture.pdf> >. Acesso em: 21 ago. 2019.

QUEIROZ, F. B.; BRANDT, E. M. F.; AQUINO, S. F.; CHERNICHARO, C. A. L.; AFONSO, R. J. C. F. Occurrence of pharmaceuticals and endocrine disruptors in raw sewage and their behavior in UASB reactors operated at different hydraulic retention times. **Water Science & Technology**, v. 6612, p. 2562-2569, 2012.

RAHMAN, M. M. H₂ production from aqueous-phase reforming of glycerol over Cu–Ni bimetallic catalysts supported on carbon nanotubes. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 40, p. 14833–14844, 2015.

RATUSZNEI, S. M.; RODRIGUES, J. A. D.; CAMARGO, E. F. M.; ZAIAT, M.; BORZANI, W. Influence of agitation rate on the performance of a stirred anaerobic sequencing batch reactor containing immobilized biomass. **Water Science and Technology**, v.44, p. 305-412, 2001.

REMÓN, J.; GARCIA, L.; ARAUZO, J. Cheese whey management by catalytic steam reforming and aqueous phase reforming. **Fuel Process Technol**, v. 154, p. 66-81, 2016.

REMÓN, J.; CÓRDOBA, C. J.; GARCÍA, L.; ARAUZO, J. Effect of acid (CH₃COOH, H₂SO₄ and H₃PO₄) and basic (KOH and NaOH) impurities on glycerol valorisation by aqueous phase reforming. **Applied Catalysis B: Environmental**, v. 219, p. 362–371, 2017.

REZA, M. T.; WIRTH, B.; LÜDER, U.; WERNER, M. Behavior of selected hydrolyzed and dehydrated products during hydrothermal carbonization of biomass. **Bioresource Technology**, v. 169, p. 352–361, 2014.

RIBEIRÃO PRETO/SP. **Lei nº 10.970, de 20 de outubro de 2006**. Estabelece o reúso de água tratada no município e dá outras providências. Ribeirão Preto: Câmara Municipal. Disponível em: <http://www.ribeiraopreto.sp.gov.br/J321/pesquisa.xhtml?lei=17499>. Acesso em: 14 ago. 2019.

RIBEIRO, L. S.; RODRIGUES, E. G.; DELGADO, J. J.; CHEN, X., M.; PEREIRA, F. R.; ÓRFÃO, J. J. M. Pd, Pt, and Pt–Cu Catalysts Supported on Carbon Nanotube (CNT) for the Selective Oxidation of Glycerol in Alkaline and Base-Free Conditions. **Industrial & Engineering Chemistry Research**, p. 1-39, 2016.

RICART, S.; RICO, A. M.; RIBAS, A. Risk-Yuck Factor Nexus in Reclaimed Wastewater for Irrigation: Comparing Farmers' Attitudes and Public Perception. **Water**, v. 11, n. 2, p.187-207, 22 jan. 2019.

RICART, S.; RICO, A. M. Assessing technical and social driving factors of water reuse in agriculture: A review on risks, regulation and the yuck factor. **Agricultural Water Management**, v. 217, p. 426-439, 2019.

RICE, J.; WESTERHOFF, P. Spatial and temporal variation in de facto wastewater reuse in drinking water systems across the USA. **Environmental Science & Technology**, v. 49 (2), p. 982-989, 2014.

RIO DE JANEIRO/RJ. **Lei nº 7.424, de 24 de agosto de 2016**. Fica obrigada a utilização de água de reúso pelos órgãos integrantes da administração pública estadual direta, das autarquias, das fundações instituídas ou mantidas pelo poder público, das empresas em cujo capital do Estado Rio de Janeiro tenha participação, bem como pelas demais entidades por ele controladas direta ou indiretamente. Rio de Janeiro: Câmara Municipal. Disponível em: <<https://gov-rj.jusbrasil.com.br/legislacao/379240994/lei-7424-16-rio-de-janeiro-rj>>. Acesso em: 14 ago. 2019.

RIO DE JANEIRO (Estado). **Lei nº 7.599 de 24 de maio de 2017**. Dispõe da obrigatoriedade de indústrias situadas no Estado do Rio de Janeiro instalarem equipamentos de tratamento e reutilização de água. Rio de Janeiro: Assembleia Legislativa. Disponível em: <http://alerjln1.alerj.rj.gov.br/contlei.nsf/c8aa0900025feef6032564ec0060dfff/12420e0b7dd0aca68325812b0067a64e?OpenDocument>. Acesso em: 14 ago. 2019.

RIO DE JANEIRO (Estado). **Decreto nº 47.403 de 15 de dezembro de 2020**. Dispõe sobre a Política de Reúso de Água para Fins não Potáveis no âmbito do estado do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Assembleia Legislativa. Disponível em: <https://biblioteca.pge.rj.gov.br/scripts/bnweb/bnmap.exe?router=upload/76627>. Acesso em: 29 jun. 2021.

RIO GRANDE DO SUL. Resolução CONSEMA do Estado do Rio Grande do Sul nº 419/2020.

RIOJA, N.; BENGURIA, P.; PENAS, F. J.; ZORITA, S. Competitive removal of pharmaceuticals from environmental waters by adsorption and photocatalytic degradation. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 21, issue 19, p. 11168–11177, 2014.

RIVERA-JAIMES, J. A.; POSTIGO, C.; MELGOZA-ALEMÁN, R. M.; ACEÑA, J.; BARCELÓ, D.; ALDA, M. L. Study of pharmaceuticals in surface and wastewater from Cuernavaca, Morelos, Mexico: Occurrence and environmental risk assessment. **Science of the Total Environment**, v. 613-614, p.1263-1274, 2018.

ROBBIANI, Zeno. **Hydrothermal carbonization of biowaste/fecal sludge**. Swiss Federal Institute of Technology Zurich, p. 1-88, 2013.

ROCK, C. M.; DERY, J. L.; GOLDSTEIN, R. R.; ONUMAJURU, C.; BRASSILL, N.; ZOZAYA, S.; SURI, M. R. Understanding grower perceptions and attitudes on the use of

nontraditional water sources, including reclaimed or recycled water, in the semi-arid southwest United States. **Environmental Research**. 170, p. 500–509. 2018.

RHODE ISLAND. Guidance for wastewater reuse projects. 2012. Department of Environmental Management. Disponível em: <<http://www.dem.ri.gov/programs/water/wwtf/wwtf-operations-maintenance.php>>. Acesso em: 14 nov. 2019.

ROSS, V.; FIELDING, K.; LOUIS, W. Social trust, risk perceptions and public acceptance of recycled water: Testing a social-psychological model. **Journal of Environmental Management**, v. 137, p. 61-68, maio 2014.

ROZIN, P.; HADDAD, B.; NEMEROFF, C.; SLOVIC, P. Psychological aspects of the rejection of recycled water: Contamination, purification and disgust. **Judgment and Decision Making**, v. 10 n. 01, p. 50-63, jan. 2015.

RUIZ-ROSA, I.; GARCÍA-RODRÍGUEZ, F. J.; MENDOZA-JIMÉNEZ, J. Development and application of a cost management model for wastewater treatment and reuse processes. **Journal of cleaner production**, v. 113, p. 299-310, 2016.

SAAD, D.; BYRNE, D.; DRECHSEL, P. Social perspectives on the effective management of wastewater. Physico-chemical wastewater treatment and resource recovery, p. 253-267, 2017.

SALGOT, M.; FOLCH, M. Wastewater treatment and water reuse. **Current Opinion in Environmental Science & Health**, v. 2, p. 64-74, 2018.

SANTOS, C. E.D.; MOURA, R.B.; DAMIANOVIC, M. H.R.Z.; FORESTI, E. Influence of COD/N ratio and carbon source on nitrogen removal in a structured-bed reactor subjected to recirculation and intermittent aeration (SBRRIA). **Journal of Environmental Management**, v. 166, p. 519-524, 2016.

SÁNCHEZ, A. S. Toward “Zero Liquid Discharge” industrial facilities: Reducing the impact on freshwater resources by reusing industrial and urban wastewaters. In: Concepts of Advanced Zero Waste Tools. **Elsevier**, p. 215-246, 2021.

SANZ, J.; SUESCUN, J.; MOLIST, J.; RUBIO, F.; MUJERIEGO, R.; SALGADO, B. Reclaimed water for the Tarragona petrochemical park. **Water Science and Technology: Water Supply**, v. 15, n. 2, p.308-316, nov. 2014.

SASKATCHEWAN. Treated Municipal Wastewater Irrigation Guidelines - EPB 235. 2014. Water Security Agency. Disponível em: <<http://www.saskh20.ca/dwbinder/epb235.pdf>>. Acesso em: 15 mar. 2021.

SCHAER-BARBOSA, M.; DOS SANTOS, M. E. P.; MEDEIROS, Y. D. P. Viabilidade do reúso de água como elemento mitigador dos efeitos da seca no semiárido da Bahia. **Ambiente & Sociedade**, v. 17, n. 2, p. 17-32, 2014.

SÃO BERNARDO DO CAMPO/SP. **Decreto nº 19.086, de 15 de outubro de 2014**. Institui o programa de consumo racional, reaproveitamento e reúso de águas do município de São

Bernardo do Campo, e dá outras providências. São Bernardo do Campo: Câmara Municipal. <https://leismunicipais.com.br/a1/sp/s/sao-bernardo-do-campo/decreto/2014/1909/19086/decreto-n-19086-2014-institui-o-programa-de-consumo-racional-reaproveitamento-e-reuso-de-aguas-do-municipio-de-sao-bernardo-do-campo-e-das-outras-providencias?q=19086>. Acesso em: em 14 ago. 2019.

SÃO PAULO (Estado). Deliberação CRH n° 204, de 25 de outubro de 2017a. Estabelece diretrizes para o reúso direto não potável de água, proveniente de Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário (ETEs) de sistemas públicos para fins urbanos e dá outras providências. **Diário Oficial [do] Estado de São Paulo**: p. 59, 27 out. 2017, Online. Disponível em: <http://www.sigrh.sp.gov.br/public/uploads/deliberation//CRH/12376/deliberacao_crh_204.pdf>. Acesso em 14 ago. 2019.

_____. Resolução Conjunta SES/SMA/SSRH n° 01 de 28 de junho de 2017b. Disciplina o reúso direto não potável de água, para fins urbanos, proveniente de Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário e dá outras providências. **Diário Oficial [do] Estado de São Paulo**: seção 1, p. 41-42, 29 jun. 2017, Online. Disponível em: <<http://arquivo.ambiente.sp.gov.br/legislacao/2017/06/resolucao-conjunta-ses-sma-ssrh-01-2017-agua-de-reuso.pdf>>. Acesso em: 14 ago. 2019.

_____. Lei n° 16174 de 22 de abril de 2015. Estabelece regramento e medidas para fomento ao reúso de água para aplicações não potáveis, oriundas do polimento do efluente final do tratamento de esgoto, de recuperação de água de chuva, da drenagem de recintos subterrâneos e de rebaixamento de lençol freático e revoga a Lei Municipal n° 13309/2002, no âmbito do município de São Paulo e dá outras providências. São Paulo: Câmara Municipal. Disponível em: <<http://legislacao.prefeitura.sp.gov.br/leis/lei-16174-de-22-de-abril-de-2015/consolidado>>. Acesso em: em 14 ago. 2019.

SELLTIZ, C.; WHRIGHTSMAN, L. S.; COOK, S. W. Tradução de Maria Martha Hubner de Oliveira. **Métodos de pesquisas nas relações sociais**. São Paulo: EPU, 1987.

SERETIS, A.; TSIKARAS, P. Hydrogenolysis of glycerol to propylene glycol by in situ produced hydrogen from aqueous phase reforming of glycerol over SiO₂-Al₂O₃ supported nickel catalyst. **Fuel Processing Technology**, v. 14, p. 135-146, 2016.

SCHMID, S.; BOGNER, F. What Germany's University Beginners Think about Water Reuse. **Water**, v. 10, n. 6, p.731-831, jun. 2018.

SHAO, Y.; CHEN, Z.; HOLLERT, H.; ZHOU, S.; DEUTSCHMANN, B.; SEILER, T. Toxicity of 10 organic micropollutants and their mixture: Implications for aquatic risk assessment. **Science of the Total Environment**, v. 666, p.1273–1282, 2019.

SHEN, J.; HUANG, J.; RUAN, H.; WANG, J.; VAN DER BRUGGEN, B. Techno-economic analysis of resource recovery of glyphosate liquor by membrane technology. **Desalination**, v. 342, p. 118–125, 2014.

SHU, Z.; SINGH, A.; KLAMERTH, N.; MCPHEDRAN, K.; BOLTON, J. R.; BELOSEVIC, M.; EL-DIN, M. G. Pilot-scale UV/H₂O₂ advanced oxidation process for municipal reuse

water: Assessing micropollutant degradation and estrogenic impacts on goldfish (*Carassius auratus* L.). **Water Research**, 101, p. 157-166, 2016.

SCHIRMER, C.; POSSECKARDT, J.; KICK, A.; REBATSCHKE, K.; FICHTNER, W.; OSTERMANN, K.; SCHULLER, A.; RÖDEL, G.; MERTIG, M. Encapsulating genetically modified *Saccharomyces cerevisiae* cells in a flowthrough device towards the detection of diclofenac in wastewater. **Journal of Biotechnology**, v. 284, p. 75–83, 2018.

SELLAOUI, L.; LIMA, E. C.; DOTTO, G. L.; LAMINE, A. B. Adsorption of amoxicillin and paracetamol on modified activated carbons: Equilibrium and positional entropy studies. **Journal of Molecular Liquids**, v. 234, p. 375 – 381, 2017.

SERRANO-RUIZ, J. C.; LUQUE, R.; SEPULVEDA-ESCRIBANO, A. Transformations of biomass-derived platform molecules: from high added-value chemicals to fuels via aqueous-phase processing. **Chemical Society Reviews**, v. 40, p. 5266-5281, 2011.

SETTI, A. A.; LIMA, J. E. F. W.; CHAVES, A. G. M.; PEREIRA, I.C. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. 2ª ed. – Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, p. 207, 2000. Disponível em:<https://lamorh.ufes.br/sites/lamorh.ufes.br/files/field/anexo/introducao_ao_gerenciament_o_de_recursos_hidricos.pdf> Acesso em: 12 dez. 2019.

SEVILLA, M.; FUERTES, A. B. The production of carbon materials by hydrothermal carbonization of cellulose. **Carbon**, v. 47, p. 2281–2289, 2009.

SILVA, M.; FEIJAO, E.; DE CARVALHO, R. D. C.; DUARTE, I. A.; MATOS, A. R.; CABRITA, M. T.; DUARTE, B. Comfortably numb: Ecotoxicity of the non-steroidal anti-inflammatory drug ibuprofen on *Phaeodactylum tricornutum*. **Marine environmental research**, v. 161, p. 105109, 2020.

SMITH, H. M., BROUWER S.; JEFFREY, P.; FRIJNS, E. J. Public responses to water reuse – Understanding the evidence. **Journal of Environmental Management**, v. 207, p.43-50, fev. 2018.

SOCIEDADE DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA (SANASA). Relatório de Sustentabilidade 2018. Campinas, p. 186, 2019.

SODRÉ, F. F.; SAMPAIO, T. R. Development and application of a SPE-LC-QTOF method for the quantification of micropollutants of emerging concern in drinking waters from the Brazilian capital. **Emerging Contaminants**, v. 6, p. 72-81, 2020.

SHOUSHARIAN, F.; NEGAHBAN-AZAR, M. Worldwide Regulations and Guidelines for Agricultural Water Reuse: A Critical Review. **Water**, v. 12(4), p. 971, 2020.

SOLETO, J. L.; OVEJERO, G.; RODRIGUEZ, A.; ÁLVAREZ, S.; GALÁN, S.; GARCIA, J. Competitive adsorption studies of caffeine and diclofenac aqueous solutions by activated carbon. **Chemical Engineering Journal**, v. 240, p. 443–453, 2014.

SPEDEK, J.; ZANA, A.; SPANOS, I.; KIRKENSGAARD, J. J. K.; MORTENSEN, K.; HANZLIK, M.; ARENZ, M. Comparative degradation study of carbon supported proton exchange membrane fuel cell electrocatalysts and the influence of the platinum to carbon ratio on the degradation rate. **Journal of Power Sources**, v. 261, p. 14-22, 2014.

ŠRÁMKOVÁ, M. V.; DIAZ-SOSA, V.; WANNER, J. Experimental verification of tertiary treatment process in achieving effluent quality required by wastewater reuse standards. **Journal of Water Process Engineering**, v. 22, p. 41-45, 2018.

STEPPING, Katharina. **Urban Sewage in Brazil: Drivers of and Obstacles to Wastewater Treatment and Reuse**. German Development Institute, Bonn, 2016.

SUÁREZ, S.; CARBALLA, M.; OMIL, F.; LEMA, J. M. How are pharmaceutical and personal care products (PPCPs) removed from urban wastewaters? **Reviews in Environmental Science and Biotechnology**, v. 7, p. 125–138, 2008.

SUBRAMANIAN, N.; CALLISON, J.; CATLOW, C.; WELLS, P.; DIMITRATOS, N. Optimised hydrogen production by aqueous phase reforming of glycerol on Pt/Al₂O₃. **International Journal of Hydrogen Energy**, v. 41(41), p. 18441-1850, 2016.

SUN, S.; LIN, H.; LIN, J.; QUAN, Z.; ZHANG, P.; MA, R. Underground sewage treatment plant: a summary and discussion on the current status and development prospects. **Water Science & Technology**, 80.9, 2019.

SUN, S.; YAN, W.; SUN, P.; CHEN, J. Thermodynamic analysis of ethanol reforming for hydrogen production. **Energy**, v. 44, p. 911-924, 2012.

TAGLIARI, M.; GRANADA, A.; KUMINEK, G.; STULZER, H.K.; SILVA, M.A.S. Desenvolvimento e validação de métodos analíticos para determinação de ácido glicirrízico, ácido salicílico e cafeína em nanopartículas de quitosana e alginato. **Química Nova**, v. 35, n. 6, p. 1228-1232, 2012.

TAKEUCHI, H.; TANAKA, H. Water reuse and recycling in Japan — History, current situation, and future perspectives. **Water Cycle**, 1, p. 1–12, 2020.

TER LAAK, T. L.; DURJAVA, M.; STRUIJS, J.; HERMENS, J. L. Solid phase dosing and sampling technique to determine partition coefficients of hydrophobic chemicals in complex matrixes. **Environmental Science & Technology**, v. 39, n. 10, p. 3736-3742, 2005.

TIAN, X.; ZHAO, C.; JI, X.; FENG, T.; LIU, Y.; BIAN, Y. The Correlation Analysis of TOC and COD_{Cr} in Urban Sewage Treatment. **E3S Web of Conferences**, 136, 06010, 2019.

TO, M. H.; HADI, P.; HUI, C.; LIN, C. S.; MCKAY, G. Mechanistic study of atenolol, acebutolol and carbamazepine adsorption on waste biomass derived activated carbon. **Journal of Molecular Liquids**, 241, p. 386–398, 2017.

TOCANTINS. **Lei nº 3261 de 02 de agosto de 2017**. Estabelece a Política Estadual de Captação, Armazenamento e Aproveitamento de Águas Pluviais e define normas gerais para

sua promoção. Disponível em: https://www.al.to.leg.br/arquivos/lei_3263-2017_42096.PDF. Acesso em: 14 ago. 2019.

TOLKSDORF, J.; LU, D.; CORNEL, P. First implementation of a SEMIZENTRAL resource recovery center. **Journal of Water Reuse and Desalination**, 2016.

TORRES, Patrícia. **Desempenho de um reator anaeróbio de manta de lodo (UASB) de bancada no tratamento de substrato sintético simulando esgotos sanitários**. 1992. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1992.

TORTAJADA, C.; NAMBIAR, S. Communications on Technological Innovations: Potable Water Reuse. **Water**, v. 11, n. 2, p. 251-284, jan. 2019.

ULUBAY, M.; YURT, K. K.; KAPLAN, A. A.; ATILLA, M. K. The use of diclofenac sodium in urological practice: a structural and neurochemical based review. **Journal of chemical neuroanatomy**, v. 87, p. 32-36, 2018.

UNITED NATIONS WORLD WATER ASSESSMENT PROGRAMME (WWAP). The United Nations World Water Development Report 2017. Wastewater: The Untapped Resource. Paris: UNESCO, p.198, 2017.

U.S. Environmental Protection Agency (EPA). **Guidelines for Water Reuse**. EPA/600/R-12/618. Washington D.C. 2012.

U.S. Environmental Protection Agency (EPA). **Potable Reuse Compendium**, 2017. https://www.epa.gov/sites/production/files/2018-01/documents/potablereusecompendium_3.pdf

U.S. Environmental Protection Agency (EPA). **Mainstreaming Potable Water Reuse in the United States: Strategies for Leveling the Playing Field**, 2018.

VALIENTE, A.; MEDRANO, J.A.; OLIVA, M.; RUIZ, J.; GARCI, L.; ARAUZO, J. Bioenergy II: hydrogen production by aqueous-phase reforming. **International Journal of Chemical Reactor Engineering**, 2010.

VITÓRIA/ES. **Lei nº 6.259, de 23 de dezembro de 2004**. Dispõe sobre o reúso de água não potável e dá outras providências. Vitória: Câmara Municipal. Disponível em:< <http://camarasempapel.cmv.es.gov.br/Arquivo/Documents/legislacao/html/L62592004.html>>. Acesso em: 14 agosto de 2019.

VOGEL, F.; HARF, J.; HUG, A.; ROHR, P. R. V. The mean oxidation number of carbono (MOC) – a useful concept for describing oxidation processes. **Water Research**, v. 34, n. 10, p. 2689-2702, 2000.

VON SPERLING, MARCOS. **Urban wastewater treatment in Brazil**. InterAmerican Development Bank. Water and Sanitation Division. Technical Note NW IDB-TN-970, 2016.

WADA, Y.; FLÖRKE, M.; HANASAKI, N.; EISNER, S.; FISCHER, G.; TRAMBEREND, S.; SATOH, Y.; VAN VLIET, M. T. H.; YILLIA, P.; RINGLER, C.; BUREK, P.; WIBERG, D. Modeling global water use for the 21st century: the Water Futures and Solutions (WFaS) initiative and its approaches. **Geoscientific Model Development**, v. 9, n. 1, p.175-222, 2016.

WAHEED, A.; WANG, X.; MAEDA, N.; NAITO, S.; BAIKER, A. Surface processes occurring during aqueous phase ethanol reforming on Ru/TiO₂ tracked by ATR-IR spectroscopy. **Applied Catalysis A, General**, v. 581, p. 111–115, 2019.

WALKER, TROY. Direct Potable Reuse – Getting Operations Ready for the Next Bold Leap. In: AMTA/AWWA Membrane Technology Conference. San Antonio, Texas. 2016.

WANG, S.; BROLEY, W.; MACKEY, E. Total Water Solutions - Potable Reuse: Where We've Been and Where We're Headed. **Journal - American Water Works Association**, v. 109, p. 60-63, mar. 2017.

WANG, X.; LI, N.; ZHANG, Z.; WANG, C.; PFEFFERLE, L. D.; HALLER, G. L. High-yield hydrogen production from aqueous phase reforming over single-walled carbon nanotube supported catalysts, **ACS Catalysis**, v. 2, 2012.

WANG, Z.; SHAO, D.; WESTERHOFF, P. Wastewater discharge impact on drinking water sources along the Yangtze River (China). **Science of the Total Environment**, v. 599, p. 1399-1407, 2017.

WASTE REUSE RESEARCH FOUNDATION (WRRF). Model Communication Plans for Increasing Awareness and Fostering Acceptance of Direct Potable Reuse. Alexandria, Virginia, p. 260, 2015.

WAWRZETZ, Aonsurang. **Aqueous Phase Reforming of Glycerol over Supported Catalysts**. Technische Universität München, Department Chemie, Lehrstuhl für Technische Chemie II, 2008.

WILCOX, J.; NASIRI, F.; BELL, S.; RAHAMAN, M. D. S. Urban water reuse: A triple bottom line assessment framework and review. **Sustainable Cities and Society**, v. 27, p.448-456, nov. 2016.

WILLIAMS, D.B. Carter CB. **Transmission Electron Microscopy**. I. Basics. Specimen preparation (Cap. 10). Plenum Press, New York, p.155-173, 1996.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **A Compendium of Standards for Wastewater Reuse in the Eastern Mediterranean Region**. World Health Organization: Cairo, Egypt, 2006.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater**. Volume 2: Wastewater use in agriculture. Geneva: WHO. 2006a. 213p.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater**. Volume 3: Wastewater and excreta use in aquaculture. Geneva: WHO. 2006b. 149p.

WORLD HEALTH ORGANIZATION (WHO). **Potable Reuse: Guidance for Producing Safe Drinking-Water**. **World Health Organization**. Geneva, p.152, 2017.

WU, X.; CONKLE, J.L.; ERNST, F.; GAN, J. Treated wastewater irrigation: uptake of pharmaceutical and personal care products by common vegetables under field conditions. **Environmental Science and Technology**, v. 48, p. 11286-11293, 2014.

YAN, Q.; GAO, X.; HUANG, L.; ZHANG, Y.; CHEN, Y.; PENG, X.; GUO, J. Occurrence and fate of pharmaceutically active compounds in the largest municipal wastewater treatment plant in Southwest China: Mass balance analysis and consumption back-calculated model. **Chemosphere**, v. 99, p.160-170, 2014.

ZHAO, P., SHEN, Y., GE, S., YOSHIKAWA, K., Energy recycling from sewage sludge by producing solid biofuel with hydrothermal carbonization. **Energy Conversion and Management**, v. 78, p. 815-821, 2014.

ZHU, Z.; LI, A.; WANG, H. Public perception and acceptability of reclaimed water: the case of Shandong province, China. **Journal of Water Reuse and Desalination**, v. 8, p. 308–330, 2017.

ZOPPI, G.; PIPITONE, G.; PIRONE, R.; BENSAID, S. Aqueous phase reforming process for the valorization of wastewater streams: Application to different industrial scenarios. **Catalysis Today**. 2021.

APÊNDICE A



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO AMBIENTE QUESTIONÁRIO

Percepção socioambiental quanto ao reúso de esgoto tratado.

1. Concorda em participar da pesquisa?

- Sim
- Não

2. Sexo

- Feminino
- Masculino

3. Faixa etária

- Inferior a 18 anos
- Entre 18 a 29 anos
- Entre 30 a 49 anos
- Entre 50 a 69 anos

4. Grau de escolaridade

- Ensino Fundamental Incompleto
- Ensino Fundamental Completo
- Ensino Médio Incompleto
- Ensino Médio Completo
- Superior Incompleto
- Superior Completo
- Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)
- Outro:

5. Como você se enquadra acerca do tema tratamento de água e esgoto?

- Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)
- Tenho conhecimento médio do tema (estudante)
- Tenho pouco conhecimento do tema
- Desconheço

6. Na sua opinião, qual o principal benefício da prática de reúso?

- Preservação dos corpos hídricos
- Garantia de abastecimento público
- Economia financeira para o usuário

7. Você conhece alguma prática de reúso de água?

- Sim
- Não

8. Você faz a reutilização de água?

- Sim
- Não

9. Você utilizaria em sua casa água tratada de esgoto sanitário para:

- a) Limpeza em Geral
- b) Lavagem de Roupas
- c) Regar Plantas/Jardins
- d) Lavar Alimentos
- e) Irrigar Hortas/Pomares
- g) Beber
- g) Cozinhar

10. Você conhece a procedência da água que irriga seus alimentos?

- Sim
- Não

11. Você acredita que a água tratada de reúso dentro dos padrões normativos, pode trazer problemas para a saúde do consumidor, caso seja utilizada para irrigação de alimentos consumidos crus (verduras, legumes e frutas)?

- Sim
- Não

12. Você acredita que a água tratada de reúso dentro dos padrões normativos, pode trazer problemas para a saúde do consumidor, caso seja utilizada para irrigação de alimentos previamente cozidos (arroz, feijão e milho)?

- Sim
- Não

13. Você acha que existem fatores culturais que podem fazer com que as pessoas rejeitem o reúso de água?

- Sim
- Não

14. Você utilizaria água de reúso proveniente de uma nova tecnologia de tratamento de esgoto?

- Sim
 - Não
-

APÊNDICE B

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO AMBIENTE
CONSENTIMENTO EXPRESSO PARA ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA**

TERMO DE AUTORIZAÇÃO DE USO DE ENTREVISTA

Pelo presente instrumento, eu, abaixo firmado e identificado, autorizo a aluna DANIELLA COSTA FARIA NEPOMUCENO do curso de Doutorado em Ciências do Ambiente a utilizar minha entrevista na Tese de Doutorado e em outros artigos e trabalhos acadêmicos relativos ao projeto de pesquisa.

_____, ____ de _____ 2021.

Nome: _____

Assinatura: _____

APÊNDICE C



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO AMBIENTE FORMULÁRIO DE ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA

A- IDENTIFICAÇÃO DO/A ESPECIALISTA

Observação: As informações pessoais aqui fornecidas são sigilosas.

A1. Nome:

A2. Formação:

A3. Ocupação Atual:

A4. Organização/Empresa/Instituição:

A5: Cidade/UF em que trabalha:

B- QUESTÕES ESPECÍFICAS

B1. Qual a sua opinião a respeito do reúso de esgoto tratado? Considerando os seguintes aspectos:

- Vantagens e desvantagens
- Escassez de água /Acesso a água
- Riscos à saúde - aumento ou diminuição
- Impacto sobre a produção de alimentos
- Não redução do quadro de escassez de água
- Fatores emocionais/culturais
- Custos de tratamento de esgoto – aumento ou diminuição
- Diminuição da poluição / conservação da água
- Pressão sobre os mananciais
- Confiança na fiscalização sanitária

B2. O que considera necessário à implantação do reúso?

B3. Qual o motivo da aceitação ou rejeição desta prática pela população?

B4. Em relação ao questionário aplicado à população, quais pontos podem ser melhorados para que os objetivos desta pesquisa sejam alcançados de forma eficaz?

ANEXO I – ARTIGO PUBLICADO

Journal of Water Process Engineering 37 (2020) 101413



Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Water Process Engineering

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jwpe

Sewage treatment using Aqueous Phase Reforming for reuse purpose

Daniella Faria^a, Adriana Oliveira^b, José A. Baeza^b, Blanca Saenz de Miera^b, Luísa Calvo^b, Miguel A. Gilarranz^b, Liliana Naval^{a,*}^a Environmental Sanitation Laboratory/ Environmental Engineering Dept., Federal University of Tocantins, Brazil^b Departamento de Ingeniería Química. Universidad Autónoma de Madrid, Spain

ARTICLE INFO

Keywords:
Water phase reforming
Sewage treatment
Micro pollutants
Reuse

ABSTRACT

This work is an exploratory study about the application of Aqueous Phase Reforming (APR) in the treatment of sanitary sewage, for reuse purposes. The removal of organic matter in terms of TOC, the elimination of micro pollutants (caffeine, carbamazepine, diclofenac and ibuprofen) and the production of hydrogen and alkanes were evaluated. Batch reactors were employed for the treatment of synthetic sewage using a Pt catalyst supported on a commercial carbon black. APR was found to be suitable to remove TOC and micro pollutants from sewage. Total removal was achieved for carbamazepine and diclofenac, whereas for caffeine and ibuprofen, the removal levels exceeded 90 %. Removal of TOC was also observed in tests where only the metal-free carbon support was used, most probably due to adsorption and hydrothermal carbonization, which could be considered as a route for organic matter removal, although low production of valuable gases was observed. In the catalysed experiment in addition to TOC, removal significant production of H₂ and CH₄ was achieved. The application of APR to wastewater makes possible to remove pollutants and micro pollutants and simultaneously valorize organic matter to valuable gases.

1. Introduction

Project planning for wastewater treatment and reuse is increasing [1] with types of reuse ranging from irrigation water production to industrial uses and human consumption. In some countries it is already a common practice, as in Spain, where more than 500 Mm³/year of treated wastewater is reused [2], and Israel, where more than 80 % of treated wastewater is reused. In Singapore, the Sanitation Company meets up to 30 % of the country's current water needs [3], which may increase to 55 % by 2060 [4]. Water reuse in agriculture is the most common case, whereas reuse for drinking has been employed in many countries [5].

Sewage treatment plants have technologies capable of removing organic matter, nutrients and a wide range of pathogenic organisms, however, the presence of micro pollutants in the effluents is still a problem, being often found pesticides, endocrine disruptors [6], pharmaceutical molecules such as painkillers, antibiotics, beta-blockers, anticonvulsants, lipid regulators, contrast agents, anticancer agents, hormones, disinfectants, etc. [7]. Among these, ibuprofen, diclofenac, carbamazepine and caffeine are frequently found in wastewater, and therefore commonly used in case studies on micro pollutants removal technologies. An additional arising concern is complete removal of

pathogens and antibiotic resistance genes [8].

Ibuprofen is among the most commonly prescribed drugs [9,10]. This compound has been widely used in global health services [11]. Diclofenac (DCF) is also among the most commonly used and after oral administration, between 60 % and 70 % of the dose is excreted in urine and 20–30 % in faeces as the original drug or as metabolites [12]. Carbamazepine (CBZ) is resistant to biodegradation and therefore highly recalcitrant in biological wastewater treatment [13]. After conventional treatment, about 30 % of carbamazepine is degraded [14] and the rest is released into recipient water bodies. As for caffeine (CFN), the problem of this contaminant is associated with high consumption, since it is one of the most commonly found anthropogenic markers in surface and groundwater, although it has high water solubility, low accumulation and some wastewater treatment technologies remove about 80 % of this contaminant [15].

The presence of these compounds in effluents is related to inefficiency of conventional treatment systems in removing them [16]. Treatment technologies such as activated carbon, advanced oxidation, membrane bioreactors, activated sludge, nanofiltration (NF) and reverse osmosis (RO) have been employed to remove micro pollutants, but generally present operational problems and/or do not achieve the efficiency required by regulations to treat effluents containing micro

* Corresponding author.

E-mail addresses: miguel.gilarranz@uam.es (M.A. Gilarranz), liliananaval@hotmail.com (L. Naval).<https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101413>Received 9 April 2020; Received in revised form 28 May 2020; Accepted 30 May 2020
2214-7144/ © 2020 Elsevier Ltd. All rights reserved.

pollutants [16–23]. The strategies for the removal of these compounds have found problems associated with the cost or use of critical components, which are consumed in the stoichiometric reaction, which stimulates the interest in new approaches [20].

An alternative to be evaluated and not yet explored in sewage treatment is Aqueous Phase Reforming (APR), which is a technology capable of converting organic compounds into hydrogen and alkanes [24,25]. However, the organic compounds usually considered as APR feedstocks could account for more than 90 % of the total production costs [26]. A new approach is the use of wastewater as feedstock for APR, which allows treatment and valorization. In the application of APR for the valorization of biomass fractions the operating costs must be compensated by the gases produced, therefore the use of concentrated feeds is important of the economy of the process. In the application of APR to wastewater there is a higher margin for operating at lower concentration of organic matter because APR is integrated in the waste management scheme.

Energy integration is also one of the challenges in the application of APR due to process temperature requirements, which can be addressed thanks to the use of continuous reactors enabling heat recovery for treated waste and combustion of part of the produced gases [26].

APR is a catalytic process where a variety of metallic active phases including Pt, Pd, Ru and Ni have been used [27]. Carbon materials have been considered as suitable supports due their excellent hydrothermal stability and additional advantages in terms of activity, stability and regenerability [28–31].

The biomass commonly used as raw material in the APR process is generally derived from oxygenated compounds such as alcohols, glycerol and sugars [32,33]. In the sanitary sewage, about 70 % of the solids are of organic origin, consisting mainly of protein (40–60%) and carbohydrate (25–50%) compounds [34]. Therefore, the pollutants commonly found in sanitary sewage can be considered as potential raw material for conversion through APR, allowing organic load elimination and simultaneous production of gases that can be marketed or used for energy generation. In previous works, the treatment of industrial wastewaters by APR was reported as a feasible method where COD removals above 99 % were achieved under optimum conditions [35,36]. The application of APR to sewage can have interesting features in addition to COD removal and valorization, since high temperatures can also lead to destruction of pathogens, resistance genes, etc.

The current work explores for the first time the application of APR for the treatment of sewage for reuse water production. A Pt catalyst supported on carbon black has been used for the batch treatment of synthetic sewage. The influence of the sanitary sewage composition and pH in catalyst performance, removal of organic matter and micro pollutants removal, and generation of hydrogen and methane is assessed.

2. Materials and methods

2.1. Materials

Meat extract, starch, sucrose (99.5 %), calcium chloride dehydrates (> 99 %), caffeine (99 %), diclofenac sodium salt (> 98.5 %), ibuprofen (> 98 %), carbamazepine (99 %) and hexachloroplatinic acid solution (8 % in H₂O) were purchased from Sigma-Aldrich. Sodium chloride (99.5 %), magnesium chloride hexahydrate (> 99 %) were supplied by Panreac AppliChem. Commercial soy oil and detergent were acquired from a local supermarket. ENSACO 250 G carbon black was supplied by TIMCAL Canada Inc.

2.2. Synthetic sewage preparation

The synthetic sewage used consisted of water, protein, carbohydrates, lipids and mineral salts [37,38], for a 220 mg/L of total organic carbon (TOC) and 1.300 mg/L of chemical oxygen demand (COD) (Table 1). The pH of sewage was from 6.5 to 8 and was adjusted with

Table 1

Composition of synthetic sewage used in APR tests.

Compound	Concentration
Protein	
Meat extract	416 mg/L
Carbohydrates	
Sucrose	72 mg/L
Commercial starch	224 mg/L
Lipids and surfactants	
Soy oil	0.11 mL/L
Commercial detergent	0.15 mL/L
Mineral salts	
NaCl	500 mg/L
MgCl ₂ ·6H ₂ O	14 mg/L
CaCl ₂ ·2H ₂ O	9 mg/L

Table 2

Composition of synthetic sewage for the study of micro pollutants removal by APR.

Compound	Concentration
Protein	
Meat extract	416 mg/L
Carbohydrates	
Sucrose	72 mg/L
Commercial starch	224 mg/L
Micro pollutants	
Caffeine	20 mg/L
Diclofenac	20 mg/L
Carbamazepine	20 mg/L
Ibuprofen	20 mg/L

KOH.

For the study of micro pollutants removal, stock sewage was prepared without mineral salts and soybean oil due to the potential interference of these components in catalyst performance (Table 2).

2.3. Catalyst preparation and characterization

Pt catalysts have proven to be among the most active and selective to hydrogen in APR due to their activity in WGS reaction and ability to cleavage C–C bonds [33,39]. Therefore, a Pt catalyst supported on mesoporous carbon black was selected for this work in order to secure good and comparable catalytic performance, and minimize mass transfer constrains and maximize hydrothermal stability [36].

Pt catalyst with a representative concentration of 3% (wt) was synthesized by incipient wetness impregnation method on ENSACO 250 G carbon black. A commercial standardized hexachloroplatinic acid solution was used as Pt precursor, thus avoiding deviations in metal content due to the use of highly hygroscopic precursor salt. Incipient wetness impregnation is commonly used and provide with good matching between nominal and actual metal load [40]. Minor deviations can be expected from nominal metal concentrations, and these can be considered as acceptable for the purpose of the current work.

After impregnation of the precursor solution, the catalyst was dried at 60 °C overnight. Then it was calcined in air at 200 °C during 2 h and reduced under 25 N mL/min H₂ flow at 300 °C for 2 h. The carbon support and the catalyst were characterized by N₂ adsorption-desorption at 77 K (Micromeritics TriStar II) and pH slurry measurements. Specific surface area (SBET) was determined using the BET model.

Micrographs of the catalyst were obtained using a 300 kV transmission electron microscope (JEOL-3000 F) to examine morphology and size of the active phase. 'ImageJ 1.44i' software was used for counting and measuring Pt nanoparticles size in digital TEM images.

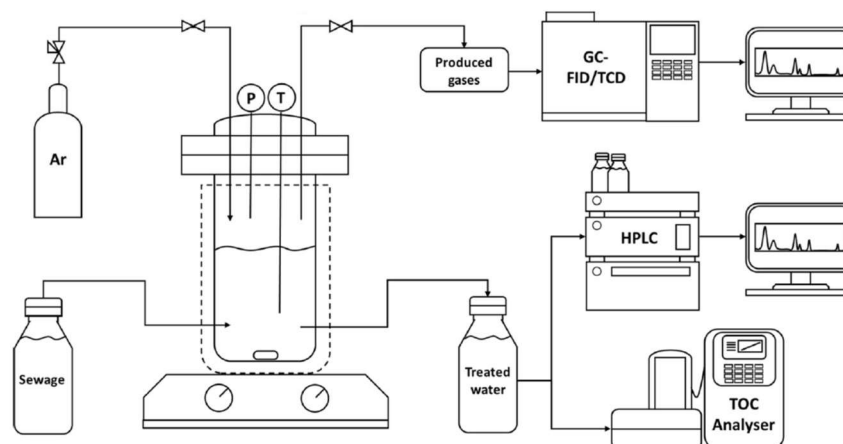


Fig. 1. Reaction system scheme for Micro pollutants compounds determination, gases generation in the process and detection of H_2 , CO , CO_2 , CH_4 , C_2H_6 and C_3H_8 .

2.4. Aqueous phase reforming (APR) experiments

The APR reactions were performed in a batch reactor (model: BR100, manufacturer: Berghoff) for 4 h using 15 mL of sewage and 0.3 g of catalyst. The reactor was purged three times with Argon before starting the heating and stirring process at a speed of 500 rpm. The experiments were performed at 220 °C and 24–26 bar. The resulting process effluent was filtered through 0.45 μm PTFE filters (Scharlab) and analyzed.

Initial sewage and effluent samples were characterized by TOC, measured in a TOC-VCSH apparatus (Shimadzu), and pH [41]. Organic load removal from sewage was monitored through total organic carbon (TOC) analysis because COD does not reflect properly removal due to the high oxygen content of degradation products formed in the APR reaction route.

Micro pollutants compounds were analyzed by high performance liquid chromatography (HPLC - 1200, 6410 TQ Agilent). The gases generated in the process were collected in multi-layer sample bags (Supelco), and analyzed by a GC/FID/ TCD (7820A, Agilent) allowing detection of H_2 , CO , CO_2 , CH_4 , C_2H_6 and C_3H_8 (Fig. 1).

H_2 and CH_4 yield were calculated according to Eq. (1) and Eq. (2), respectively.

$$Y_{H_2} (\text{mmol/g}_{\text{CODinitial}}) = \frac{\text{mmol}_{H_2}}{\text{COD}_{\text{initial}}(\text{g})} \quad (1)$$

$$Y_{CH_4} (\text{mmol/g}_{\text{CODinitial}}) = \frac{\text{mmol}_{CH_4}}{\text{COD}_{\text{initial}}(\text{g})} \quad (2)$$

3. Results and discussion

3.1. Catalyst characterization

A number of factors including the nature and structure of the active phase and support material [25] governs catalyst performance. For this reason, these parameters were determined (Table 3). The ENSACO carbon black support presented a specific surface area of 65 m^2/g . The

introduction of the active metal hardly changed the original texture properties of the support. A small reduction in support surface area is commonly observed after the introduction of the metal phase due to blockage of pores by metal nanoparticles [42,43], but in the current case this effect was negligible due to low metal load and the mainly mesoporous nature of the pores. The pH slurry of the support was 8.9 and only decreased slightly up to 8.6 after the preparation of the catalyst. This pH slurry facilitates APR process in terms of activity and selectivity to H_2 , since the basicity of the support favours WGS reaction and therefore H_2 generation [28,44,45], while acidic supports may trigger reactions leading to alkane formation [46,47].

The TEM micrographs of Pt/ENSACO catalysts revealed globular shape of the Pt nanoparticles and good dispersion on the support material, with very low occurrence of agglomerations and oversized nanoparticles (Fig. 2). Likewise, Pt nanoparticle size distribution was obtained, and an average size of 4.7 nm was calculated, with a standard deviation of 2.5 nm.

3.2. APR of sewage

Sewage samples were treated to evaluate the application of APR to the removal of organic matter, in terms of TOC removal and hydrogen generation. Experiments with Pt/ENSACO catalyst, with metal-free carbon black ENSACO support, and without catalyst or support (blank) were conducted to decouple adsorption, thermal removal and catalytic removal of pollutants. The TOC removal, gas composition, total gas produced, Y_{H_2} and Y_{CH_4} obtained in these experiments (Table 4). In the blank assay, removal of 28.5 % TOC occurred, which can be attributed to hydrothermal carbonization of the organic matter due to reaction temperature [48]. TOC removal increased up to 62.1 % for the assay with the metal-free ENSACO support. The high removal achieved may be related to enhanced hydrothermal carbonization mediated by the support. Some contribution of adsorption to removal can be expected, although ENSACO carbon black has a low surface area [16,31,49].

In the APR treatment of sewage catalysed by Pt/ENSACO more than

Table 3
Characterization of the support and catalyst.

Samples	S_{BET} ($m^2 \cdot g^{-1}$)	Microspore volume ($cm^3 \cdot g^{-1}$)	Mesopore volume ($cm^3 \cdot g^{-1}$)	pH slurry
ENSACO	65	< 0.001	0.09	8.9
Pt/ENSACO	64	< 0.001	0.09	8.6

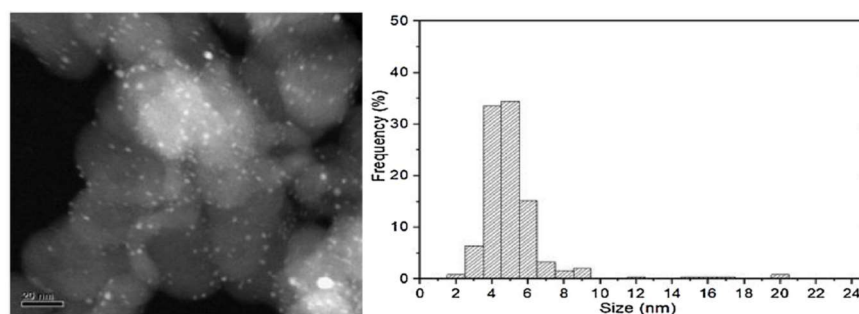


Fig. 2. Representative TEM image of Pt/ENSACO catalyst and size distribution of Pt nanoparticles.

55 % of the initial TOC was removed. Likewise, differences in reaction mechanisms and degradation routes can be inferred from the production of gases. The main component in all the tests was CO_2 , indicating a contribution of hydrothermal carbonization in all cases and some production of hydrogen and alkanes through this route. The absence of CO in the gas produced in the catalysed run shows that under the operating conditions used the catalyst promoted additional formation of H_2 by the water-gas shift (WGS) reaction.

This feature was also observed in APR of glycerol with Pt-based catalysts [39,50], with the nature of the support material affecting H_2 production [25]. In the APR of sewage catalysed by Pt/ENSACO a lower proportion of H_2 was found in the produced gases than for runs with ENSACO support alone, probably due to consumption in methanation reactions, as can be inferred from the high proportion of CH_4 [51].

However, the H_2 and CH_4 yields increased over 2 and 20 times, respectively, in the experiments carried out with Pt/ENSACO catalyst. The percentage of C_2H_6 and C_3H_8 in the produced gas was also higher for the Pt/ENSACO catalysed test and in overall, the higher selectivity to alkanes resulted in a lower proportion of CO_2 in the produced gas.

The yield to H_2 in this work is lower than that reported in literature for APR of other substrates, as brewery wastewater (0.4 vs 15.4 mmol/gCOD_{initial}, respectively) [36], at equivalent conditions. This difference can be ascribed to the higher concentration in brewery wastewater of carbohydrates (i.e. maltose), which are more easily reformed than proteins from meat extract, and especially to the much lower concentration of chloride in the brewery wastewater, responsible for catalyst deactivation.

APR tests catalysed by Pt/ENSACO were also conducted using sewage with different compositions in order to assess the role of individual organic components, inorganic salts and pH, as they may influence catalyst performance [25]. The TOC removal, gas composition, total gas produced, Y_{H_2} and Y_{CH_4} obtained in these experiments are shown in Table 5. In the catalysed APR of sewage without salts, the removal of TOC increased from 55 to 58 %, which is ascribable to higher activity of the catalyst in the absence of chloride and sodium ions [35]. In the case of the experiments conducted with sewage without oil, the average TOC removal was 67 %, showing that this component has a major influence in the catalytic performance, probably due to adsorption of oil on the hydrophobic regions of the carbon black support and affecting the active sites. It can also be observed that

in the APR of individual components a remarkable TOC removal of 93.3 % is achieved in the case of starch, whereas 60.5 % of initial TOC is removed in the case of meat extract. TOC removal is above 80 % for oil and sucrose. These results are in agreement with former works where APR was proved to be an efficient treatment for the conversion of carbohydrates to hydrogen, although different initial substrates showed different behaviour [27,52–55]. A relevant aspect regarding the application of APR is the stability of the catalysts, in this sense, Pt/ENSACO was tested in a previous work [36] in 5 cycles of use in the APR of brewery wastewater with a COD of 6200 mg/L. TOC removal decreased from 87 to 78 % along the cycles, therefore a higher of the catalysts can be expected in the case of sewage as the initial COD is significantly lower.

When APR of sewage without inorganic salts was conducted, H_2 concentration in the produced gas was significantly higher (21.1 %) than the average value (4.7 %) obtained in the reactions with salt-containing sewage. The presence of NaCl in APR catalysed with Pt-based catalyst was found to be responsible for lower H_2 selectivity in previous works due to poisoning of active sites [56,57]. Regarding the influence of initial pH of sewage, the removal of TOC increased slightly from 55.3–59.9 % when pH increased from 6.5–8. H_2 generation tends to increase with pH of the reaction medium [28,39,44,45], as basic conditions lead to high H_2 selectivity in APR reactions [27,58]. Because of this effect, when pH increased from 6.5–8, the percentage of H_2 in the produced gas increased from 4.7–31.4%, and the yield to H_2 increased to a relevant value of 3.79 mmol/gCOD_{initial}. Optimization of the treatment and valorisation of sewage may require removal of some components and pH adjustment. In particular, oil removal is a common practice in treatment schemes. The removal of TOC achieved in this work can be increased by adjusting the pollutants to metal catalyst ratio, since previous works have shown that in complex matrices also including carbohydrates and proteins the removal can be increased to c.a. 99 % [36].

3.3. Removal of micro pollutants by APR of sewage

As conventional sewage treatment, systems have in general low ability to eliminate micro pollutants, the effectiveness of the APR process in removing caffeine, carbamazepine, diclofenac and ibuprofen was investigated in this study. The micro pollutant removal for the

Table 4
Production and composition of gas phase in sewage APR assays (pH = 6.5).

Experiment	TOC removal (%)	Gas composition (% mol)						Gas volume (mmol)	Y_{H_2} (mmol/gCOD _{initial})	Y_{CH_4} (mmol/gCOD _{initial})
		H_2	CO_2	CO	CH_4	C_2H_6	C_3H_8			
Blank	28.5 ± 1.4	1.3 ± 0.3	92.6 ± 1.0	3.6 ± 0.3	1.7 ± 0.3	0.5 ± 0.1	0.3 ± 0.1	0.07 ± 0.004	0.04 ± 0.005	0.06 ± 0.001
ENSACO	62.1 ± 2.3	6.2 ± 0.5	88.1 ± 0.3	3.1 ± 0.3	1.3 ± 0.3	0.9 ± 0.2	0.4 ± 0.1	0.07 ± 0.002	0.20 ± 0.002	0.04 ± 0.001
Pt/ENSACO	55.3 ± 1.9	4.7 ± 0.3	80.5 ± 1.0	n.d.	9.4 ± 0.9	4.0 ± 0.2	1.4 ± 0.1	0.18 ± 0.008	0.42 ± 0.010	0.85 ± 0.016

n.d.: non detected.

Table 5
Removal of TOC and gas generation from sewage with different composition for APR experiments catalysed by Pt/ENSACO.

Experiment	TOC rem. (%)	Gas composition (% mol)						Gas volume (mmol)			Y _{H₂} (mmol/g _{COBiomass})	Y _{CH₄} (mmol/g _{COBiomass})
		H ₂	CO ₂	CO	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈					
Sewage (pH 6.5)	55.3 ± 0.4	4.7 ± 0.5	80.5 ± 0.5	n.d.	9.4 ± 1.1	4.0 ± 0.7	1.4 ± 0.2	0.18 ± 0.01	0.42 ± 0.01	0.85 ± 0.02		
Sewage (pH 8.0)	59.9 ± 0.5	31.4 ± 1.2	56.8 ± 0.8	n.d.	7.2 ± 0.8	3.4 ± 0.7	1.2 ± 0.4	0.24 ± 0.01	3.79 ± 0.06	0.87 ± 0.01		
Sewage w/o salts (pH 6.5)	57.9 ± 4.4	21.1 ± 0.3	66.6 ± 0.5	n.d.	7.0 ± 0.1	3.6 ± 0.1	1.7 ± 0.1	0.29 ± 0.01	3.18 ± 0.01	1.06 ± 0.01		
Sewage w/o oil (pH 6.5)	67.4 ± 3.6	0.3 ± 0.1	79.6 ± 0.2	n.d.	12.6 ± 0.2	5.6 ± 0.1	1.9 ± 0.1	0.15 ± 0.01	0.02 ± 0.01	1.01 ± 0.01		
Starch	93.3 ± 5.3	49.0 ± 7.4	44.7 ± 6.3	t	3.4 ± 0.6	2.2 ± 0.4	0.7 ± 0.2	0.51 ± 0.09	16.81 ± 5.33	1.13 ± 0.01		
Sucrose	85.7 ± 4.8	24.8 ± 1.1	64.0 ± 1.4	n.d.	7.4 ± 0.1	3.0 ± 0.1	0.8 ± 0.1	0.24 ± 0.01	4.49 ± 0.27	1.33 ± 0.05		
Meat extract	60.5 ± 3.3	23.1 ± 0.8	62.2 ± 1.3	n.d.	8.1 ± 0.2	4.4 ± 0.1	2.2 ± 0.1	0.13 ± 0.01	2.81 ± 0.07	0.99 ± 0.01		
OH	87.3 ± 4.2	1.5 ± 1.0	91.9 ± 4.6	4.9 ± 2.0	0.6 ± 0.1	0.5 ± 0.1	0.6 ± 0.1	0.01 ± 0.01	0.01 ± 0.01	< 0.01		

n.d.: non detected; t: traces; w/o: without.

Table 6

Removal of caffeine, carbamazepine, diclofenac and ibuprofen from sewage by APR (pH 6.5).

Experiment	Micro pollutant removal (%)			
	Caffeine	Carbamazepine	Diclofenac	Ibuprofen
Blank	0.2 ± 0.2	84.6 ± 0.3	100 ± 0.0	22.6 ± 0.5
ENSACO	98.3 ± 0.4	99.6 ± 0.5	100 ± 0.0	96.6 ± 0.3
Pt/ENSACO	99.3 ± 0.4	100 ± 0.0	100 ± 0.0	88.9 ± 0.5

blank, ENSACO support without metallic phase and Pt/ENSACO catalyst (Table 6). The removal percentages of micro pollutants were 99.3 % for caffeine, 100 % for carbamazepine and diclofenac and 88.9 % for ibuprofen in the APR runs catalysed with Pt/ENSACO. Tests performed with ENSACO and Pt/ENSACO showed a high removal of micro pollutants, close or equal to 100 % in most of the cases, showing that both hydrothermal treatment and APR favoured an effective removal of micro pollutants. Likewise, the emerging pollutants were removed in some extent in the case of the blank experiments, particularly in the case of carbamazepine and diclofenac, indicating that the structure of these compounds favours the hydrothermal carbonization route [59]. Adsorption may have a contribution to micro pollutants removal in the case of the experiments with ENSACO and Pt-ENSACO, however only traces of micro pollutants was desorbed from materials after reaction runs when exposed to acetonitrile medium. Nevertheless, adsorption can be expected to have an important role as part of the reaction pathway.

ENSACO and Pt/ENSACO showed different mechanisms to remove micropollutants, according to results. A first stage of adsorption on catalyst surface can be expected in both cases. In the case of ENSACO, the hydrothermal carbonization (HTC) was the main pathway involving hydrolysis, decarboxylation, dehydration and polymerization reactions [60] that favoured the formation of solid products and CO₂. In the case of Pt/ENSACO, reforming pathway involving the cleavage of C–C and CO– bonds and water gas shift reaction, predominantly, favoured the formation of H₂ and light alkanes [33].

The gas composition, total gas produced, YH₂ and YCH₄ in the APR of sewage with micro pollutants (Table 7). The H₂ proportion was 1.7 % in the experiments without catalyst, 4.5 % in the experiments with carbon material and 19.2% with Pt/ENSACO catalyst. These results show that the use of catalyst favour the removal of micro pollutants. Regarding the production of gas, it increased together with YH₂ and YCH₄, but it must be taken into account that runs were carried out without oil and salts to better trace the fate of micro pollutants.

3.4. Treated sewage reuse

The APR process led to a TOC removal of close to 60 % (Table 5), resulting in a final TOC of around 130 mg/L and a high degree of micro pollutant removal: caffeine (99.3 %) carbamazepine and diclofenac (100 %) and ibuprofen (99.6 %), allowed to reach in the APR process.

In general, micropollutants achieve different removal rates for different treatment technologies. Caffeine removal has been shown to be effective, with an efficiency of 100 %, due to its high degradation capacity [61–64]. As for ibuprofen, different studies indicate removal rates between 60–99 %, [63,65–68]. These two compounds have removal rates similar to those obtained in this study. However, for carbamazepine and diclofenac the removal achieved has been less than 30 % in secondary treatments [69–71], presenting the APR technique removal reached 100 % of the concentration. What puts this technique in a great advantage, in relation to the others.

Considering the possibility of reusing the effluent generated after APR treatment, in the industrial sector, it can contribute to the increase in the consumption of recycled water, in addition to the common uses, such as cooling towers, boiler feeding and cleaning, and proceed to the

Table 7
Gas composition, total gas produced, Y_{H_2} and Y_{CH_4} in the APR of sewage with micro pollutants (pH 6.5).

Experiment	Gas composition (% mol)						Gas volume (mmol)	Y_{H_2} (mmol/gCODinitial)	Y_{CH_4} (mmol/gCODinitial)
	H ₂	CO ₂	CO	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈			
Sewage with micro pollutants	1.7 ± 0.2	97.2 ± 0.7	n.d.	0.7 ± 0.2	0.2 ± 0.1	0.2 ± 0.1	0.07 ± 0.01	0.06 ± 0.01	0.03 ± 0.01
Sewage with micro pollutants + ENSACO	4.5 ± 0.7	95.0 ± 0.7	n.d.	0.4 ± 0.1	< 0.1	< 0.1	0.08 ± 0.01	0.18 ± 0.01	0.02 ± 0.01
Sewage with micro pollutants + Pt/ENSACO	19.2 ± 0.7	63.8 ± 0.6	n.d.	11.7 ± 0.6	3.9 ± 0.3	1.4 ± 0.2	0.24 ± 0.02	2.27 ± 0.05	1.38 ± 0.03

use of these waters in industrial processes [72]. Proper management of water consumption can lead to savings of up to 30 % in total consumption [3].

New technologies capable of removing micro-pollutants may support the establishment of minimum quality requirements for these parameters, which are still absent or not consolidated in the reference documents for the practice of reuse.

4. Conclusions

The results obtained indicate that the application of APR for the treatment of sanitary sewage has a clear potential for the elimination and valorization of the pollutants of biomass origin and with a view on water reuse.

TOC removal by Pt/ENSACO catalysts reached 55.3–93.3 % for the sewage samples tested, which can be increased by increasing catalyst load. An alternative route to TOC degradation by hydrothermal carbonization has also been identified, although the catalytic route results in higher production of H₂ and alkanes, reaching up to 3.79 and 1.38 mmol/gCODinitial, respectively (depending on wastewater composition and pH conditions). Pre-treatment of sewage for oil removal is an interesting option to maximize sewage processability by APR and increase valuable gases production. As for the micro pollutants (carbamazepine, diclofenac, ibuprofen and caffeine), the removal achieved was between 90 and 100 %.

Further assessment and validation work is needed on the optimization of operating conditions to maximize TOC removal and elimination of target micro pollutants. An additional consideration to be addressed is process energy integration, to assess how the valuable gases generated contribute to compensate the inputs needed to conduct APR.

Declaration of Competing Interest

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

Acknowledgements

The authors are grateful to financial support by CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) and Spanish Agencia Estatal de Investigación (AEI) through project CTQ2015-65491-R. A. S. Oliveira thanks the Spanish AEI a research grant (BES-2016-077244) and B. Saenz de Miera thanks the Regional Government of Madrid a predoctoral grant (PEJD-2017-PRE/AMB-3670).

References

- [1] A. Angelakis, S. Snyder, Wastewater treatment and reuse: past, present, and future, *Water* 7 (2015) 4887–4895, <https://doi.org/10.3390/w7094887>.
- [2] S. Mudgal, L. Van Long, N. Saidi, R. Haines, D. Mcneil, P. Jeffrey, H. Smith, J. Knox, Optimization Water reuse in EU: Final report, Bio Deloitte. (2015).
- [3] A.N. Angelakis, P. Gikas, Water Reuse: Overview of Current Practices and Trends in

- the World With Emphasis on EU States, (2014), p. 12.
- [4] NWater History, P. Singapore's National Water Agency, Singapore, 2015 Availableonline.<http://www.pub.gov.sg/water/newater/Pages/default.aspx>, Accessed date: October 2019.
- [5] J. Rice, P. Westerhoff, Spatial and temporal variation in De facto wastewater reuse in drinking Water systems across the U.S.A, *Environ. Sci. Technol.* 49 (2015) 982–989, <https://doi.org/10.1021/es5048057>.
- [6] T. Deblonde, C. Cossu-Leguille, P. Hartemann, Emerging pollutants in wastewater: a review of the literature, *Int. J. Hyg. Environ. Health.* 214 (2011) 442–448, <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2011.08.002>.
- [7] S.D. Kim, J. Cho, I.S. Kim, B.J. Vanderford, S.A. Snyder, Occurrence and removal of pharmaceuticals and endocrine disruptors in South Korean surface, drinking, and waste waters, *Water Res.* 41 (2007) 1013–1021, <https://doi.org/10.1016/j.watres.2006.06.034>.
- [8] M.M. McConnell, L. Truelstrup Hansen, R.C. Jamieson, K.D. Neudorf, C.K. Yost, A. Tong, Removal of antibiotic resistance genes in two tertiary level municipal wastewater treatment plants, *Sci. Total Environ.* 643 (2018) 292–300, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.06.212>.
- [9] Brune, P. Patrignani, New insights into the use of currently available non-steroidal anti-inflammatory drugs, *J. Pain Res.* 105 (2015), <https://doi.org/10.2147/JPR.S75160>.
- [10] S.Y. Kim, Y.-J. Chang, H.M. Cho, Y.-W. Hwang, Y.S. Moon, Non-steroidal anti-inflammatory drugs for the common cold, *Cochrane Database Syst. Rev.* (2015), <https://doi.org/10.1002/14651858.CD006362.pub4>.
- [11] F. Díaz-González, F. Sánchez-Madrid, NSAIDs: learning new tricks from old drugs: mini-review, *Eur. J. Immunol.* 45 (2015) 679–686, <https://doi.org/10.1002/eji.201445222>.
- [12] N. Vieno, M. Sillanpää, Fate of diclofenac in municipal wastewater treatment plant — a review, *Environ. Int.* 69 (2014) 28–39, <https://doi.org/10.1016/j.envint.2014.03.021>.
- [13] P. Falás, A. Baillon-Dhumez, H.R. Andersen, A. Ledin, J. la Cour Jansen, Suspended biofilm carrier and activated sludge removal of acidic pharmaceuticals, *Water Res.* 46 (2012) 1167–1175, <https://doi.org/10.1016/j.watres.2011.12.003>.
- [14] L. Oberleitner, U. Dahmen-Levison, L.-A. Garbe, R.J. Schneider, Application of fluorescence polarization immunoassay for determination of carbamazepine in wastewater, *J. Environ. Manage.* 193 (2017) 92–97, <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.01.063>.
- [15] J.L. Sotelo, G. Ovejero, A. Rodríguez, S. Álvarez, J. Galán, J. García, Competitive adsorption studies of caffeine and diclofenac aqueous solutions by activated carbon, *Chem. Eng. J.* 240 (2014) 443–453, <https://doi.org/10.1016/j.cej.2013.11.094>.
- [16] D. Angin, Utilization of activated carbon produced from fruit juice industry solid waste for the adsorption of yellow 18 from aqueous solutions, *Bioresour. Technol.* 168 (2014) 259–266, <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.02.100>.
- [17] Y. Yang, Y.S. Ok, K.-H. Kim, E.E. Kwon, Y.F. Tsang, Occurrences and removal of pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) in drinking water and water/sewage treatment plants: A review, *Sci. Total Environ.* 596–597 (2017) 303–320, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.04.102>.
- [18] Q. Sui, X. Cao, S. Lu, W. Zhao, Z. Qiu, G. Yu, Occurrence, sources and fate of pharmaceuticals and personal care products in the groundwater: a review, *Emerg. Contam.* 1 (2015) 14–24, <https://doi.org/10.1016/j.emcon.2015.07.001>.
- [19] B. Petrie, R. Barden, B. Kasprzyk-Hordern, A review on emerging contaminants in wastewaters and the environment: current knowledge, understudied areas and recommendations for future monitoring, *Water Res.* 72 (2015) 3–27, <https://doi.org/10.1016/j.watres.2014.08.053>.
- [20] M.A. Shannon, P.W. Bohn, M. Elimelech, J.G. Georgiadis, B.J. Mariñas, A.M. Mayes, Science and technology for water purification in the coming decades, *Nature* 452 (2008) 301–310, <https://doi.org/10.1038/nature06599>.
- [21] T. Urabe, T. Kikuta, Separate estimation of adsorption and degradation of pharmaceutical substances and estrogens in the activated sludge process, *Water Res.* 39 (2005) 1289–1300, <https://doi.org/10.1016/j.watres.2005.01.015>.
- [22] P. Westerhoff, Y. Yoon, S. Snyder, E. Wert, Fate of endocrine-disruptor, pharmaceutical, and personal care product chemicals during simulated drinking Water treatment processes, *Environ. Sci. Technol.* 39 (2005) 6649–6663, <https://doi.org/10.1021/es0484799>.
- [23] Y. Filali-Meknassi, R.D. Tyagi, R.Y. Surampalli, C. Barata, M.C. Riva, Endocrine-disrupting compounds in wastewater, sludge-treatment processes, and receiving waters: overview, *Pract. Period. Hazard. Toxic Radioact. Waste Manag.* 8 (2004) 39–56, [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)1090-025X\(2004\)8:1\(39\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)1090-025X(2004)8:1(39)).
- [24] A. Wawrzetz, B. Peng, A. Hrabar, A. Jentys, A.A. Lemonidou, J.A. Lercher, Towards understanding the bifunctional hydrodeoxygenation and aqueous phase reforming

- of glycerol, *J. Catal.* 269 (2010) 411–420, <https://doi.org/10.1016/j.jcat.2009.11.027>.
- [25] T.-W. Kim, H.J. Park, Y.-C. Yang, S.-Y. Jeong, C.-U. Kim, Hydrogen production via the aqueous phase reforming of polyols over three dimensionally mesoporous carbon supported catalysts, *Int. J. Hydrog. Energy*. 39 (2014) 11509–11516, <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2014.05.106>.
- [26] D.A. Sladkovskiy, L.I. Godina, K.V. Semikin, E.V. Sladkovskaya, D.A. Smirnova, D.Yu. Murzin, Process design and techno-economical analysis of hydrogen production by aqueous phase reforming of sorbitol, *Chem. Eng. Res. Des.* 134 (2018) 104–116, <https://doi.org/10.1016/j.cherd.2018.03.041>.
- [27] R.R. Davda, J.W. Shabaker, G.W. Huber, R.D. Cortright, J.A. Dumesic, A review of catalytic issues and process conditions for renewable hydrogen and alkanes by aqueous-phase reforming of oxygenated hydrocarbons over supported metal catalysts, *Appl. Catal. B Environ.* 56 (2005) 171–186, <https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2004.04.027>.
- [28] A. Ciftci, D.A.J.M. Ligthart, A.O. Sen, A.J.F. van Hoof, H. Friedrich, E.J.M. Hensen, Pt-Re synergy in aqueous-phase reforming of glycerol and the water-gas shift reaction, *J. Catal.* 311 (2014) 88–101, <https://doi.org/10.1016/j.jcat.2013.11.011>.
- [29] P.J. Dietrich, M.C. Akatay, F.G. Sollberger, E.A. Stach, J.T. Miller, W.N. Delgass, F.H. Ribeiro, Effect of Co loading on the activity and selectivity of PtCo aqueous phase reforming catalysts, *ACS Catal.* 4 (2014) 480–491, <https://doi.org/10.1021/cs4008705>.
- [30] D.A. Boga, F. Liu, P.C.A. Bruijninx, B.M. Weckhuysen, Aqueous-phase reforming of crude glycerol: effect of impurities on hydrogen production, *Catal. Sci. Technol.* 6 (2016) 134–143, <https://doi.org/10.1039/C4CY01711K>.
- [31] B. Meryemoglu, S. Irmak, A. Hasanoglu, Production of activated carbon materials from kenaf biomass to be used as catalyst support in aqueous-phase reforming process, *Fuel Process. Technol.* 151 (2016) 59–63, <https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2016.05.040>.
- [32] J. Woodward, M. Orr, K. Cordray, E. Greenbaum, Enzymatic production of biohydrogen, *Nature* 405 (2000) 1014–1015.
- [33] I. Coronado, M. Stekrova, M. Reinikainen, P. Simell, L. Lefferts, J. Lehtonen, A review of catalytic aqueous-phase reforming of oxygenated hydrocarbons derived from biorefinery water fractions, *Int. J. Hydrog. Energy*. 41 (2016) 11003–11032, <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2016.05.032>.
- [34] E.P. Jordão, C.A. Pêsoa, Tratamento De Esgotos Domésticos, 7a, ABES, Rio de Janeiro, 2014.
- [35] A.S. Oliveira, J.A. Baeza, L. Calvo, N. Alonso-Morales, F. Heras, J. Lemus, J.J. Rodriguez, M.A. Gilarranz, Exploration of the treatment of fish-canning industry effluents by aqueous-phase reforming using Pt/C catalysts, *Environ. Sci. Water Res. Technol.* 4 (2018) 1979–1987, <https://doi.org/10.1039/C8EW00414E>.
- [36] A.S. Oliveira, J.A. Baeza, L. Calvo, N. Alonso-Morales, F. Heras, J.J. Rodriguez, M.A. Gilarranz, Production of hydrogen from brewery wastewater by aqueous phase reforming with Pt/C catalysts, *Appl. Catal. B Environ.* 245 (2019) 367–375, <https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2018.12.061>.
- [37] B. de S. Moraes, Desnitrificação autotrófica com o uso de sulfeto e integração com o processo de nitrificação em um único reator, Doutorado em Hidráulica e Saneamento, Universidade de São Paulo, 2012, <https://doi.org/10.11606/T.18.2012.tde-04052012-092252>.
- [38] N.H. Callado, Reatores Sequenciais em Batelada em Sistema Anaeróbio / Aeróbio Tratando Esgoto Sanitário Sintético e com Remoção de Nutrientes, Universidade de São Paulo, 2001.
- [39] Y. Guo, M.U. Azmat, X. Liu, Y. Wang, G. Lu, Effect of support's basic properties on hydrogen production in aqueous-phase reforming of glycerol and correlation between WGS and APR, *Appl. Energy*. 92 (2012) 218–223, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.10.020>.
- [40] S. Haukka, L. Lakomaa, T. Suntuola, Studies in surface science and catalysis, *Adsorpt. Control. Prep. Heterog. Catal.* 120 (1999) 715–750.
- [41] A.P.H.A. American Public Health Association, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 20th ed., Public Health Association, Washington, 2005.
- [42] T.-W. Kim, H.-D. Kim, K.-E. Jeong, H.-J. Chae, S.-Y. Jeong, C.-H. Lee, C.-U. Kim, Catalytic production of hydrogen through aqueous-phase reforming over platinum/ordered mesoporous carbon catalysts, *Green Chem.* 13 (2011) 1718, <https://doi.org/10.1039/c1gc15235a>.
- [43] L.S. Ribeiro, E.G. Rodrigues, J.J. Delgado, X. Chen, M.F.R. Pereira, J.J.M. Órfão, Pd, Pt, and Pt-Cu catalysts supported on carbon nanotube (CNT) for the selective oxidation of glycerol in alkaline and base-free conditions, *Ind. Eng. Chem. Res.* 55 (2016) 8548–8556, <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.6b01732>.
- [44] J. Liu, X. Chu, L. Zhu, H. Hu, R. Dai, S. Xie, Y. Pei, S. Yan, M. Qiao, K. Fan, Simultaneous aqueous-phase reforming and KOH carbonation to produce CO₂-free hydrogen in a single reactor, *ChemSusChem*. 3 (2010) 803–806, <https://doi.org/10.1002/cssc.201000093>.
- [45] D.L. King, L. Zhang, G. Xia, A.M. Karim, D.J. Heldebrant, X. Wang, T. Peterson, Y. Wang, Aqueous phase reforming of glycerol for hydrogen production over Pt-Re supported on carbon, *Appl. Catal. B Environ.* 99 (2010) 206–213, <https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2010.06.021>.
- [46] M.F. Neira D'Angelo, J.C. Schouten, J. van der Schaaf, T.A. Nijhuis, Three-phase reactor model for the aqueous phase reforming of ethylene glycol, *Ind. Eng. Chem. Res.* 53 (2014) 13892–13902, <https://doi.org/10.1021/ie5007382>.
- [47] G. Wen, Y. Xu, H. Ma, Z. Xu, Z. Tian, Production of hydrogen by aqueous-phase reforming of glycerol, *Int. J. Hydrog. Energy*. 33 (2008) 6657–6666, <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2008.07.072>.
- [48] M.T. Reza, B. Wirth, U. Lüder, M. Werner, Behavior of selected hydrolyzed and dehydrated products during hydrothermal carbonization of biomass, *Bioresour. Technol.* 169 (2014) 352–361, <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.07.010>.
- [49] S.S. Brum, M.L. Bianchi, V.L. da Silva, M. Gonçalves, M.C. Guerreiro, L.C.A. de Oliveira, Preparação e caracterização de carvão ativado produzido a partir de resíduos do beneficiamento do café, *Quim. Nova* 31 (2008) 1048–1052, <https://doi.org/10.1590/S0100-40422008000500019>.
- [50] A. Wawrzetz, Aqueous Phase Reforming of Glycerol Over Supported Catalysts, Technische Universität München, 2008.
- [51] A.O. Menezes, M.T. Rodrigues, A. Zimmaro, L.E.P. Borges, M.A. Fraga, Production of renewable hydrogen from aqueous-phase reforming of glycerol over Pt catalysts supported on different oxides, *Renew. Energy*. 36 (2011) 595–599, <https://doi.org/10.1016/j.renene.2010.08.004>.
- [52] J. Lee, Y. Xu, G.W. Huber, High-throughput screening of monometallic catalysts for aqueous-phase hydrogenation of biomass-derived oxygenates, *Appl. Catal. B Environ.* 140–141 (2013) 98–107, <https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2013.03.031>.
- [53] J.C. Serrano-Ruiz, R. Luque, A. Sepúlveda-Escribano, Transformations of biomass-derived platform molecules: from high added-value chemicals to fuels via aqueous-phase processing, *Chem. Soc. Rev.* 40 (2011) 5266, <https://doi.org/10.1039/c1cs15131b>.
- [54] S. Sun, W. Yan, P. Sun, J. Chen, Thermodynamic analysis of ethanol reforming for hydrogen production, *Energy* 44 (2012) 911–924, <https://doi.org/10.1016/j.energy.2012.04.059>.
- [55] M.F. Neira D'Angelo, Aqueous Phase Reforming of Bio-Carbohydrates: Reactor Engineering and Catalysis, Technische Universiteit Eindhoven, 2014.
- [56] K. Lehnert, P. Claus, Influence of Pt particle size and support type on the aqueous-phase reforming of glycerol, *Catal. Commun.* 9 (2008) 2543–2546, <https://doi.org/10.1016/j.catcom.2008.07.002>.
- [57] J. Remón, C. Jarauta-Córdoba, L. García, J. Arauzo, Effect of acid (CH₃COOH, H₂SO₄ and H₃PO₄) and basic (KOH and NaOH) impurities on glycerol valorisation by aqueous phase reforming, *Appl. Catal. B Environ.* 219 (2017) 362–371, <https://doi.org/10.1016/j.apcatb.2017.07.068>.
- [58] G.W. Huber, R.D. Cortright, J.A. Dumesic, Renewable alkanes by aqueous-phase reforming of biomass-derived oxygenates, *Angew. Chem. Int. Ed.* 43 (2004) 1549–1551, <https://doi.org/10.1002/anie.200353050>.
- [59] A.V. Kirilin, A.V. Tokarev, L.M. Kustov, T. Salmi, J. Mikkola, D.Y. Murzin, Aqueous phase reforming of xylitol and sorbitol: comparison and influence of substrate structure, *Appl. Catal.* 435 (2012) 172–180.
- [60] A. Funke, F. Ziegler, Hydrothermal carbonization of biomass: A summary and discussion of chemical mechanisms for process engineering, *Biofuels Bioprod. Biorefining*. 4 (2010) 160–177, <https://doi.org/10.1002/bbb.198>.
- [61] M.M. Huber, S. Canonica, G.-Y. Park, U. von Gunten, Oxidation of pharmaceuticals during ozonation and advanced oxidation processes, *Environ. Sci. Technol.* 37 (2003) 1016–1024, <https://doi.org/10.1021/es025896h>.
- [62] T. Okuda, Y. Kobayashi, R. Nagao, N. Yamashita, H. Tanaka, S. Tanaka, S. Fujii, C. Konishi, I. Houwa, Removal efficiency of 66 pharmaceuticals during wastewater treatment process in Japan, *Water Sci. Technol.* 57 (2008) 65–71, <https://doi.org/10.2166/wst.2008.822>.
- [63] P.M. Thomas, G.D. Foster, TRACKING ACIDIC PHARMACEUTICALS, CAFFEINE, AND TRICLOSAN THROUGH THE WASTEWATER TREATMENT PROCESS, *Environ. Toxicol. Chem.* 24 (2005) 25, <https://doi.org/10.1897/04-144R.1>.
- [64] Q. Sui, J. Huang, S. Deng, G. Yu, Q. Fan, Occurrence and removal of pharmaceuticals, caffeine and DEET in wastewater treatment plants of Beijing, China, *Water Res.* 44 (2010) 417–426, <https://doi.org/10.1016/j.watres.2009.07.010>.
- [65] M. Clara, B. Strenn, O. Gans, E. Martinez, N. Kreuzinger, H. Kroiss, Removal of selected pharmaceuticals, fragrances and endocrine disrupting compounds in a membrane bioreactor and conventional wastewater treatment plants, *Water Res.* 39 (2005) 4797–4807, <https://doi.org/10.1016/j.watres.2005.09.015>.
- [66] A. Joss, S. Zabczynski, A. Göbel, B. Hoffmann, D. Löffler, C.S. McArdell, T.A. Ternes, A. Thomsen, H. Siegrist, Biological degradation of pharmaceuticals in municipal wastewater treatment: proposing a classification scheme, *Water Res.* 40 (2006) 1686–1696, <https://doi.org/10.1016/j.watres.2006.02.014>.
- [67] A.C. Johnson, J.P. Sumpter, Removal of endocrine-disrupting chemicals in activated sludge treatment works, *Environ. Sci. Technol.* 35 (2001) 4697–4703, <https://doi.org/10.1021/es010171j>.
- [68] T.M. Smoock, H. Zhong, R. Zytner, Removal of ibuprofen from wastewater: comparing biodegradation in conventional, membrane bioreactor, and biological nutrient removal treatment systems, *Water Sci. Technol.* 57.1 (2008).
- [69] N. Lindqvist, T. Tuhkanen, L. Kronberg, Occurrence of acidic pharmaceuticals in raw and treated sewage and in receiving waters, *Water Res.* 39 (2005) 2219–2228, <https://doi.org/10.1016/j.watres.2005.04.003>.
- [70] X.-S. Miao, J.-J. Yang, C.D. Metcalfe, Carbamazepine and its metabolites in wastewater and in biosolids in a municipal wastewater treatment plant, *Environ. Sci. Technol.* 39 (2005) 7469–7475, <https://doi.org/10.1021/es050261e>.
- [71] P. Gao, Y. Ding, H. Li, I. Xagorarakis, Occurrence of pharmaceuticals in a municipal wastewater treatment plant: mass balance and removal processes, *Chemosphere*. 88 (2012) 17–24, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2012.02.017>.
- [72] Z. Chen, H.H. Ngo, W. Guo, A critical review on sustainability assessment of recycled water schemes, *Sci. Total Environ.* 426 (2012) 13–31, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.03.055>.

ANEXO II – ARTIGO SUBMETIDO PARA PUBLICAÇÃO

29/08/2021

Gmail - Water and Environment Journal - Manuscript ID WEJ-11229-21



Daniella Costa Faria <daniellacfaria@gmail.com>

Water and Environment Journal - Manuscript ID WEJ-11229-21

4 mensagens

Water and Environment Journal <onbehalf@manuscriptcentral.com>
Responder a: journals@ciwem.org
Para: daniellacfaria@gmail.com

26 de junho de 2021 15:59

26-Jun-2021

Dear Miss Daniella Faria

Your paper entitled "Wastewater reuse: perception and social acceptance" has been successfully submitted online and is presently being given full consideration for publication in Water and Environment Journal.

Your manuscript ID is WEJ-11229-21.

Please mention the above manuscript ID in all future correspondence or when calling the office for questions. If there are any changes in your postal or e-mail address, please log in to ScholarOne Manuscripts at <https://mc.manuscriptcentral.com/wej> and edit your user information as appropriate.

You can also view the status of your paper at any time by checking your Author Centre after logging in to <https://mc.manuscriptcentral.com/wej>. We would like to make you aware that the COVID-19 pandemic may impact our usual peer review timescales, due to restricted availability of reviewers and editors. We are working to reduce this impact wherever possible and thank you in advance for your understanding at this challenging time.

Thank you for submitting your paper to Water and Environment Journal.

Yours faithfully,

Water and Environment Journal Editorial Office

Wastewater reuse: perception and social acceptance

Abstract

The planned reuse of treated wastewater is the most effective instrument for the sustainability of water resources management, with ample growth and the possibility of being used for various purposes. Given the various possibilities and advantages of reusing treated wastewater, sociocultural acceptance can be a limiting factor for the success of this practice. The present study analyzed the knowledge, perceptions and social acceptability regarding the reuse of treated water in individuals with a high level of education, as they have a strong influence on the transformations of society. The results indicated that the public, in general, is aware of the benefits of the practice of reuse, mainly for the conservation of water resources, however, only 45.5% of the participants reported practicing some type of reuse. The public was receptive to this practice for indirect uses, but had a strong rejection of direct reuse. Schooling was associated with knowledge about sanitation issues, however, this correlation with the acceptability of reusing treated wastewater for the seven investigated uses was not observed. Of the total respondents, 96.3% stated that cultural factors can cause people to reject the practice of reuse, resulting from the consequent culture of waste and non-valorization of water sources.

Keywords

wastewater reuse, direct reuse, indirect reuse, public perception and acceptance, reuse cultural influences.

Introduction

The efficient use of water has become urgent and it is a critical issue, especially where there is little or no water availability (Lahnsteiner, van Rensburg, e Esterhuizen 2017). Availability, scarcity and water management have been one of the main global risks and associated with inefficient management, will lead to a supply deficit of up to 40% in 2030 (World Economic Forum 2015).

The reuse of wastewater has proved to be an alternative resource, recognized as a solution with great potential to meet the repressed demand (Wilcox et al. 2016; Tortajada e Nambiar 2019; Hardy et al. 2015). For drinking or non-drinking purposes, it is an important possibility to minimize the pressure on water resources (Van der Bruggen 2010). It is also understood as part of an integrated process to manage the water cycle and foster the circular economy (Michell e Wang 2016).

The practice of reuse for non-drinking purposes is already established in several developed and developing countries (European Commission 2016; United Nations World Water Assessment Programme 2017) . Drinking reuse, however, is less common, but there are already places with an important history of this practice, such as Singapore, Orange County, California, Windhoek, Namibia, Big Springs, Texas and under development in cities such as Perth and London (Wilcox et al. 2016).

In order to propose the implementation of reuse, it is necessary to emphasize the importance of regulating it, especially drinking water, since it plays an important role in the protection of public health. It should aim to guarantee the production and distribution of water according to drinking standards for consumers (World Health Organization 2017).

If local, collaborative and transparent regulation, based on risk, will provide a higher rate of acceptability for reuse, as well as increasing the level of trust in managers and new Technologies (Mukherjee e Jensen 2020). It should also cover the responsibility of suppliers, wastewater management entities, regulatory agencies and other interested parties, as well as presenting water quality standards, monitoring requirements and necessary tests, normal operation techniques and system monitoring in cases of incidents and emergencies (World Health Organization 2017).

The introduction of regulations combined with the quality of the effluent, produced by advanced wastewater treatment systems, makes direct drinking reuse more economically interesting, compared to the discharge of the effluent into a lower quality receiving water body (United Nations World Water Assessment Programme 2017).

However, the main challenges for effective water management are social and not technical (Ricart, Rico, e Ribas 2019). Predetermined values influence responses on water reuse. Negative public opinion has been recognized as one of the biggest challenges for the implementation of reuse projects, especially drinking (Chhipi-Shrestha, Rodriguez, e Sadiq 2019; Chemical Engineering Department, College of Engineering, University of

Ha'il, PO Box 2440, Ha'il 81441, Saudi Arabia et al. 2018; Smith et al. 2018; Garcia-Cuerva, Berglund, e Binder 2016; Ormerod e Scott 2013; Hartley 2006).

Public perception and acceptance are key factors for the introduction of reuse programs (Michetti et al. 2019), indicate the feasibility of implementation and provide guidelines, from which, projects for effective participation of the population are planned (Aitken et al. 2014). The effectiveness in providing information about the processes and the quality of the effluents in reuse projects must be considered (Fielding e Roiko 2014), in addition to models of communication plans, increase expectations of promotion and acceptance of direct drinking reuse (Alexandria 2015).

Providing effective public participation and developing a sense of shared identity, specifically, with regard to acceptance of the practice of drinking reuse, is preponderant (Furlong et al. 2019). When prior knowledge of the practice of reuse is provided, the possibility of acceptance by the population is increased by up to ten times (Rice et al. 2016).

Another factor that influences the acceptance of the reuse of treated effluent and the perception of risk and credibility of water regulatory agencies. The greater the sense of identity of the community in relation to the authorities associated with water and the level of trust in the agencies, the greater the positive opinions about the reuse of wastewater and the lesser sense of threats to public health (Ross, Fielding, e Louis 2014).

Concerns regarding direct drinking reuse are also linked to smell and taste and to health risk, regarding microbial contaminants in reused water. It appears that the opposition is also related to the feeling of disgust regarding the instinctive disgust associated with the idea of sewage reuse (Ishii et al. 2015).

Variables such as ethnicity, metropolitan and non-metropolitan areas, income and education level have significant effects on the acceptability of drinking reuse. Among these, the most influential factor on the adoption of water reuse is the educational level (Garcia-Cuerva, Berglund, e Binder 2016).

The education has stood out as an important factor in attitudes towards reuse and risk perception (Po, National Program for Sustainable Irrigation (Australia), e Water for a Healthy Country Flagship 2005; Hartley 2006; Anna Hurlimann e Cooperative Research Centre for Water Quality and Treatment (Australia) 2008; Dolnicar e Schäfer 2009; Gu et al. 2015) this study analyzed the level of acceptability and social perception regarding the reuse of treated effluents, targeting this study to individuals with a high level of education, since this group has a strong influence on the transformations of society.

Methodology

Study Area

The study was conducted in the Brazilian city of Palmas, as it is the last planned city in Brazil, created in 1989 and is the capital of the state Tocantins. It has a projected population of 306,296. The growth rate of Palmas is the second highest among Brazilian capitals (Brazilian Institute of Geography and Statistics 2020). In relation to the PIB (Gross Domestic Product) Palmas occupies the 1st place in the state of Tocantins and appears in 116th position, when compared to the other 5,570 Brazilian municipalities (Brazilian Institute of Geography and Statistics 2020).

In Palmas, 24.8% of the population has higher education (Brazilian Institute of Geography and Statistics 2019), including postgraduates, compared to Brazil, which is 19.7% (Brazilian Institute of Educational Studies and Research Anísio Teixeira 2019). As for sanitation, it has 67.6% of households with adequate sanitation and when compared to other municipalities in the state, it is in position 3 out of 139, and in relation to the other cities in Brazil, its position is 1,478 out of 5,570 (Brazilian Institute of Geography and Statistics 2019).

Sample

The research used in this study had a quantitative methodological basis to assess the level of acceptability of people regarding the reuse of treated sewage. Structured procedures and formal tool for data collection were adopted, under control conditions, with an emphasis on objectivity (Polit, Beck, e Hungler 2004).

The target audience covered a percentage of the population with an incomplete and complete higher education level, with specialization *latu sensu* and *stricto sensu* (master's and doctorate). The choice for education level was due to the fact that individuals with higher levels of education are, in general, opinion makers and influencers of the environment in which they live.

To calculate the sample size, the Brazilian Institute of Geography and Statistics classification by level of education for the first quarter of 2019 (Brazilian Institute of Geography and Statistics 2019) was considered, with a 95% confidence interval and a sample error of 5.3% (Eq.1).

$$N_0 = \left(\frac{1}{E_0}\right)^2 \quad \text{and} \quad N = \frac{N_0 \times P}{N_0 + P} \quad (\text{Eq. 1})$$

Being:

N_0 = first approximation of the sample size;

E_0 = sampling error (5, 29%);

N = corrected sample size and,

P = Size of the population of city (Palmas/TO/BR) with incomplete higher education, complete, master's and doctorate (76,000 people).

$$N = (356 \times 76,000) \div (356 + 76,000) = 354 \text{ people}$$

Data Collection and Analysis

Data collection took place through a semi-structured questionnaire containing a total of 14 objective questions, 3 of which were related to the characterization of the sample (sex, age group and level of education) and the others concerning perception and information about the level of knowledge about the subject. Water and sewage treatment theme, water scarcity, water reuse and level of acceptance of water reuse for potable and non-potable purposes.

The possible answers to the questions were “yes / no” or multiple choice. None of the questions contained the mandatory answer. The total number of questionnaires answered was 385, of which 29 were disregarded for having an education profile below incomplete higher education.

The survey consisted of 14 questions, with a series of sub-questions, covering a variety of topics related to the use of water and water for reuse. The questions focused on the following topics:

- Education level; framing about the theme of water and sewage treatment, in relation to the level of knowledge about the tebad; opinion on the main benefit of the practice of reuse, whether directed towards the environment, whether for public supply or related to economic aspects.

- On the knowledge regarding the practice of water reuse; water reuse is applied; sanitary sewage water would be used in your home for different purposes, such as: general cleaning, washing clothes, irrigation, food washing, drinking and cooking;

- Knowledge about the origin of the water that irrigates your food; if the treated water is reused within the normative standards, it can cause problems for the health of the consumer, if it is used for irrigation of foods consumed raw (vegetables, fruits and vegetables); if the treated water for reuse within the normative standards, can bring problems for the health of the consumer, if used for irrigation of previously cooked foods (rice, beans and corn);

- On the existence of cultural factors that can cause people to reject water reuse and whether reuse water from a new sewage treatment technology would be used.

Data were analyzed using descriptive statistics (frequencies and percentages) and inferential statistics, which included analysis using Pearson's chi-square (χ^2). The Chi-square test was used to analyze the relationship between educational qualification and level of knowledge about water and sewage treatment, degree of acceptability of treated wastewater for various purposes and level of reliability in consuming food irrigated with reused water.

The observed significance level measured in terms of “p-value” was used to determine the acceptability hypothesis, to reject or accept the null hypothesis that there is no significant difference between the variables. Therefore, a value of $p < .1$ or $p < .05$ was used to test the null hypothesis against the alternative hypothesis of a statistically significant relationship between the dependent and independent variables. It was adopted that the sample was normally distributed.

Results and discussion

Sample Characterization

The sample group was composed of 356 participants, 63.5% ($n = 226$) female, 36.2% ($n = 129$) male and 0.3% ($n = 1$) did not report. Regarding the age group of the respondents, 13.5% ($n = 48$) were aged between 50 and 69 years, 46.3% ($n = 165$) between 30 and 49 years and 39.3% ($n = 140$) between 18 to 29 years old. The smallest portion was determined under the age of 18 years, with only 0.3% ($n = 1$) of the respondents falling into this category and 0.6% ($n = 2$) not informing the age group (Table 1).

Regarding the age of the respondents, there is a diversity of associations between this and the acceptability of reuse, especially with regard to drinking reuse. They may be positive associations for older people (Fielding, Dolnicar, e Schultz 2018; Gu et al. 2015; Dolnicar e Schäfer 2009), and other studies have confirmed that young

people are adept at the idea of reuse (Gu et al. 2015; Buyukkamaci e Alkan 2013). There are also studies that point out that there is no relationship between age and support or acceptability to actions that involve reuse (Garcia-Cuerva, Berglund, e Binder 2016; Gu et al. 2015; A Hurlimann e McKay 2003). A study also revealed that the gender of individuals has no influence on the acceptance of water reuse (Gu et al. 2015; Buyukkamaci e Alkan 2013; Rock, Solop, e Gerrity 2012; Anna Hurlimann e Cooperative Research Centre for Water Quality and Treatment (Australia) 2008).

Due to the diversity of responses regarding the acceptability of reuse associated with age and gender, these aspects were disregarded when data were processed treated effluents by individuals with a high level of education.

As for the schooling profile, this study mostly included participants with higher levels of education, such as graduates, specialists, masters or doctors (83%; n = 294). And the other respondents (17%; n = 62) had incomplete higher education (Table 1).

Table 1. Social profile of participants participants with higher levels of education of study about acceptability to the reuse of treated effluents.

Demographic Characteristics		N	Distribution (%)
Gender	Female	226	63.5
	Male	129	36.2
	No answer	1	0.3
Age Range	Between 50 and 59 years	48	13.5
	Between 30 and 49 years	165	46.3
	Between 18 and 99 years	140	39.3
	Less than 18 years	1	0.3
	No answer	2	0.6
Degree of Education	Stricto sensu post-graduation (master's and doctorate)	119	33.0
	Postgraduate latu sensu	6	2.0
	Graduated	169	48
	Incomplete higher	62	17

Acceptability to the reuse of treated effluents and technological innovation

In view of the high level of education of the respondents, we sought to relate the level of knowledge and acceptance of the participants regarding the practice of reusing translated wastewater and technological innovation.

The results indicated that there was a statistically significant association between the degree of knowledge about water and sewage treatment and the level of education, with values of $\chi^2 = 35.94$ and p-value <0.05 (Table 2). Participants who claimed to be knowledgeable about the topic had higher levels of education (graduates, masters and doctors).

Table 2. Relationship between educational level and knowledge about water and sewage treatment.

Description	χ^2	Degree of Freedom	Significance (p-value)
Pearson's Chi-Qquare	35.940 ^a	6	0.000
Likelihood ratio	37.531	6	0.000

As educational factors can influence the acceptability of water reuse for various purposes (Mu'azu, Abubakar, e Blaisi 2020; Garcia-Cuerva, Berglund, e Binder 2016, 2016; Fielding, Dolnicar, e Schultz 2018), it was assessed whether this association also occurs in relation to the technologies used for the treatment of water and effluents.

Among the participants with a university degree and a postgraduate degree, approximately 40% (n = 99) answered that they knew the theme, being familiar with the technologies of water and effluent treatment. Although they have a high level of education, the majority 54.6% (n = 136) reported having little or medium knowledge related to technologies, and a smaller fraction, 3.6 (n = 9) said they had no knowledge about it (Figure 1).

For the participants with incomplete higher education, 88.7% (n = 55), declared to have little or medium knowledge about the theme and 4.8% (n = 3) reported not knowing the theme (Figure 1).

An association was observed between the degree of knowledge about water and sewage treatment and the level of education, and it is assumed that there is an understanding that the technologies employed can produce effluents and quality water, or that they at least meet current regulations. And when citizens become familiar with technology and the general understanding of the benefits associated with water reuse, opposition to reuse is diminished (Garcia-Cuerva, Berglund, e Binder 2016, 2016), but the improvement in the rate of acceptance of reuse, linked to new technologies, is also due to the association with a consistent and reliable service provision (Ormerod e Scott 2013; Khan e Gerrard 2006; Hartley 2006).

The use of a new technology is associated with the capacity that these systems have in relation to the removal of microorganisms and micro pollutants and the perception that conventional treatment systems are inefficient in relation to this aspect. Providing information on the efficiency of treatment systems, considering advanced technologies, capable of producing quality and safe water, should develop the belief that this water will be better than local surface waters that are treated by conventional Technologies (National Research Council 2012).

When drinking reuse is desired, wastewater treatment systems must include a multi-barrier treatment structure, including advanced systems, capable of adjusting to failures and robustness (National Research Council 2012). And utilities need to demonstrate preparedness and the ability to act quickly and effectively with contamination incident (Dubey et al. 2017; Kabra e Ramesh 2016).

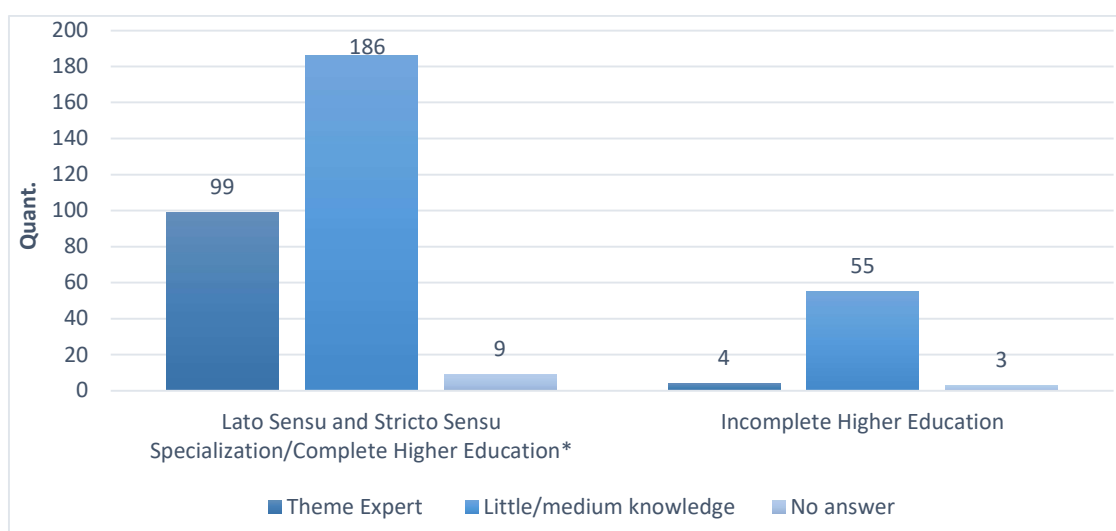


Figure 1. Level of knowledge about water and sewage treatment, by level of education.

With regard to the main benefits of the practice of reuse, respondents could indicate more than one alternative. Since 62% of the answers mentioned the preservation of water bodies as the main benefit, 19.8% indicated the guarantee of public supply and 18.2% opted for the alternative of financial savings to the user. Regarding knowledge about some reuse practice, 71.3% (n = 254) stated that they had knowledge. However, only 45.5% (n = 162) practice some type of water reuse on a daily basis (Table 3).

We also sought to identify which uses would be most accepted by the public, and the interviewees could choose more than one form of reuse (cleaning in general, washing clothes, watering plants and gardens, washing food, irrigating gardens / orchards, drinking, to cook). There was a greater acceptance of participants for indirect uses, such as watering plants and gardens (30%) and cleaning in general (31%). For direct use, there was a strong rejection, only 3% would accept drinking, 4% cooking and 4% washing food with water from the reuse of domestic effluent (Table 3).

One of the justifications for the practice of reuse to be widespread, may be related to the current scenario of low water scarcity in most regions, which gives the impression that reuse is an unnecessary practice and is associated with the feeling of disgust, when there is not enough understanding about the quality that can be achieved, even though 94.6% of the interviewees, had previously informed, have knowledge about the treatment technologies, or at least be partially knowledgeable. Evidencing, that knowledge is associated with conventional treatment technologies and not with advanced ones.

What favors the protection of the environment and water conservation, which were put as benefits related to the practice. The vulnerability of water resources promotes greater concern and fosters a change in behavior, leading people to consider the possibility of reuse, as an alternative source of water (Lazarova et al. 2013; Kadeli, [s.d.]; Dolnicar, Hurlimann, e Grün 2011, 2011; A Hurlimann e Dolnicar 2016).

Table 3. Level of knowledge and benefits of the practice and uses with the highest acceptance rate for the use of water from reuse.

Knowledge Level and Reuse Benefits		n	Distribution (%)
Main benefit of reuse practice	Preservation of water bodies	263	62,0
	Guarantee of public supply	84	19.8
	Financial savings for the user	77	18.2
Has knowledge about some reuse practice	Yes	254	71.3
	No	100	28.1
	No answer	2	0.6
Practices some form of water reuse	Yes	162	45.5
	No	193	54.2
	No answer	1	0.3
Main uses		Quantity	Percentage (%)
General Cleaning		277	31.0
Washing Clothes		93	11.0
Watering Plants and Gardens		266	30.0
Washing Food		40	4.0
Irrigate Gardens / Orchards		139	1.,0
Drink		24	3.0
Cook		34	4.0
No answer		8	1.0

* Note: covers all educational levels, except incomplete higher education.

Regarding the level of education and the acceptability of treated wastewater for various purposes (Table 4), there was no statistically significant difference between the level of education and acceptability of reuse, for the investigated uses (cleaning in general, washing clothes, watering plants and gardens, washing food, irrigating gardens/orchards, drinking, cooking), with χ^2 values ranging from 0.213 to 4.661 and p-value between 0.097 to 0.899.

The reuse of treated wastewater for activities such as cooking, washing food and drinking showed the highest levels of significance (p-value), which was not unexpected, since they involve direct consumption. The rejection of the direct reuse of treated wastewater was high, regardless of the respondent's level of education.

Table 4. Correlation between the level of instruction and the acceptability of treated wastewater for different uses.

Description	χ^2	Degree of Freedom	Significance (p-value)
General Cleaning	0.706	2	0.702
Washing Clothes	4.661	2	0.097
Watering Plants and Gardens	1.143	2	0.565
Washing Food	0.467	2	0.792
Irrigate Gardens / Orchards	0.476	2	0.788
Drink	0.579	2	0.748

To cook	0.213	2	0.899
Did not answer	2.308	2	0.315

As established, the responses showed no statistically significant difference between the level of education and acceptability of reuse, for the investigated uses, related to the level of education and acceptability.

It was observed that participants with undergraduate, master's and doctoral degrees, declared to accept the reuse of treated wastewater for indirect uses (cleaning in general, washing clothes, watering plants and gardens), being associated and this alternative approximately 72.0% (220) of the total number of responses. And the use associated with washing food, watering gardens and orchards, drinking water for drinking and cooking, was accepted by 28% (87). With emphasis on the consumption of drinking water, which reached about 3.0% (9) of the total respondents (Figure 2).

Regarding the group of respondents with complete higher education, the answers presented the same profile, the majority (98%) would adopt the reuse for indirect uses, and only 26%, showed a predisposition to use reuse water for direct uses. The third group of respondents, those with incomplete higher education, maintained the same pattern, for the use of reuse water for cleaning in general, washing clothes, watering plants and gardens, 74%, said they accepted the practice. And for direct reuse, 24% reported accepting the practice related to direct reuse.

These data strengthen the assumption that the availability of water directly affects the acceptability of reuse. Most respondents are more concerned with the degree of water protection and the support that reuse could offer, which leads to a state of awareness about water conservation (Mukherjee e Jensen 2020), but still not enough, to the introduction of direct reuse.

It should also be taken into account here, that the degree of acceptance is strongly related to the degree of direct exposure to recovered water (Browning-Aiken, Ormerod, e Scott 2011; Dolnicar e Schäfer 2009) and the correlation between social and economic aspects, about the use of treated wastewater (Gu et al. 2015). In addition to skepticism regarding the production of drinking water from treated effluents (Radcliffe 2010; Bichai, Kajenthira Grindle, e Murthy 2018), which would be related to the fact that users with a higher level of education have a higher perception of in relation to the health risks associated with the reuse of treated wastewater (Fielding, Dolnicar, e Schultz 2018).

Advance in actions that include the presentation of consistent regulations and protocols that guarantee safety and minimize risks, technological development, and even the involvement of the population in awareness and information programs, may assist in the public's adhesion to reuse programs, be it indirect or direct (L. Lee e Ong 2015). This process should include several sectors of the population: decision makers, about long-term security and reliability; the general population, to address possible concerns; industries that may be potential consumers; and the media (E. T. Lee 2015).

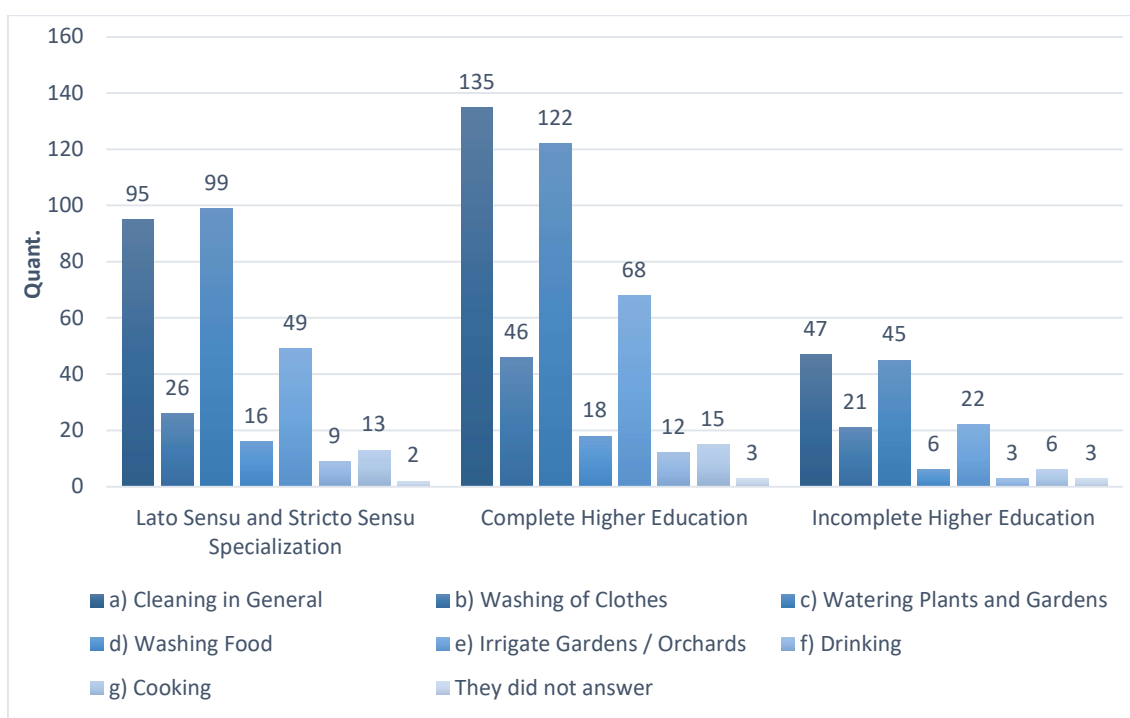


Figure 2. Relationship between educational levels and acceptability regarding the uses for water from reuse.

When assessing the association between the respondent's level of education and the reliability of consuming food irrigated with water for reuse, within normative standards, it was not confirmed by p-value values greater than 0.05 (Table 5).

Table 5. Correlation between the level of education and the reliability of consuming food irrigated with reused water within the normative standards.

Description	χ^2	Degree of Freedom	Significance (p-value)
Treated water for reuse within the normative standards, can bring problems for the health of the consumer, if used for irrigation of foods consumed raw (vegetables, fruits and vegetables).	4.554	4	0.336
Treated water reused within the normative standards, can bring problems to the health of the consumer, if used for irrigation of previously cooked foods (rice, beans and corn).	7.786	4	0.100

The sanitary reliability in consuming raw food irrigated with water from reuse, within the standards regulated by the legislation reached 67.0% (n = 239) of the respondents. In case it is used for irrigation of previously cooked foods (rice, beans and corn), 79% (283) reported that it would not present problems for the consumer's health (Table 6).

Acceptance in this case is directly related to the quality guaranteed by the standards imposed by the regulations. In relation to Brazilian regulation, it is still far from what is desired and necessary, in order to achieve the effective implementation of water reuse. And national and international regulations and guidelines for water reuse are still insufficient in relation to emerging compounds and with large discrepancies when compared to each other, generating uncertainties regarding public acceptance and delaying the process of implementing water reuse (Shoushtarian e Negahban-Azar 2020).

For the implementation of a successful and sustainable direct reuse project, it is essential that the following items are taken into account: regulatory aspects dealing with the protection of public health; inspection and continuous monitoring system; legislation, rules and regulations for services; technical aspects with feasibility studies; water quality and distribution and aspects related to public perception with the acceptance and support of society, being necessary to identify and address technical, operational and administrative barriers, to avoid failures in the treatment system (National Water Research Institut 2015).

Table 6. Reliability in consuming food irrigated with water for reuse.

Reliability in consuming food irrigated with water for reuse		N	Distribution (%)
Treated water reused within the normative standards, can bring problems for the health of the consumer, if used for irrigation of foods consumed raw (vegetables, fruits and vegetables).	Yes	107	30.0%
	No	239	67.0%
	No answer	10	3.0%
Treated water reused within the normative standards, can bring problems to the health of the consumer, if used for irrigation of previously cooked foods (rice, beans and corn).	Yes	71	20.0%
	No	283	79.0%
	No answer	2	1.0%
	Answer		

Regarding the belief that there are harmful effects when consuming raw foods, irrigated with reuse water (vegetables, fruits and vegetables). The level of training of the participants was not decisive as to the acceptability of the use of reuse waters. Among the post-graduate participants, 69.4% (n = 125) stated that irrigation would not cause harm to users. The group with complete higher education, but without post-graduation, had an acceptability percentage of 71.2% (n = 163) and the level of acceptability of respondents, with incomplete higher education, reached 65% (n = 59) (Figure 3a).

When these same individuals were asked about the possibility of harm occurring when consuming cooked food, irrigated with reuse water (rice, beans and corn) (Figure 3b), the responses followed the same pattern of acceptability. For the group with complete higher education and postgraduate degrees, 76.8% (n = 125) responded that they did not believe in harm, for those with complete higher education, without graduate education, the percentage achieved was 85% (n = 167) and for respondents with incomplete higher education, 72.6% (n = 62). These results demonstrate that the reuse for irrigation, regardless of whether the food intake will be raw or cooked, is well accepted, as it is considered an indirect reuse, being categorized as non-potable reuse, considered safe for use in irrigation processes (American Water Works Association 2016), whose quality standard has less severe restrictions, depending on treatment systems that meet the quality standards for non-potable reuse.

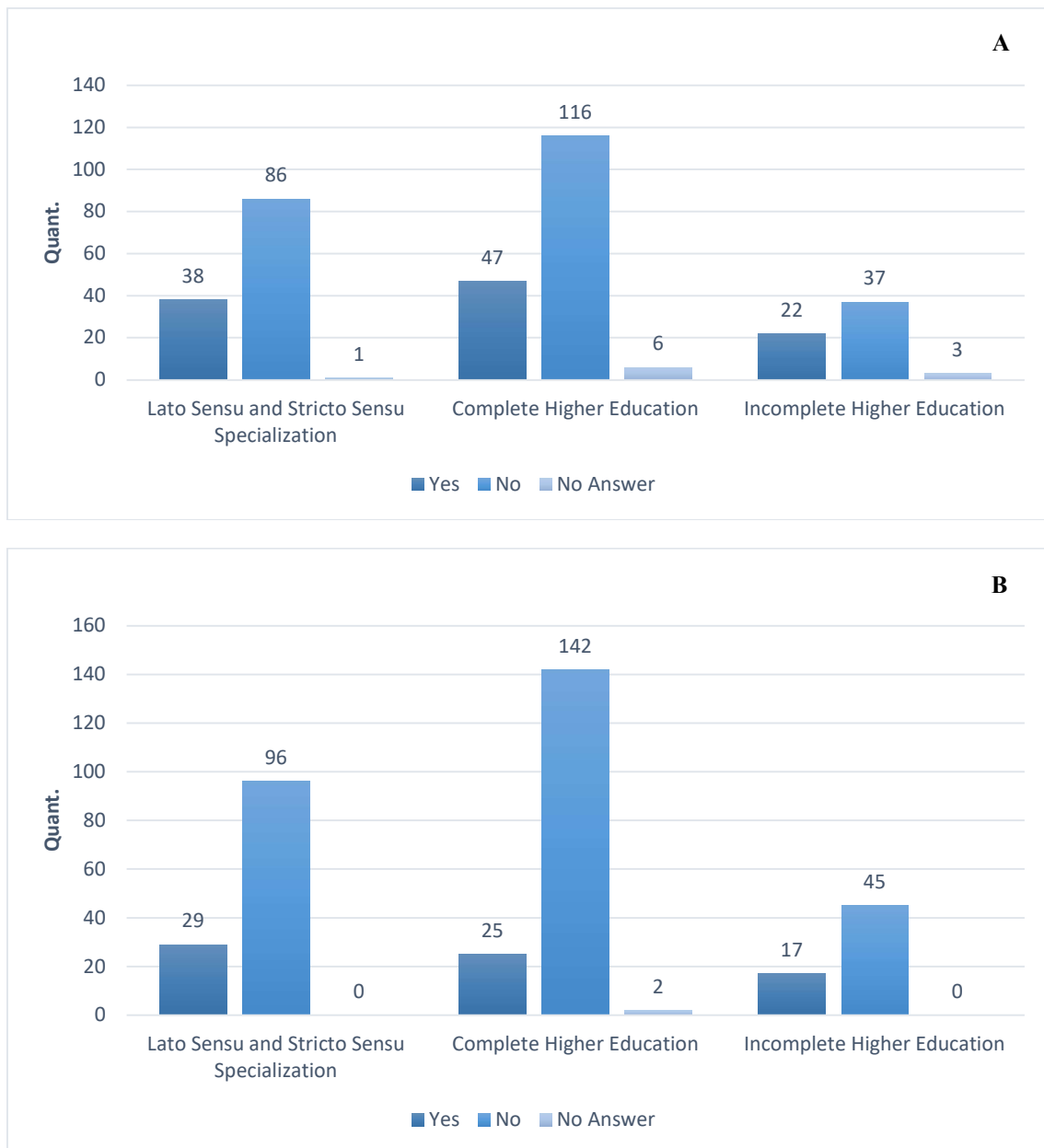


Figure 3. Level of sanitary reliability in consuming raw (a) and cooked (b) foods, irrigated with reused water, within the normative standards.

Regarding the possibility that cultural factors have become an obstacle in accepting the practice of reuse, 96.3% (n = 343) answered affirmatively, and 84.6% (n = 301) would consume reuse water from a new technology treatment (Figure 4), corroborating the possibility that the lack of trust in managers, in the sanitation companies,

the lack of knowledge about treatment systems, absence of regulations and information in general, are components that favor the practice of reuse.

The fact is that information has a positive influence on social perception, increasing support and the feeling of comfort and security in the use of reused water and decreasing negative impressions and those associated with risk (Fielding e Roiko 2014).

The theme that involves the reuse of water has been favored with studies associated with risk perception, behaviors, social and technical relationships. As reuse programs are implemented, they have a positive influence on studies of behavioral intentions regarding the practice of wastewater reuse (Smith et al. 2018). What has also driven the understanding about the need for regulatory change (Mukherjee e Jensen 2020).

Although the practice of reuse faces numerous barriers, including public perception and acceptability, technological, security and regulatory costs and challenges (Water World International 2017). The reuse of water has real benefits, especially for regions with water scarcity (National Research Council 2012). Promoting confidence in the potential of wastewater treatment systems to minimize existing concerns, as well as stimulating community confidence in regulators and local authorities is essential, in order to also strengthen reliability in water treatment systems (Ishii et al. 2015).

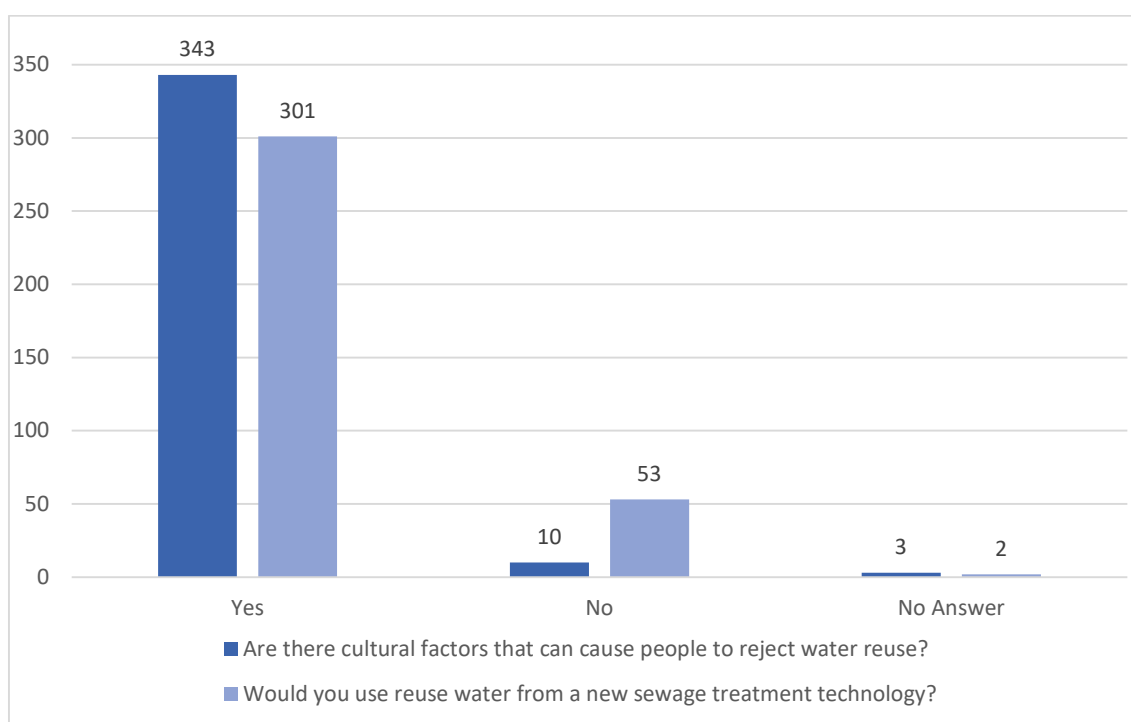


Figure 4. Influence of cultural factors and levels of acceptance regarding the reuse of water, derived from a new sewage treatment technology.

Conclusion

The educational level showed a positive association with knowledge about sanitation issues, but this correlation was not found between the level of education and the acceptability of reusing treated wastewater for different uses. However, they are likely to consider the reuse of these waters, when new technologies are used for the treatment of effluents. In order to provide information about the treatment processes, it must increase the users' trust and the acceptability of reuse.

The practice of reuse was considered an important initiative, mainly for the conservation of water resources. Respondents were receptive to reuse for indirect uses, but there was high rejection, related to direct reuse, both for participants with higher levels of education, as specialists, masters or doctors, graduates, and for those with incomplete higher education.

Cultural factors were considered an obstacle to the acceptance of the practice of reuse, regardless of educational level, and may be related, among other factors, to the feeling of abundance of water, repulsion and the perception of risks arising from the use of reuse a from treated effluents, affecting the decision of individuals to participate in reuse programs, especially drinking reuse.

Information related to advanced treatment technologies, the quality of reuse water to be used, strengthening regulations and promoting effective community participation in the projects to be implemented should be offered. Providing information on successful experiences will increase the acceptance of the direct and indirect reuse of water from treated effluents.

Acknowledgment

The authors are grateful to financial support by CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior- Brazil) – Process PROAP/ 2017-2020.

References

- Aitken, Victoria, Sarah Bell, Sian Hills, e Lucy Rees. 2014. “Public Acceptability of Indirect Potable Water Reuse in the South-East of England”. *Water Supply* 14 (5): 875–85. doi:10.2166/ws.2014.051.
- Alexandria, V. 2015. “Water reuse Research Foundation”. *Model Communication Plans for Increasing Awareness and Fostering Acceptance of Direct Potable Reuse*.
- American Water Works Association. 2016. “Potable Reuse 101”. Accessed June 30, 2020. <https://www.awwa.org/Portals/0/AWWA/ETS/Resources/PotableReuse101.pdf?ver=2018-12-12-182505-710>.
- Bichai, Françoise, Arani Kajenthira Grindle, e Sharmila L. Murthy. 2018. “Addressing Barriers in the Water-Recycling Innovation System to Reach Water Security in Arid Countries”. *Journal of Cleaner Production* 171 (janeiro): S97–109. doi:10.1016/j.jclepro.2016.07.062.
- Browning-Aiken, Anne, Kerri Jean Ormerod, e Christopher A. Scott. 2011. “Testing the Climate for Non-Potable Water Reuse: Opportunities and Challenges in Water-Scarce Urban Growth Corridors”. *Journal of Environmental Policy & Planning* 13 (3): 253–75. doi:10.1080/1523908X.2011.594597.
- Buyukkamaci, Nurdan, e H. Sena Alkan. 2013. “Public Acceptance Potential for Reuse Applications in Turkey”. *Resources, Conservation and Recycling* 80 (novembro): 32–35. doi:10.1016/j.resconrec.2013.08.001.
- Chemical Engineering Department, College of Engineering, University of Ha’il, PO Box 2440, Ha’il 81441, Saudi Arabia, Djamel Ghernaout, Chemical Engineering Department, Faculty of Engineering, University of Blida, PO Box 270, Blida 09000, Algeria, Yasser Alshammari, Abdulaziz Alghamdi, e Mechanical Engineering Department, College of Engineering, University of Ha’il, PO Box 2440, Ha’il 81441, Saudi Arabia. 2018. “Improving Energetically Operational Procedures in Wastewater Treatment Plants”. *International Journal of ADVANCED AND APPLIED SCIENCES* 5 (9): 64–72. doi:10.21833/ijaas.2018.09.010.
- Chhipi-Shrestha, Gyan, Manuel Rodriguez, e Rehan Sadiq. 2019. “Selection of Sustainable Municipal Water Reuse Applications by Multi-Stakeholders Using Game Theory”. *Science of The Total Environment* 650 (fevereiro): 2512–26. doi:10.1016/j.scitotenv.2018.09.359.
- Dolnicar, Sara, Anna Hurlimann, e Bettina Grün. 2011. “What Affects Public Acceptance of Recycled and Desalinated Water?” *Water Research* 45 (2): 933–43. doi:10.1016/j.watres.2010.09.030.
- Dolnicar, Sara, e Andrea I. Schäfer. 2009. “Desalinated versus Recycled Water: Public Perceptions and Profiles of the Accepters”. *Journal of Environmental Management* 90 (2): 888–900. doi:10.1016/j.jenvman.2008.02.003.
- Dubey, Rameshwar, Angappa Gunasekaran, Thanos Papadopoulos, Stephen J. Childe, K.T. Shibin, e Samuel Fosso Wamba. 2017. “Sustainable Supply Chain Management: Framework and Further Research Directions”. *Journal of Cleaner Production* 142 (janeiro): 1119–30. doi:10.1016/j.jclepro.2016.03.117.
- European Commission. 2016. “Common Implementation Strategy for The Water Framework Directive and the Floods Directive”.
- Fielding, Kelly S., Sara Dolnicar, e Tracy Schultz. 2018. “Public Acceptance of Recycled Water”. *International Journal of Water Resources Development* 35 (4): 551–86. doi:10.1080/07900627.2017.1419125.

- Fielding, Kelly S., e Anne H. Roiko. 2014. "Providing Information Promotes Greater Public Support for Potable Recycled Water". *Water Research* 61 (setembro): 86–96. doi:10.1016/j.watres.2014.05.002.
- Furlong, Casey, Jega Jegatheesan, Matthew Currell, Usha Iyer-Raniga, Tehmina Khan, e Andrew S. Ball. 2019. "Is the Global Public Willing to Drink Recycled Water? A Review for Researchers and Practitioners". *Utilities Policy* 56 (fevereiro): 53–61. doi:10.1016/j.jup.2018.11.003.
- Garcia-Cuerva, Laura, Emily Z. Berglund, e Andrew R. Binder. 2016. "Public Perceptions of Water Shortages, Conservation Behaviors, and Support for Water Reuse in the U.S." *Resources, Conservation and Recycling* 113 (outubro): 106–15. doi:10.1016/j.resconrec.2016.06.006.
- Gu, Qianxin, Yang Chen, Robert Pody, Rong Cheng, Xiang Zheng, e Zhenxing Zhang. 2015. "Public Perception and Acceptability toward Reclaimed Water in Tianjin". *Resources, Conservation and Recycling* 104 (novembro): 291–99. doi:10.1016/j.resconrec.2015.07.013.
- Hardy, D, F Cubillo, M Han, e H Li. 2015. "International Water Association". *Alternative Water Resources: A Review of Concepts, Solutions and Experiences*.
- Hartley, Troy W. 2006. "Public Perception and Participation in Water Reuse". *Desalination* 187 (1–3): 115–26. doi:10.1016/j.desal.2005.04.072.
- Hurlimann, A, e S Dolnicar. 2016. "International Journal of Water Resources Development". *Public acceptance and perceptions of alternative water sources: a comparative study in nine locations. International Journal of Water Resources Development*, 650–73.
- Hurlimann, A, e J.M McKay. 2003. "Community attitudes to an innovative dual water supply system at Mawson Lakes, South Australia". *Paper presented at OzWater, Perth WA Australia*.
- Hurlimann, Anna e Cooperative Research Centre for Water Quality and Treatment (Australia). 2008. *Community Attitudes to Recycled Water Use: An Urban Australian Case Study. Part 2 Part 2*. Salisbury, S. Aust.: CRC for Water Quality and Treatment.
- Brazilian Institute of Geography and Statistics. 2019. "Brazilian Institute of Geography and Statistics". Accessed May 30, 2019. <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5919>.
- Brazilian Institute of Geography and Statistics. 2020. Accessed February 23, 2021. <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/to/palmas/panorama>.
- Brazilian Institute of Educational Studies and Research Anísio Teixeira. 2019. Accessed February 23, 2021. http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=97041-apresentac-a-o-censo-superior-ultimo&Itemid=30192.
- Ishii, Stephanie K.L., Treavor H. Boyer, David A. Cornwell, e Steve H. Via. 2015. "Public Perceptions of Direct Potable Reuse in Four US Cities". *Journal - American Water Works Association* 107 (11): E559–70. doi:10.5942/jawwa.2015.107.0132.
- Kabra, Gaurav, e Anbanandam Ramesh. 2016. "Information Technology, Mutual Trust, Flexibility, Agility, Adaptability: Understanding Their Linkages and Impact on Humanitarian Supply Chain Management Performance: Humanitarian Supply Chain Management". *Risk, Hazards & Crisis in Public Policy* 7 (2): 79–103. doi:10.1002/rhc3.12096.
- Kadeli, Lek. [s.d.]. "2012 Guidelines for Water Reuse", 643.
- Khan, S.J., e L.E. Gerrard. 2006. "Stakeholder Communications for Successful Water Reuse Operations". *Desalination* 187 (1–3): 191–202. doi:10.1016/j.desal.2005.04.079.
- Lahnsteiner, J., P. van Rensburg, e J. Esterhuizen. 2017. "Direct Potable Reuse – a Feasible Water Management Option". *Journal of Water Reuse and Desalination* 8 (1): 14–28. doi:10.2166/wrd.2017.172.
- Lazarova, Valentina, Takashi Asano, Akiça Bahri, e John Anderson, orgs. 2013. *Milestones in Water Reuse: The Best Success Stories*. London: IWA Publ.
- Lee, Ek Tieng. 2015. "The Search for NEWater: The Singapore Water Story". In *50 Years of Environment*, 63–72. World Scientific Series on Singapore's 50 Years of Nation-Building. WORLD SCIENTIFIC. doi:10.1142/9789814696234_0004.

- Lee, Lai, e Choon Ong. 2015. "Frontier Research in Environment and Water: Integrated Research Approach for Sustainable Solutions". In, 85–125. doi:10.1142/9789814696234_0006.
- Michell, e Wang. 2016. "National Water Research Institut". *The role of water in the circular economy*.
- Michetti, Melania, Meri Raggi, Elisa Guerra, e Davide Viaggi. 2019. "Interpreting Farmers' Perceptions of Risks and Benefits Concerning Wastewater Reuse for Irrigation: A Case Study in Emilia-Romagna (Italy)". *Water* 11 (1): 108. doi:10.3390/w11010108.
- Mu'azu, Nuhu Dalhat, Ismaila Rimi Abubakar, e Nawaf I. Blaisi. 2020. "Public Acceptability of Treated Wastewater Reuse in Saudi Arabia: Implications for Water Management Policy". *Science of The Total Environment* 721 (junho): 137659. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.137659.
- Mukherjee, Maitreyee, e Olivia Jensen. 2020. "Making Water Reuse Safe: A Comparative Analysis of the Development of Regulation and Technology Uptake in the US and Australia". *Safety Science* 121 (janeiro): 5–14. doi:10.1016/j.ssci.2019.08.039.
- National Research Council. 2012. "Water reuse: potential for expanding the nation's water supply through reuse of municipal wastewater". The National Academies Press, Washington, DC. <https://doi.org/10.17226/13303>.
- National Water Research Institut. 2015. Framework for Direct Potable Reuse. Sponsored by the American Water Works Association (AWWA), Water Environment Foundation (WEF), and WateReuse Research Foundation (WRRF). Alexandria, Virginia, p.198. Accessed January 30, 2021. <https://watereuse.org/wp-content/uploads/2015/09/14-20.pdf>.
- Ormerod, Kerri Jean, e Christopher A. Scott. 2013. "Drinking Wastewater: Public Trust in Potable Reuse". *Science, Technology, & Human Values* 38 (3): 351–73. doi:10.1177/0162243912444736.
- Po, Murni, National Program for Sustainable Irrigation (Australia), e Water for a Healthy Country Flagship. 2005. *Predicting Community Behaviour in Relation to Wastewater Reuse: What Drives Decisions to Accept or Reject?* Place of publication not identified: CSIRO Land and Water.
- Polit, D.F, C.T Beck, e B.P Hungler. 2004. Fundamentos de pesquisa em enfermagem: métodos, avaliação e utilização. 5º ed. Porto Alegre: Artmed.
- Radeliffe, J. C. 2010. "Evolution of Water Recycling in Australian Cities since 2003". *Water Science and Technology* 62 (4): 792–802. doi:10.2166/wst.2010.362.
- Ricart, Sandra, Antonio Rico, e Anna Ribas. 2019. "Risk-Yuck Factor Nexus in Reclaimed Wastewater for Irrigation: Comparing Farmers' Attitudes and Public Perception". *Water* 11 (2): 187. doi:10.3390/w11020187.
- Rice, Jacelyn, Amber Wutich, Dave D. White, e Paul Westerhoff. 2016. "Comparing Actual de Facto Wastewater Reuse and Its Public Acceptability: A Three City Case Study". *Sustainable Cities and Society* 27 (novembro): 467–74. doi:10.1016/j.scs.2016.06.007.
- Rock, Channah, Frederic I. Solop, e Daniel Gerrity. 2012. "Survey of Statewide Public Perceptions Regarding Water Reuse in Arizona". *Journal of Water Supply: Research and Technology-Aqua* 61 (8): 506–17. doi:10.2166/aqua.2012.070.
- Ross, Vicki, Kelly S. Fielding, e Winnifred R. Louis. 2014. "Public Acceptance of Recycled Water: The Impact of Trust". *Water: Journal of the Australian Water Association*, fevereiro. <https://search.informit.org/doi/abs/10.3316/INFORMIT.604159590491608>.
- Shoushtarian, Farshid, e Masoud Negahban-Azar. 2020. "Worldwide Regulations and Guidelines for Agricultural Water Reuse: A Critical Review". *Water* 12 (4): 971. doi:10.3390/w12040971.
- Smith, H.M., S. Brouwer, P. Jeffrey, e J. Frijns. 2018. "Public Responses to Water Reuse – Understanding the Evidence". *Journal of Environmental Management* 207 (fevereiro): 43–50. doi:10.1016/j.jenvman.2017.11.021.
- Tortajada, Cecilia, e Sunil Nambiar. 2019. "Communications on Technological Innovations: Potable Water Reuse". *Water* 11 (2): 251. doi:10.3390/w11020251.
- United Nations World Water Assessment Programme. 2017. *The United Nations World Water Development Report 2017. Wastewater: The Untapped Resource*.

- Van der Bruggen, B. 2010. "Chapter 3 The Global Water Recycling Situation". In *Sustainability Science and Engineering*, 2:41–62. Elsevier. doi:10.1016/S1871-2711(09)00203-7.
- Water World International. 2017. "Overcoming the global barriers to water reuse". Accessed January 30, 2021. <https://www.waterworld.com/international/article/16201890/overcoming-the-global-barriers-to-water-reuse>.
- Wilcox, Jonathan, Fuzhan Nasiri, Sarah Bell, e Md. Saifur Rahaman. 2016. "Urban Water Reuse: A Triple Bottom Line Assessment Framework and Review". *Sustainable Cities and Society* 27 (novembro): 448–56. doi:10.1016/j.scs.2016.06.021.
- World Economic Forum. 2015. *Global risks*. Accessed January 25, 2021. <https://reports.weforum.org/global-risks-2015>.
- World Health Organization. 2017. "Potable Reuse: Guidance for Producing Safe Drinking-Water". *World Health Organization*, 152.

ANEXO III – CARACTERIZAÇÃO DOS CATALISADORES - TAMANHO DAS PARTÍCULAS.

Software 'ImageJ 1.44i = Catalisador Pt/ENSACO 250				
Número de Amostras	Diâmetro mínimo (nm)	Diâmetro máximo máximo (nm)	Diâmetro médio (nm)	Desvio Padrão
250	1,3	24,8	4,7	2,5

D (nm)	D ³	D ²	(X-DMF)	(X-DMF)exp2	D (nm)	D ³	D ²	(X-DMF)	(X-DMF)exp2
4,692	103,29	22,01	-4,74	22,49	2,850	23,15	8,12	-6,58	43,35
5,434	160,46	29,53	-4,00	16,00	4,596	97,08	21,12	-4,84	23,41
15,389	3644,44	236,82	5,95	35,46	4,679	102,44	21,89	-4,76	22,61
4,713	104,69	22,21	-4,72	22,29	2,667	18,97	7,11	-6,77	45,79
3,273	35,06	10,71	-6,16	37,96	4,055	66,68	16,44	-5,38	28,93
3,606	46,89	13,00	-5,83	33,97	4,346	82,09	18,89	-5,09	25,89
4,069	67,37	16,56	-5,37	28,78	4,028	65,35	16,22	-5,41	29,23
5,897	205,07	34,77	-3,54	12,51	3,727	51,77	13,89	-5,71	32,57
4,472	89,43	20,00	-4,96	24,62	4,177	72,88	17,45	-5,26	27,64
5,935	209,06	35,22	-3,50	12,24	3,771	53,63	14,22	-5,66	32,07
3,606	46,89	13,00	-5,83	33,97	3,606	46,89	13,00	-5,83	33,97
3,145	31,11	9,89	-6,29	39,55	4,346	82,09	18,89	-5,09	25,89
1,667	4,63	2,78	-7,77	60,33	3,771	53,63	14,22	-5,66	32,07
3,889	58,82	15,12	-5,55	30,75	5,270	146,36	27,77	-4,16	17,34
5,900	205,38	34,81	-3,53	12,49	11,377	1472,59	129,44	1,94	3,78
3,536	44,21	12,50	-5,90	34,79	4,534	93,21	20,56	-4,90	24,01
6,731	304,96	45,31	-2,70	7,31	3,333	37,03	11,11	-6,10	37,22
3,202	32,83	10,25	-6,23	38,84	3,590	46,27	12,89	-5,84	34,15
7,957	503,79	63,31	-1,48	2,18	4,962	122,17	24,62	-4,47	20,00

D (nm)	D ³	D ²	(X-DMF)	(X-DMF)exp2	D (nm)	D ³	D ²	(X-DMF)	(X-DMF)exp2
3,182	32,22	10,13	-6,25	39,09	3,363	38,03	11,31	-6,07	36,86
5,130	135,01	26,32	-4,30	18,52	6,052	221,66	36,63	-3,38	11,44
5,031	127,34	25,31	-4,40	19,39	4,257	77,15	18,12	-5,18	26,80
5,130	135,01	26,32	-4,30	18,52	3,400	39,30	11,56	-6,03	36,41
3,363	38,03	11,31	-6,07	36,86	3,182	32,22	10,13	-6,25	39,09
3,750	52,73	14,06	-5,68	32,31	8,551	625,25	73,12	-0,88	0,78
3,202	32,83	10,25	-6,23	38,84	3,260	34,65	10,63	-6,17	38,12
3,579	45,84	12,81	-5,86	34,28	3,717	51,35	13,82	-5,72	32,68
4,802	110,73	23,06	-4,63	21,46	3,750	52,73	14,06	-5,68	32,31
4,070	67,42	16,56	-5,36	28,77	3,536	44,21	12,50	-5,90	34,79
4,070	67,42	16,56	-5,36	28,77	4,140	70,96	17,14	-5,29	28,03
8,878	699,75	78,82	-0,56	0,31	3,100	29,79	9,61	-6,33	40,12
3,606	46,89	13,00	-5,83	33,97	3,300	35,94	10,89	-6,13	37,63
3,717	51,35	13,82	-5,72	32,68	3,073	29,02	9,44	-6,36	40,46
3,905	59,55	15,25	-5,53	30,57	3,219	33,36	10,36	-6,22	38,63
5,000	125,00	25,00	-4,43	19,66	5,270	146,36	27,77	-4,16	17,34
4,257	77,15	18,12	-5,18	26,80	4,269	77,80	18,22	-5,17	26,68
3,905	59,55	15,25	-5,53	30,57	3,902	59,41	15,23	-5,53	30,60
3,132	30,72	9,81	-6,30	39,72	3,801	54,92	14,45	-5,63	31,73
3,482	42,22	12,12	-5,95	35,43	2,848	23,10	8,11	-6,59	43,38
2,121	9,54	4,50	-7,31	53,48	5,333	151,68	28,44	-4,10	16,82
1,346	2,44	1,81	-8,09	65,42	3,399	39,27	11,55	-6,04	36,42
4,161	72,04	17,31	-5,27	27,81	3,606	46,89	13,00	-5,83	33,97
4,070	67,42	16,56	-5,36	28,77	4,055	66,68	16,44	-5,38	28,93
5,350	153,13	28,62	-4,08	16,68	4,714	104,75	22,22	-4,72	22,28
3,400	39,30	11,56	-6,03	36,41	5,175	138,59	26,78	-4,26	18,14
3,335	37,09	11,12	-6,10	37,20	5,077	130,86	25,78	-4,36	18,98
3,400	39,30	11,56	-6,03	36,41	4,534	93,21	20,56	-4,90	24,01
4,257	77,15	18,12	-5,18	26,80	2,981	26,49	8,89	-6,45	41,64
4,250	76,77	18,06	-5,18	26,87	2,848	23,10	8,11	-6,59	43,38

D (nm)	D ³	D ²	(X-DMF)	(X-DMF)exp2	D (nm)	D ³	D ²	(X-DMF)	(X-DMF)exp2
5,270	146,36	27,77	-4,16	17,34	4,243	76,39	18,00	-5,19	26,95
3,606	46,89	13,00	-5,83	33,97	19,351	7246,20	374,46	9,92	98,35
4,534	93,21	20,56	-4,90	24,01	16,138	4202,90	260,44	6,70	44,94
4,177	72,88	17,45	-5,26	27,64	4,534	93,21	20,56	-4,90	24,01
4,714	104,75	22,22	-4,72	22,28	5,935	209,06	35,22	-3,50	12,24
4,534	93,21	20,56	-4,90	24,01	5,548	170,77	30,78	-3,89	15,10
5,426	159,75	29,44	-4,01	16,06	5,676	182,86	32,22	-3,76	14,12
4,243	76,39	18,00	-5,19	26,95	5,270	146,36	27,77	-4,16	17,34
2,981	26,49	8,89	-6,45	41,64	3,543	44,47	12,55	-5,89	34,70
3,145	31,11	9,89	-6,29	39,55	5,735	188,63	32,89	-3,70	13,68
7,032	347,73	49,45	-2,40	5,77	6,708	301,84	45,00	-2,73	7,43
4,485	90,22	20,12	-4,95	24,49	2,828	22,62	8,00	-6,61	43,64
3,162	31,61	10,00	-6,27	39,34	3,902	59,41	15,23	-5,53	30,60
4,216	74,94	17,77	-5,22	27,23	3,902	59,41	15,23	-5,53	30,60
7,696	455,82	59,23	-1,74	3,02	4,679	102,44	21,89	-4,76	22,61
5,497	166,10	30,22	-3,94	15,50	3,432	40,42	11,78	-6,00	36,02
3,145	31,11	9,89	-6,29	39,55	4,177	72,88	17,45	-5,26	27,64
4,216	74,94	17,77	-5,22	27,23	4,485	90,22	20,12	-4,95	24,49
4,472	89,43	20,00	-4,96	24,62	3,300	35,94	10,89	-6,13	37,63
24,777	15210,59	613,90	15,34	235,41	5,217	141,99	27,22	-4,22	17,78
3,902	59,41	15,23	-5,53	30,60	3,073	29,02	9,44	-6,36	40,46
3,801	54,92	14,45	-5,63	31,73	4,014	64,67	16,11	-5,42	29,38
4,177	72,88	17,45	-5,26	27,64	4,243	76,39	18,00	-5,19	26,95
4,177	72,88	17,45	-5,26	27,64	3,606	46,89	13,00	-5,83	33,97
3,300	35,94	10,89	-6,13	37,63	3,606	46,89	13,00	-5,83	33,97
3,801	54,92	14,45	-5,63	31,73	4,177	72,88	17,45	-5,26	27,64
5,270	146,36	27,77	-4,16	17,34	4,738	106,36	22,45	-4,70	22,05
6,021	218,28	36,25	-3,41	11,65	2,108	9,37	4,44	-7,33	53,67
5,000	125,00	25,00	-4,43	19,66	3,363	38,03	11,31	-6,07	36,86
4,031	65,50	16,25	-5,40	29,19	3,579	45,84	12,81	-5,86	34,28

D (nm)	D ³	D ²	(X-DMF)	(X-DMF)exp2	D (nm)	D ³	D ²	(X-DMF)	(X-DMF)exp2
3,606	46,89	13,00	-5,83	33,97	5,315	150,14	28,25	-4,12	16,97
3,250	34,33	10,56	-6,18	38,24	6,265	245,90	39,25	-3,17	10,04
4,301	79,56	18,50	-5,13	26,35	4,950	121,29	24,50	-4,48	20,11
3,354	37,73	11,25	-6,08	36,97	4,610	97,97	21,25	-4,82	23,27
3,750	52,73	14,06	-5,68	32,31	4,243	76,39	18,00	-5,19	26,95
14,866	3285,36	221,00	5,43	29,51	4,528	92,84	20,50	-4,91	24,07
3,300	35,94	10,89	-6,13	37,63	4,472	89,43	20,00	-4,96	24,62
4,269	77,80	18,22	-5,17	26,68	5,000	125,00	25,00	-4,43	19,66
4,069	67,37	16,56	-5,37	28,78	4,955	121,66	24,55	-4,48	20,06
3,480	42,14	12,11	-5,95	35,45	4,643	100,09	21,56	-4,79	22,95
2,603	17,64	6,78	-6,83	46,66	4,384	84,26	19,22	-5,05	25,50
2,749	20,77	7,56	-6,69	44,69	4,922	119,24	24,23	-4,51	20,36
3,145	31,11	9,89	-6,29	39,55	4,014	64,67	16,11	-5,42	29,38
3,771	53,63	14,22	-5,66	32,07	5,088	131,72	25,89	-4,35	18,89
3,073	29,02	9,44	-6,36	40,46	5,175	138,59	26,78	-4,26	18,14
4,069	67,37	16,56	-5,37	28,78	3,887	58,73	15,11	-5,55	30,77
4,346	82,09	18,89	-5,09	25,89	4,069	67,37	16,56	-5,37	28,78
5,217	141,99	27,22	-4,22	17,78	4,955	121,66	24,55	-4,48	20,06
5,831	198,26	34,00	-3,60	12,98	4,014	64,67	16,11	-5,42	29,38
5,935	209,06	35,22	-3,50	12,24	8,062	524,00	65,00	-1,37	1,88
8,969	721,49	80,44	-0,47	0,22	5,701	185,29	32,50	-3,73	13,94
6,616	289,59	43,77	-2,82	7,94	5,148	136,43	26,50	-4,29	18,37
7,782	471,27	60,56	-1,65	2,73	3,808	55,22	14,50	-5,63	31,65
5,270	146,36	27,77	-4,16	17,34	5,000	125,00	25,00	-4,43	19,66
4,714	104,75	22,22	-4,72	22,28	4,500	91,13	20,25	-4,93	24,34
3,887	58,73	15,11	-5,55	30,77	5,408	158,16	29,25	-4,03	16,21
4,447	87,94	19,78	-4,99	24,87	2,915	24,77	8,50	-6,52	42,50
4,643	100,09	21,56	-4,79	22,95	3,536	44,21	12,50	-5,90	34,79
3,808	55,22	14,50	-5,63	31,65	3,162	31,61	10,00	-6,27	39,34
5,408	158,16	29,25	-4,03	16,21	3,640	48,23	13,25	-5,79	33,57

D (nm)	D ³	D ²	(X-DMF)	(X-DMF) _{exp2}
3,354	37,73	11,25	-6,08	36,97
4,472	89,43	20,00	-4,96	24,62
2,693	19,53	7,25	-6,74	45,44
4,272	77,96	18,25	-5,16	26,65
3,606	46,89	13,00	-5,83	33,97
3,606	46,89	13,00	-5,83	33,97
2,693	19,53	7,25	-6,74	45,44
4,924	119,39	24,25	-4,51	20,34
4,472	89,43	20,00	-4,96	24,62
8,732	665,80	76,25	-0,70	0,49
5,852	200,41	34,25	-3,58	12,83
19,474	7385,26	379,24	10,04	100,80
3,354	37,73	11,25	-6,08	36,97
4,610	97,97	21,25	-4,82	23,27
5,385	156,16	29,00	-4,05	16,39
5,025	126,88	25,25	-4,41	19,44
4,000	64,00	16,00	-5,43	29,53
6,364	257,75	40,50	-3,07	9,43
5,852	200,41	34,25	-3,58	12,83
4,610	97,97	21,25	-4,82	23,27
6,021	218,28	36,25	-3,41	11,65
3,891	58,91	15,14	-5,54	30,73
4,717	104,95	22,25	-4,72	22,25
4,902	117,79	24,03	-4,53	20,54
4,592	96,83	21,09	-4,84	23,45
4,363	83,05	19,04	-5,07	25,72
4,363	83,05	19,04	-5,07	25,72
4,840	113,38	23,43	-4,59	21,11
3,156	31,43	9,96	-6,28	39,41
3,827	56,05	14,65	-5,61	31,44
2,450	14,71	6,00	-6,98	48,78
2,679	19,23	7,18	-6,76	45,63

Software 'ImageJ 1.44i = Catalisador Pt/KJB				
Número de Amostras	Diâmetro mínimo (nm)	Diâmetro máximo (nm)	Diâmetro médio (nm)	Desvio Padrão
229	1,2	8,2	2,3	0,9

D (nm)	D ³	D ²	(X-DMF)	(X-DMF) ^{exp2}	D (nm)	D ³	D ²	(X-DMF)	(X-DMF) ^{exp2}
1,724	5,12	2,97	-1,46	2,13	2,469	15,05	6,10	-0,72	0,51
1,782	5,66	3,18	-1,40	1,97	5,533	169,39	30,61	2,35	5,51
3,281	35,32	10,76	0,10	0,01	2,205	10,72	4,86	-0,98	0,96
2,201	10,66	4,84	-0,98	0,97	1,989	7,87	3,96	-1,20	1,43
1,757	5,42	3,09	-1,43	2,04	1,979	7,75	3,92	-1,21	1,45
2,122	9,56	4,50	-1,06	1,13	2,837	22,83	8,05	-0,35	0,12
2,332	12,68	5,44	-0,85	0,73	2,617	17,92	6,85	-0,57	0,32
2,636	18,32	6,95	-0,55	0,30	2,636	18,32	6,95	-0,55	0,30
3,668	49,35	13,45	0,48	0,23	2,437	14,47	5,94	-0,75	0,56
2,455	14,80	6,03	-0,73	0,53	1,901	6,87	3,61	-1,28	1,65
2,433	14,40	5,92	-0,75	0,56	2,163	10,12	4,68	-1,02	1,04
1,965	7,59	3,86	-1,22	1,49	2,986	26,62	8,92	-0,20	0,04
1,795	5,78	3,22	-1,39	1,93	2,012	8,14	4,05	-1,17	1,38
3,112	30,14	9,68	-0,07	0,01	1,617	4,23	2,61	-1,57	2,46
2,328	12,62	5,42	-0,86	0,73	2,342	12,85	5,48	-0,84	0,71
4,307	79,90	18,55	1,12	1,26	1,965	7,59	3,86	-1,22	1,49
3,967	62,43	15,74	0,78	0,61	1,882	6,67	3,54	-1,30	1,70
2,371	13,33	5,62	-0,81	0,66	1,956	7,48	3,83	-1,23	1,51
2,997	26,92	8,98	-0,19	0,04	1,647	4,47	2,71	-1,54	2,36

D (nm)	D ³	D ²	(X-DMF)	(X-DMF) _{exp2}	D (nm)	D ³	D ²	(X-DMF)	(X-DMF) _{exp2}
1,467	3,16	2,15	-1,72	2,95	2,559	16,76	6,55	-0,63	0,39
2,072	8,90	4,29	-1,11	1,24	2,267	11,65	5,14	-0,92	0,84
1,943	7,34	3,78	-1,24	1,54	1,864	6,48	3,47	-1,32	1,74
1,661	4,58	2,76	-1,52	2,32	2,693	19,53	7,25	-0,49	0,24
1,809	5,92	3,27	-1,38	1,89	2,467	15,01	6,09	-0,72	0,52
1,956	7,48	3,83	-1,23	1,51	1,826	6,09	3,33	-1,36	1,85
1,912	6,99	3,66	-1,27	1,62	2,5	15,63	6,25	-0,68	0,47
1,938	7,28	3,76	-1,25	1,55	5,078	130,94	25,79	1,89	3,58
2,146	9,88	4,61	-1,04	1,08	2,683	19,31	7,20	-0,50	0,25
1,771	5,55	3,14	-1,41	2,00	2,383	13,53	5,68	-0,80	0,64
1,767	5,52	3,12	-1,42	2,01	2,545	16,48	6,48	-0,64	0,41
2,486	15,36	6,18	-0,70	0,49	2,131	9,68	4,54	-1,05	1,11
3,853	57,20	14,85	0,67	0,45	5,946	210,22	35,35	2,76	7,63
2,672	19,08	7,14	-0,51	0,26	1,921	7,09	3,69	-1,26	1,60
2,082	9,02	4,33	-1,10	1,22	3,758	53,07	14,12	0,57	0,33
2,805	22,07	7,87	-0,38	0,14	2,724	20,21	7,42	-0,46	0,21
1,68	4,74	2,82	-1,50	2,26	1,928	7,17	3,72	-1,26	1,58
1,43	2,92	2,04	-1,75	3,08	1,962	7,55	3,85	-1,22	1,49
2,004	8,05	4,02	-1,18	1,39	3,038	28,04	9,23	-0,15	0,02
2,11	9,39	4,45	-1,07	1,15	2,815	22,31	7,92	-0,37	0,14
1,884	6,69	3,55	-1,30	1,69	1,685	4,78	2,84	-1,50	2,25
1,349	2,45	1,82	-1,84	3,37	1,844	6,27	3,40	-1,34	1,80
2,726	20,26	7,43	-0,46	0,21	1,928	7,17	3,72	-1,26	1,58
1,617	4,23	2,61	-1,57	2,46	2,043	8,53	4,17	-1,14	1,30
2,618	17,94	6,85	-0,57	0,32	1,828	6,11	3,34	-1,36	1,84
2,115	9,46	4,47	-1,07	1,14	2,675	19,14	7,16	-0,51	0,26
2,372	13,35	5,63	-0,81	0,66	2,088	9,10	4,36	-1,10	1,20
1,426	2,90	2,03	-1,76	3,09	1,389	2,68	1,93	-1,80	3,22
1,998	7,98	3,99	-1,19	1,41	2,84	22,91	8,07	-0,34	0,12
2,656	18,74	7,05	-0,53	0,28	2,37	13,31	5,62	-0,81	0,66

D (nm)	D ³	D ²	(X-DMF)	(X-DMF)exp2	D (nm)	D ³	D ²	(X-DMF)	(X-DMF)exp2
2,017	8,21	4,07	-1,17	1,36	2,509	15,79	6,30	-0,68	0,46
2,487	15,38	6,19	-0,70	0,49	1,7	4,91	2,89	-1,48	2,20
2,803	22,02	7,86	-0,38	0,15	2,122	9,56	4,50	-1,06	1,13
1,884	6,69	3,55	-1,30	1,69	1,962	7,55	3,85	-1,22	1,49
2,352	13,01	5,53	-0,83	0,69	2,426	14,28	5,89	-0,76	0,58
2,654	18,69	7,04	-0,53	0,28	1,882	6,67	3,54	-1,30	1,70
2,261	11,56	5,11	-0,92	0,85	2,728	20,30	7,44	-0,46	0,21
2,028	8,34	4,11	-1,16	1,34	2,57	16,97	6,60	-0,61	0,38
1,583	3,97	2,51	-1,60	2,57	2,94	25,41	8,64	-0,24	0,06
8,15	541,34	66,42	4,97	24,65	2,131	9,68	4,54	-1,05	1,11
2,11	9,39	4,45	-1,07	1,15	2,698	19,64	7,28	-0,49	0,24
2,172	10,25	4,72	-1,01	1,03	3,665	49,23	13,43	0,48	0,23
2,131	9,68	4,54	-1,05	1,11	1,746	5,32	3,05	-1,44	2,07
2,166	10,16	4,69	-1,02	1,04	2,527	16,14	6,39	-0,66	0,43
1,423	2,88	2,02	-1,76	3,10	1,977	7,73	3,91	-1,21	1,46
2,846	23,05	8,10	-0,34	0,11	2,231	11,10	4,98	-0,95	0,91
1,839	6,22	3,38	-1,35	1,81	3,778	53,92	14,27	0,59	0,35
2,762	21,07	7,63	-0,42	0,18	2,631	18,21	6,92	-0,55	0,31
1,907	6,94	3,64	-1,28	1,63	2,521	16,02	6,36	-0,66	0,44
2,011	8,13	4,04	-1,17	1,38	2,965	26,07	8,79	-0,22	0,05
2,384	13,55	5,68	-0,80	0,64	1,522	3,53	2,32	-1,66	2,76
1,584	3,97	2,51	-1,60	2,56	2,025	8,30	4,10	-1,16	1,34
1,48	3,24	2,19	-1,70	2,91	1,895	6,80	3,59	-1,29	1,66
2,316	12,42	5,36	-0,87	0,75	1,617	4,23	2,61	-1,57	2,46
2,055	8,68	4,22	-1,13	1,28	2,201	10,66	4,84	-0,98	0,97
2,111	9,41	4,46	-1,07	1,15	3,639	48,19	13,24	0,45	0,21
5,531	169,20	30,59	2,35	5,51	4,207	74,46	17,70	1,02	1,05
3,6	46,66	12,96	0,42	0,17	1,757	5,42	3,09	-1,43	2,04
1,814	5,97	3,29	-1,37	1,88	1,998	7,98	3,99	-1,19	1,41
2,262	11,57	5,12	-0,92	0,85	1,627	4,31	2,65	-1,56	2,43

D (nm)	D ³	D ²	(X-DMF)	(X-DMF)exp2	D (nm)	D ³	D ²	(X-DMF)	(X-DMF)exp2
1,542	3,67	2,38	-1,64	2,70	1,829	6,12	3,35	-1,36	1,84
4,745	106,83	22,52	1,56	2,43	2,544	16,46	6,47	-0,64	0,41
3,648	48,55	13,31	0,46	0,21	4,512	91,86	20,36	1,33	1,76
1,792	5,75	3,21	-1,39	1,94	1,535	3,62	2,36	-1,65	2,72
2,141	9,81	4,58	-1,04	1,09	1,277	2,08	1,63	-1,91	3,64
1,984	7,81	3,94	-1,20	1,44	1,667	4,63	2,78	-1,52	2,30
2,231	11,10	4,98	-0,95	0,91	1,243	1,92	1,55	-1,94	3,77
1,663	4,60	2,77	-1,52	2,32	1,318	2,29	1,74	-1,87	3,48
1,941	7,31	3,77	-1,24	1,55	1,507	3,42	2,27	-1,68	2,81
3,751	52,78	14,07	0,57	0,32	1,324	2,32	1,75	-1,86	3,46
2,084	9,05	4,34	-1,10	1,21	2,925	25,03	8,56	-0,26	0,07
2,171	10,23	4,71	-1,01	1,03	1,362	2,53	1,86	-1,82	3,32
1,884	6,69	3,55	-1,30	1,69	1,947	7,38	3,79	-1,24	1,53
1,415	2,83	2,00	-1,77	3,13	1,786	5,70	3,19	-1,40	1,96
1,307	2,23	1,71	-1,88	3,53	1,847	6,30	3,41	-1,34	1,79
1,828	6,11	3,34	-1,36	1,84	1,734	5,21	3,01	-1,45	2,10
1,342	2,42	1,80	-1,84	3,40	1,28	2,10	1,64	-1,90	3,63
1,724	5,12	2,97	-1,46	2,13	1,398	2,73	1,95	-1,79	3,19
1,817	6,00	3,30	-1,37	1,87	1,742	5,29	3,03	-1,44	2,08
2,855	23,27	8,15	-0,33	0,11	1,415	2,83	2,00	-1,77	3,13
4,741	106,56	22,48	1,56	2,42	1,815	5,98	3,29	-1,37	1,88
4,741	106,56	22,48	1,56	2,42	1,862	6,46	3,47	-1,32	1,75
1,903	6,89	3,62	-1,28	1,64	1,67	4,66	2,79	-1,51	2,29
1,884	6,69	3,55	-1,30	1,69	2,033	8,40	4,13	-1,15	1,33
2,046	8,56	4,19	-1,14	1,30	1,828	6,11	3,34	-1,36	1,84
1,269	2,04	1,61	-1,92	3,67	1,798	5,81	3,23	-1,39	1,92
2,068	8,84	4,28	-1,12	1,25	2,007	8,08	4,03	-1,18	1,39
1,984	7,81	3,94	-1,20	1,44	1,828	6,11	3,34	-1,36	1,84
1,808	5,91	3,27	-1,38	1,90	1,893	6,78	3,58	-1,29	1,67
1,884	6,69	3,55	-1,30	1,69	1,94	7,30	3,76	-1,24	1,55

D (nm)	D ³	D ²	(X-DMF)	(X-DMF) _{exp2}
1,649	4,48	2,72	-1,54	2,36
1,865	6,49	3,48	-1,32	1,74
1,476	3,22	2,18	-1,71	2,92
1,864	6,48	3,47	-1,32	1,74
1,77	5,55	3,13	-1,41	2,00
2,291	12,02	5,25	-0,89	0,80
1,862	6,46	3,47	-1,32	1,75
1,439	2,98	2,07	-1,75	3,05
2,383	13,53	5,68	-0,80	0,64
1,794	5,77	3,22	-1,39	1,93
2,501	15,64	6,26	-0,68	0,47

ANEXO IV – LEGISLAÇÕES E DIRETRIZES NACIONAIS E INTERNACIONAIS DE REÚSO DE ÁGUAS RESIDUÁRIAS

Legislações e Diretrizes para o Reúso de Águas Residuárias na Agricultura								
País/Estado	Referência	Regulamento / Diretriz	Faixa de pH		DQO (mg/L)	NT (mg/L)	Compostos Emergentes	Observação
Brasil (Ceará)	CEARÁ, 2017	Resolução do Conselho Estadual do Meio Ambiente do Estado do Ceará – COEMA, n° 02 de fevereiro de 2017.	6,0	8,5	–	–	–	Para fins agrícolas e florestais (produção agrícola e cultivo de florestas plantadas)
Brasil (Bahia)	BAHIA, 2010	Resolução n° 75 de 2010	–	–	–	–	–	Estabelece procedimentos para disciplinar a prática de reúso direto não potável de água, na modalidade “reúso para fins agrícolas e/ou florestais: aplicação de água de reúso para produção agrícola e cultivo de florestas plantadas.
Brasil (Rio de Janeiro)	RIO DE JANEIRO, 2016	Lei n° 7.424 de 2016	–	–	–	–	–	Define a utilização da água de reúso nas seguintes finalidades: I – Agricultura em geral; II – Irrigação de áreas verdes, parques, jardins, áreas turísticas, campos; de esporte; III – Lavagem de veículos públicos de qualquer tipo; IV – Lavagem de pisos, pátios e logradouros públicos; V – Outros usos similares.

Legislações e Diretrizes para o Reúso de Águas Residuárias na Agricultura								
País/Estado	Referência	Regulamento / Diretriz	Faixa de pH		DQO (mg/L)	NT (mg/L)	Compostos Emergentes	Observação
Brasil (Rio Grande do Sul)	RIO GRANDE DO SUL, 2020	Resolução CONSEMA nº 419/2020	6,0	9,0	–	–	–	Estabelece critérios e procedimentos para a utilização de água de reúso para fins urbanos, industriais, agrícolas e florestais no Estado do Rio Grande do Sul.
Estados Unidos	EPA, 2012	Diretrizes para Reutilização de Água.	6,0	9,0	–	–	–	Considera somente DBO: culturas alimentares: 10mg/L e não alimentares 30 mg/L
Estados Unidos (Maryland)	MARYLAND, 2016	DMDE-WMA-002-07/16: Diretrizes para Uso de Água Recuperada	6,5	8,5	–	–	–	Considera somente DBO: Classe I (acesso restrito) 70 (média mensal); Classe II (acesso restrito) 10 (média mensal); Classe III (acesso restrito) 10 (média mensal)
Estados Unidos (Massachusetts)	MASSACHUSETTS, 2009	Regulamento: 314 CMR 20 - Programa de permissão de água recuperada e padrões	6,5	8,5	–	10	–	DBO: categoria A: 10mg/L e categoria C: 30 mg/L
Estados Unidos (Nova Jersey)	NEW JERSEY, 2005	Diretriz da água recuperada para reutilização benéfica	–	–	–	10	–	–
Estados Unidos (Ilha de Rodas)	RHODE ISLAND, 2012	Diretriz: Orientação para projetos de reutilização de águas residuais	6,0	9,0	–	15	–	–
Estados Unidos (Ohio)	OHIO, 2007	Diretriz: 3745-42-13 - Sistemas de aplicação de terra	6,0	9,0	–	10	–	Demanda de Oxigênio Carbonáceo: Culturas alimentares processadas / culturas não alimentares: 45 mg/L
			–	–	–	15	–	Culturas alimentares

Legislações e Diretrizes para o Reúso de Águas Residuárias na Agricultura								
País/Estado	Referência	Regulamento / Diretriz	Faixa de pH		DQO (mg/L)	NT (mg/L)	Compostos Emergentes	Observação
Canadá (SASKATCHEWAN)	SASKATCHEWAN, 2014	Diretrizes de irrigação de águas residuais municipais tratadas-EPB 235				35	–	Culturas não alimentares
Israel	ISRAEL, 2010	Diretriz israelense para reutilização de águas residuais	6,5	8,5	100	25	–	Irrigação Irrestrita
Jordânia	WHO, 2006	Regulamento JS: 893/2002 para reutilização de efluentes para irrigação agrícola.	6,0	9,0	500	45	–	Irrestrito: cultura alimentares
					500	70	–	Árvores Frutíferas
					100	70	–	Colheitas industriais, árvores florestais
Kuwait	WHO, 2006	Critérios de tratamento de águas residuais para reutilização.	6,5	8,5	100	35	–	–
Arábia Saudita	MWE, 2006	Diretrizes técnicas para reúso de águas residuais tratadas na irrigação agrícola.	6,0	8,5	–	–	–	Mesmo valor de pH tanto para irrigação restrita como irrestrita. DBO: uso restrito: 40 mg/L e irrestrito: 10 mg/L
Omã	WHO, 2006	Regulamentos para reutilização e descarte de águas residuais (145/193).	6,0	9,0	200	–	–	Irrigação agrícola para alimentos previamente cozidos
Austrália	AGWR, 2006	Diretrizes australianas para reciclagem de água.	6,3	9,8	–	39	–	–

Legislações e Diretrizes para o Reúso de Águas Residuárias na Agricultura								
País/Estado	Referência	Regulamento / Diretriz	Faixa de pH		DQO (mg/L)	NT (mg/L)	Compostos Emergentes	Observação
China	CHINA, 2007	GB20922-2007	5,5	8,5	200	–	–	Irrigação de colheitas de fibra
França	FRANCE, 2014	Crítérios de reúso de água para irrigação agrícola e paisagística na França	–	–	–	< 60	–	Irrigação irrestrita de todas as plantações, incluindo aquelas acessadas pelo público
Itália	ITALY, 2006	Decreto Legislativo n°. 152/2006	6,0	9,5	100	35	–	–
México	MEXICO, 1996	Legislação - NOM-001-ECOL	–	–	–	–	–	Esse país utiliza água de reúso na agricultura e apresenta a legislação Mexican Standard NOM-001-ECOL, porém só apresenta parâmetros microbiológicos para reúso de água na agricultura.
Comissão Europeia	EUROPEAN COMMISSION, 2015	Decisão de Execução 495/2015	–	–	–	–	10ng/l *	Concentração máxima para o Diclofenaco nos corpos hídricos*
Comissão Europeia	EUROPEAN COMMISSION, 2020	Regulamento 741/2020	–	–	–	–	–	
Palestina	PALESTINA, 2003	PS-742-2003	6,0	9,0	200	50	–	Irrigação Agrícola
Estados Unidos (Oklahoma)	OKLAHOMA, 2015	Título 252. capítulo 656. Normas de construção de instalações de controle de poluição da água	–	–	–	–	–	

Legislações e Diretrizes para o Reúso de Águas Residuárias na Agricultura									
País/Estado		Referência	Regulamento / Diretriz	Faixa de pH		DQO (mg/L)	NT (mg/L)	Compostos Emergentes	Observação
Estados Unidos (Nevada)		NEVADA, 2016	Uso de água recuperada	6,0	9,0				
Estados Unidos (Nebraska)		NEBRASKA, 2017	Código Administrativo de Nebraska - Departamento de Qualidade Ambiental de Nebraska - Título 119, capítulo 12	-	-	-	-	-	
Estados Unidos (Carolina do Norte)		North Carolina, 2011	15A NCAC 02U .0101 - Subcapítulo 02U - água recuperada	-	-	-	-	-	

Legislações e Diretrizes para Reúso Urbano de Águas Residuárias Tratadas								
País/Estado	Referência	Regulamento / Diretriz	Faixa de pH		DQO (mg/L)	NT (mg/L)	Compostos Emergentes	Observação
Brasil	ABNT, 1997	NBR 13.969/1997	6,0	8,0	–	–	–	Usos urbanos como lavagem de carros e para outros que requerem o contato direto do usuário com a água, com possível aspiração de aerossóis pelo operador, incluindo chafarizes.
Brasil	ABNT, 2019	NBR 16783:2019	6,0	9,0	–	–	–	Uso de fontes alternativas de água não potável em edificações
Brasil (São Paulo)	SÃO PAULO, 2020	Resolução Conjunta SES/SIMA nº 01/2020	6,0	9,0	–	–	–	Disciplina o reúso direto não potável de água, para fins urbanos, proveniente de Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário e dá providências correlatas.
Brasil (Ceará)	CEARÁ, 2017	Resolução do Conselho Estadual do Meio Ambiente do Estado do Ceará – COEMA, nº 02 de fevereiro de 2017.	6,0	8,5	–	–	–	Para fins urbanos (irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações e combate a incêndio.
Brasil (Rio Grande do Sul)	RIO GRANDE DO SUL, 2020	Resolução CONSEMA nº 419/2020	–	–	–	–	–	Estabelece critérios e procedimentos para a utilização de água de reúso para fins urbanos, industriais, agrícolas e florestais no Estado do Rio Grande do Sul.

Legislações e Diretrizes para Reúso Urbano de Águas Residuárias Tratadas								
País/Estado	Referência	Regulamento / Diretriz	Faixa de pH		DQO (mg/L)	NT (mg/L)	Compostos Emergentes	Observação
Brasil (Minas Gerais)	MINAS GERAIS, 2020	Deliberação Normativa nº 65 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos	6,0	9,0	–	–	–	Lavagem de pátios, ruas e avenidas, estacionamentos ou outros com exposição similar; lavagem de veículos comuns.
Arábia Saudita	MWE, 2006	Diretrizes técnicas para reúso de águas residuárias tratadas na irrigação paisagística.	6,0	8,4	–	–	–	DBO: uso restrito: 40 mg/L.
Portugal	PORTUGAL, 2019	Decreto-Lei nº 119/2019.	6,0	9,0	–	–	–	DBO < 25 mg/L: Usos recreativos, de enquadramento paisagístico; lavagem de ruas; água de combate a incêndios; águas de arrefecimento; autoclismos; lavagem de veículos.
Estados Unidos	EPA, 2012	Diretrizes para Reutilização de Água.	6,0	9,0	–	–	–	Restrito: DBO ≤ 30 mg/L O uso de água recuperada em aplicações não potáveis em ambientes municipais onde o acesso público é controlado ou restrito por barreiras físicas ou institucionais, como cercas, sinalização de aviso ou restrição de acesso temporal.

Legislações e Diretrizes para Reúso Urbano de Águas Residuárias Tratadas								
País/Estado	Referência	Regulamento / Diretriz	Faixa de pH		DQO (mg/L)	NT (mg/L)	Compostos Emergentes	Observação
Estados Unidos (Nova Jersey)	EPA, 2012	Diretrizes para Reutilização de Água.	-	-	-	10	-	Reúso urbano irrestrito e restrito
Canadá (Província:SASKATCHEWAN)	SASKATCHEWAN, 2014	Diretrizes de irrigação de águas residuais municipais tratadas-EPB 235	-	-	-	35	-	Irrigação de Campos de Golfe
Estados Unidos (Maryland)	MARYLAND, 2016	DMDE-WMA-002-07/16: Diretrizes para Uso de Água Recuperada	6,5	8,5	-	-	-	Cemitérios; Campos de golfe; Paisagismo de rodovias; Gramados; Parques; Play Grounds; Jardas escolares; e outros espaços verdes abertos
França	FRANCE, 2014	Critérios de reúso de água para irrigação paisagística na França	-	-	< 60	-	-	Espaços verdes abertos ao público

Legislações e Diretrizes para Reúso Industrial de Águas Residuárias Tratadas								Observação
País/Estado	Referência	Regulamento / Diretriz	Faixa de pH		DQO (mg/L)	NT (mg/L)	Compostos Emergentes	
Estados Unidos	EPA, 2012	Diretrizes para Reutilização de Água.	6,0	9,0	–	–	–	DBO ≤ 30 mg/L
Brasil	ABNT, 2009	ABNT NBR 15900-1:2009		> 5	–	–	–	Água para amassamento do concreto. Parte 1: Requisitos
Brasil (Ceará)	CEARÁ, 2017	Resolução do Conselho Estadual do Meio Ambiente do Estado do Ceará – COEMA, nº 02 de fevereiro de 2017.	6,0	8,5	–	–	–	Processos, atividades e operações industriais
Brasil (Rio Grande do Sul)	RIO GRANDE DO SUL, 2020	Resolução CONSEMA nº 419/2020	–	–	–	–	–	Seção IV - Das Condições e Padrões da Água de Reúso para Fins Industriais Art. 17. A qualidade e quantidade da água de reúso para fins industriais deverão obedecer às especificações técnicas de acordo com a finalidade e tecnologia do processo industrial a que se destina.
Estados Unidos (Maryland)	MARYLAND, 2016	DMDE-WMA-002-07/16: Diretrizes para Uso de Água Recuperada	6,5	8,5	–	10	–	Lavagem de agregados; Mistura de concreto; Sistemas de água de resfriamento; Controle de Poeira e Compactação do Solo; e processos de fabricação

Legislações e Diretrizes para Reúso Industrial de Águas Residuárias Tratadas								Observação
País/Estado	Referência	Regulamento / Diretriz	Faixa de pH		DQO (mg/L)	NT (mg/L)	Compostos Emergentes	
Brasil (Minas Gerais)	MINAS GERAIS, 2020	Deliberação Normativa nº 65 do Conselho Estadual de Recursos Hídricos	–	–	–	–	–	A qualidade da água para reúso para fins de utilização dentro do processo industrial será de responsabilidade do empreendedor, conforme os requisitos de qualidade do processo e as normas de segurança do trabalho.

ANEXO V – ENTREVISTAS SEMI-ESTRUTURADAS



UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO AMBIENTE FORMULÁRIO DE ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA

A- IDENTIFICAÇÃO DO ESPECIALISTA

- A1. Nome: [Entrevistado 01](#)
A2. Formação: [Engenheiro Civil](#)
A3. Ocupação Atual: Professor [Titular](#)
A4. Organização/Empresa/Instituição: [Escola Politécnica da USP](#)
A5: Cidade/UF em que trabalha: [São Paulo/SP](#)

B- QUESTÕES ESPECÍFICAS

B1. Qual a sua opinião a respeito do reúso de esgoto tratado? Considerando os seguintes aspectos:

– Vantagens e desvantagens

A principal vantagem do reúso de água está no ganho ambiental decorrente da preservação dos recursos hídricos naturais. Tanto pela redução na necessidade de captação, como pela reação das descargas de efluentes. Apesar de a água constituir recurso renovável, garantido quantitativamente e qualitativamente pelo ciclo hidrológico, os problemas de escassez motivados por problemas de quantidade ou qualidade da água em uma região delimitada, podem ser limitados mediante a prática do reúso.

Tendo em vista que os ganhos ambientais são, de certa forma, intangíveis e que por eles próprios partes envolvidas não são sensibilizadas, o ganho econômico assume papel decisivo na viabilização de práticas de reúso.

Alguma desvantagem pode ser apontada? É certo que os programas de reúso demandam gerenciamento e controle, mas estas ações são inerentes ao processo e, ao serem consideradas, não devem inviabilizá-los técnica ou economicamente. Da mesma forma, os riscos envolvidos deverão ser administrados, boas técnicas e práticas devem controlar este fator dentro dos limites de aceitabilidade, sob o ponto de vista da saúde pública e demais aspectos.

– Escassez de água /Acesso a água

Conforme comentado anteriormente, o aspecto mais positivo da reutilização de águas é a preservação das águas naturais, reduzindo problemas de escassez em regiões comprometidas pelos baixos índices pluviométricos e pela poluição. Com recorrência dessa contribuição, tem-se a maior acessibilidade à água.

– Riscos à saúde - aumento ou diminuição

Evidentemente, esta prática está envolvida com riscos, mas que podem ser administrados. Na verdade, o risco pode até mesmo ser menor, quando se compara o nível de contaminação de um esgoto tratado para esta finalidade com águas naturais que são utilizadas para irrigação, mesmo que fortemente poluídas, como é o caso do chamado cinturão verde na Região Metropolitana de São Paulo. Um estudo na Universidade Federal de Viçosa, com efluente de lagoa de estabilização desinfetado e usado na irrigação de cultura de alface, resultou em menor índice de coliformes termotolerantes nas folhas em relação à alface comercializada na feira livre daquela cidade.

– Impacto sobre a produção de alimentos

Impacto bastante positivo sob o ponto de vista da oferta de água de baixo custo para a irrigação de culturas, que muitas vezes não são irrigadas. Impacto bastante positivo também pelo aporte de nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo. Embora ocorram variações em função do tipo de solo ou de planta, pode-se dizer que o uso de esgoto tratado leva a uma economia de 50% dos fertilizantes comerciais.

– Não redução do quadro de escassez de água

Na verdade, a escassez de água é comandada pelo ciclo hidrológico. Em uma micro-região, sim, a prática do reúso pode evitar o agravamento da poluição e consequente indisponibilidade de água para determinadas finalidades, sobretudo as mais nobres.

– Fatores emocionais/culturais

Os programas de reaproveitamento de águas devem ser acompanhados de programa de educação e, possivelmente, do próprio envolvimento da população no projeto. Em primeiro lugar, é necessário que os próprios empreendedores acreditem que os riscos envolvidos com esta prática podem ser administrados.

– Custos de tratamento de esgoto – aumento ou diminuição

Na verdade, tem-se no Brasil muitas situações em que o esgoto tratado é lançado em corpos d'água de qualidade restritiva e de baixa capacidade de diluição. Nestes casos, se a legislação fosse cobrada com rigor, esses lançamentos só seriam possíveis caso fossem aplicados os mesmos tratamentos complementares voltados para a adequação do esgoto para alguma modalidade de reúso. Afinal, uma água Classe 1, de acordo com o CONAMA, pode ser utilizada para irrigação irrestrita. Por outro lado, quando as condições para o lançamento em corpo d'água são menos exigentes, pode ser que o custo dos tratamentos complementares para o reúso ultrapassem os custos do uso de uma água de fonte de maior qualidade. Ainda assim tem-se o importante ganho ambiental, mas é mais difícil o convencimento das partes envolvidas sobre o interesse nesse tipo de vantagem, quando se tem revés econômico.

– Diminuição da poluição / conservação da água

Este aspecto já foi abordado, de certa forma, em questões anteriores. Complementarmente, pode-se exemplificar por meio da possibilidade limite de um programa de reúso permitir o fechamento de forma completa. Embora esta seja uma situação idealizada, nem sempre possível e requerendo minimamente uma reposição de água, a preservação de uma fonte de água ou de um corpo receptor de despejos é uma consequência direta inalienável. É possível considerar-se também que os lodos e outros subprodutos gerados nos processos de tratamento que podem compor um programa de reúso, podem receber procedimentos voltados à sua recuperação e

utilização para fins produtivos, garantindo a conservação das águas naturais de uma forma bastante incisiva.

– **Pressão sobre os mananciais**

Definitivamente, a maior virtude dos programas de reutilização de água é a redução de outorgas para captação de água de abastecimento e para lançamento de efluentes, agregando capacidade às águas naturais para a preservação de sua qualidade e garantia de seus usos múltiplos e, conseqüentemente, garantia do enquadramento nos limites legais de concentração de poluentes de forma mais consistente.

– **Confiança na fiscalização sanitária**

Efetivamente, quanto mais nobre for a finalidade do reúso, levando a níveis elevados de restrição de qualidade, maior é a necessidade de estrutura operacional como um todo, envolvendo a fiscalização sanitária. Este é um dos aspectos preocupantes em relação à prática de reúso no Brasil, que é caracterizado em suas diversas regiões por não disponibilizar infraestrutura adequada para operação dos sistemas de saneamento. Assim sendo, as modalidades de reúso que exigem maior controle devem ser postergadas, iniciando-se esta atividade em situações menos arriscadas, evoluindo-se à medida que os recursos para a operação dos sistemas de saneamento no Brasil.

B2. O que considera necessário à implantação do reúso?

Em primeiro lugar, em um sentido mais abrangente é necessário que haja políticas públicas para o incentivo e para o disciplinamento desta prática. Observa-se que, em certas modalidades de reúso, como o para fins agrônômicos, não foi implantada até hoje no Brasil uma legislação eficiente. A incapacidade das instituições que têm essa prerrogativa é estampada na adoção quase exclusiva do princípio da precaução. Assim, o rigor excessivo e em alguns aspectos injustificável da legislação, normalmente tem inviabilizado intenções de reúso.

Evidentemente, um programa de reúso deve desfrutar de viabilidade técnica e econômica. É possível que, em uma determinada situação, partir de uma água de qualidade inferior para se alcançar um nível bastante elevado, se demonstre inviável por si só. Embora existam recursos de tratamento de água para quaisquer finalidades, os custos para remoção de micropoluentes podem tornar o processo proibitivo, assim como a presença de poluentes grosseiros trazem preocupação em relação à manutenção dos equipamentos utilizados nos processos especiais mais a jusante.

Os papéis dos atores deverão estar bem definidos. No caso do uso agrônômico de esgoto tratado, há necessidade de se estabelecer as atribuições das companhias de saneamento, as obrigações e direitos dos agricultores e o papel das agências de controle ambiental e de saúde pública.

B3. Qual o motivo da aceitação ou rejeição desta prática pela população?

De fato, o preconceito que existe em relação ao uso de esgoto tratado associa-se ao seu potencial de contaminação biológica, embora este aspecto possa ser controlado com segurança. Assim, a aceitação desta prática depende de sua execução sob procedimentos que obedeçam a todos os requisitos técnicos de segurança, para que não sejam acumulados precedentes de aplicações problemáticas.

O mais importante é que um programa de reúso seja acompanhado de um processo educacional envolvendo participantes, usuários diretos e indiretos.



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS
CAMPUS UNIVERSITÁRIO DE PALMAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS DO AMBIENTE
FORMULÁRIO DE ENTREVISTA SEMIESTRUTURADA**

A- IDENTIFICAÇÃO DO ESPECIALISTA

- A1. Nome: **Entrevistado 02**
 A2. Formação: **Engenheiro Civil**
 A3. Ocupação Atual: **Professor Titular Sênior/Consultor**
 A4. Organização/Empresa/Instituição: **Escola Politécnica da USP**
 A5: Cidade/UF em que trabalha: **São Paulo/SP**

Entrevistado 02: “Então vamos lá...minha formação engenheiro civil e engenheiro sanitaria, formado pelo Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo com mestrado em Saúde Pública na Universidade de Newcastle Upon Tyne na Inglaterra, doutorado na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, depois eu fiz a livre docência também na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo e acabei fazendo o concurso de professor titular também na Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. Isso na carreira universitária, na carreira profissional logo depois de formado eu trabalhei numa empresa privada por um ano e pouco, fui fazer pós-graduação aí fui trabalhar na CETESB aqui em São Paulo. Trabalhei na CETESB por 25 anos, então eu tinha dupla atividade na CETESB e na Universidade. Aí me aposentei na CETESB e fiquei na Universidade de São Paulo onde também fazia algumas consultorias. Até me aposentar na Universidade de São Paulo e tornar apenas consultor, embora eu ainda tenha algum vínculo como professor titular sênior com a Escola Politécnica”.

B- QUESTÕES ESPECÍFICAS

B1. Qual a sua opinião a respeito do reúso de esgoto tratado? Considerando os seguintes aspectos:

- Vantagens e desvantagens
- Escassez de água /Acesso a água
- Riscos à saúde - aumento ou diminuição
- Impacto sobre a produção de alimentos
- Não redução do quadro de escassez de água
- Fatores emocionais/culturais
- Custos de tratamento de esgoto – aumento ou diminuição
- Diminuição da poluição / conservação da água
- Pressão sobre os mananciais
- Confiança na fiscalização sanitária

B2. O que considera necessário à implantação do reúso?

B3. Qual o motivo da aceitação ou rejeição desta prática pela população?

Prof. Pedro Além: “Sempre trabalhei na parte de Saneamento com ênfase na parte de tratamento de esgotos e tive alguns envolvimento até com parte de reúso e nestes envolvimento com a parte de reúso a gente acompanhou muito a operação das estações de tratamento de esgoto no país e o ponto que chamava muita atenção é o descaso com o controle das estações de tratamento de esgoto. Então a hora que você pensa na parte de reúso direto, você vê que onde isso é feito, é feito com uma dedicação muito grande nas estações de tratamento de esgoto e depois na complementação pro reúso, exigindo uma dedicação muito grande que a gente não vê isso acontecer normalmente nas estações de tratamento de esgoto. Isso talvez seja um dos pontos, que seria a dedicação, para se obter uma água de boa qualidade. É um projeto que é caro, reúso envolve operações e processos caros, que no Brasil tem certas dificuldades, principalmente com membranas. Membranas no Brasil, embora seja uma coisa prevista para futuro ser muito utilizada, mas atualmente nós não temos fabricação de membranas no país, o custo é caro e a gente vê que no uso de membranas por aí, não se tem também cuidados com os rejeitos das membranas. Tudo isso somando, vai aumentando a rejeição final ao reúso. Embora eu até aceitaria, não tendo outra alternativa, o reúso é a solução. Eu acho que se não tiver outra alternativa, a população vai acabar aceitando porque não tem outra alternativa, mas se tiver outra alternativa, mesmo que não seja o reúso direto, via reúso indireto é mais aceitável, até porque aqui em São Paulo reúso indireto acontece já”.

Olha, enquanto nós tivermos vendo lançamentos diretos, rios poluídos, não vai ser fácil convencer a população de que o reúso é solução porque o pessoal tá vendo o descaso.

Aqui em São Paulo nós tivemos, eu acho que foi em 2015, uma grande seca que os mananciais ficaram quase sem água. Nesta época se cogitou reúso. Para uma das estações que estavam reformando aqui em São Paulo, passava ao lado uma linha, que poderia ser usado até para abastecimento, tinha capacidade de 2 m³/s. Então se pensou em junto a esta estação fazer reúso em 2 m³/s. Tinha uma empresa americana fazendo o estudo de reforma desta estação. Ela então fez o plano do reúso, o anteprojeto do que seria a estação de reúso. Todo mundo falou: vamos fazer, é a solução. Choveu. Na hora que viram o custo daquilo lá e as primeiras chuvas que deram, até hoje não se falou mais nisso. E tinham outras estações previstas para fazer reúso. Uma das estações, se não me engano, pegava água de Barueri e era para produzir 2 ou 2,5 m³/s. Aí começaram a fazer o projeto, primeira coisa é que tem uma perda de água nessas operações, que é a perda da lavagem das membranas, que para reúso direto isso daí dava em pelo menos 25%. Então 25% do que você trazia para tratar era refugo, você não aproveitava e, também surgiu outro problema: custo. Já não estávamos tendo dinheiro para fazer a reforma das estações de tratamento de esgoto para produzir efluente secundário, até hoje não foi feito porque não tem dinheiro. Como a gente vai confiar que o reúso vai bem. Tem lugares que, Estados Unidos por exemplo, infiltram a água no solo para depois pegarem e usar, quer dizer isso é o reúso. Na África do Sul e também na Namíbia tem estações de reúso. O sistema é bastante complexo, é viável? Até é, desde que você não tenha outra solução. Você vai falar: a mais as vezes a outra solução é buscar água muito, muito longe, sai mais caro. Aí a solução pode ser o reúso mas enquanto houver outras fontes, dificilmente se vai optar pelo reúso, pelo custo e principalmente pela segurança.

ANEXO VI - RESPOSTAS AO QUESTIONÁRIO DE PESQUISA

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Sim	Feminino	50 a 69 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Garantia de abastecimento público	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardins	Não		Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Não	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardinsd) Irrigar Hortas/Pomares	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	18 a 29 anos	Superior Completo	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricos	Não	Não	a) Limpeza em Geral	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	18 a 29 anos	Superior Incompleto	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Economia financeira para o usuário	Sim	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Sim	Masculino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardinsd) Irrigar Hortas/Pomares	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	30 a 49 anos	Superior Completo	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Não	Não	c) Regar Plantas/Jardins	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior Completo	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardinsd) Irrigar Hortas/Pomaresg) Cozinhar	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior Completo	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricosGarantia de abastecimento público	Sim	Sim	c) Regar Plantas/Jardinsd) Irrigar Hortas/Pomares	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	18 a 29 anos	Superior Incompleto	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	c) Regar Plantas/Jardinsd) Irrigar Hortas/Pomares	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior Incompleto	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Não	Sim	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior Incompleto	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não		Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	18 a 29 anos	Superior Incompleto	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	c) Regar Plantas/Jardinsd) Irrigar Hortas/Pomares	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	18 a 29 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Não	Sim	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior Completo	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardinsd) Irrigar Hortas/Pomares	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	18 a 29 anos	Superior CompletoPós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	18 a 29 anos	Superior Incompleto	Desconheço	Preservação dos corpos hídricos	Não	Não	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardins	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Sim	Masculino	18 a 29 anos	Superior Completo	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Não	Sim	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	18 a 29 anos	Superior Completo	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricosGarantia de abastecimento públicoEconomia financeira para o usuário	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardinsd) Lavar Alimentos	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior Incompleto	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Não	Sim	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardinsd) Irrigar Hortas/Pomares	Não	Não	Não	Sim	Não
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior Incompleto	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Garantia de abastecimento público	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	30 a 49 anos	Superior Incompleto	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Não	Não		Não	Não	Não	Sim	Não

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior Incompleto	Tenho pouco conhecimento do tema	Garantia de abastecimento público	Sim	Sim	c) Regar Plantas/Jardins) Irrigar Hortas/Pomares	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior Incompleto	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	c) Regar Plantas/Jardins) Irrigar Hortas/Pomares	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	18 a 29 anos	Superior Incompleto	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	c) Regar Plantas/Jardins	Não	Sim	Sim	Sim	Não
Sim	Masculino	30 a 49 anos	Superior Completo	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	c) Regar Plantas/Jardins) Irrigar Hortas/Pomares	Sim	Sim	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	c) Regar Plantas/Jardins	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Sim	Masculino	18 a 29 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricosGarantia de abastecimento público	Sim	Não	c) Regar Plantas/Jardins	Não	Sim	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardins) Irrigar Hortas/Pomares	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior Incompleto	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
Sim	Masculino	18 a 29 anos	Superior Completo	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricosGarantia de abastecimento público	Sim	Sim		Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	18 a 29 anos	Superior Incompleto	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricos	Não	Não	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardins) Irrigar Hortas/Pomares		Sim	Não	Sim	Não
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Não	Não	a) Limpeza em Geral	Não	Sim	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	18 a 29 anos	Superior Completo	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geral	Sim	Não	Não	Não	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior Completo	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Garantia de abastecimento público	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior Incompleto	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardinsd) Lavar Alimentose) Irrigar Hortas/Pomaresg) Cozinhar	Sim	Sim	Não	Sim	Não
Sim	Masculino	18 a 29 anos	Superior Incompleto	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geral	Não	Não	Não		Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior Incompleto	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Garantia de abastecimento público	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardins	Sim	Não	Não		Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior Completo	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins) Irrigar Hortas/Pomares	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior Incompleto	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Economia financeira para o usuário	Não	Não	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasd) Lavar Alimentose) Irrigar Hortas/Pomaresg) Beberg) Cozinhar	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	18 a 29 anos	Superior Incompleto	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins) Irrigar Hortas/Pomares	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Economia financeira para o usuário	Sim	Não	c) Regar Plantas/Jardins) Irrigar Hortas/Pomares	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior Completo	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Garantia de abastecimento públicoEconomia financeira para o usuário	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardins	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior Incompleto	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Economia financeira para o usuário	Sim	Sim	c) Regar Plantas/Jardins	Não	Sim	Não	Sim	Sim

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Sim	Masculino	30 a 49 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins e) Irrigar Hortas/Pomares	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geral	Não	Sim	Sim	Sim	Não
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior Incompleto	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim		Não	Sim	Sim	Sim	Não
Sim	Masculino	18 a 29 anos	Superior Completo	Desconheço	Economia financeira para o usuário	Não	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins e) Irrigar Hortas/Pomares	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	18 a 29 anos	Superior Incompleto	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Garantia de abastecimento público	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins e) Irrigar Hortas/Pomares	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior Incompleto	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardins d) Lavar Alimento e) Irrigar Hortas/Pomares	Sim	Sim	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	18 a 29 anos	Superior Incompleto	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardins d) Lavar Alimento e) Irrigar Hortas/Pomares g) Beber h) Cozinhar	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	c) Regar Plantas/Jardins	Sim	Sim	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Incompleto	Desconheço	Garantia de abastecimento público	Não	Sim	a) Limpeza em Geral	Não	Não	Não	Não	Sim
Sim	Masculino	18 a 29 anos	Superior Incompleto	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	c) Regar Plantas/Jardins	Sim	Sim	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins e) Irrigar Hortas/Pomares	Não	Sim	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Garantia de abastecimento público	Não	Não	c) Regar Plantas/Jardins e) Irrigar Hortas/Pomares	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior Incompleto	Tenho pouco conhecimento do tema	Economia financeira para o usuário	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardins e) Irrigar Hortas/Pomares	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	18 a 29 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins e) Irrigar Hortas/Pomares	Não	Sim	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	30 a 49 anos	Superior Completo	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins e) Irrigar Hortas/Pomares	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	18 a 29 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins e) Irrigar Hortas/Pomares	Não	Não	Sim	Sim	Sim
Sim	Masculino	18 a 29 anos	Superior Completo	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Garantia de abastecimento público	Sim	Não	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardins d) Lavar Alimento e) Irrigar Hortas/Pomares	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Incompleto	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geral	Não	Sim	Sim	Sim	Sim

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Sim	Masculino	50 a 69 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Não	Sim	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	50 a 69 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geral	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior Completo	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardins	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	30 a 49 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Economia financeira para o usuário	Sim	Não	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardinsd) Irrigar Hortas/Pomares	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	18 a 29 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho pouco conhecimento do tema	Economia financeira para o usuário	Não	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Não	Sim	Sim	Sim	Não
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior Completo	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	hídricosGarantia de abastecimento públicoEconomia financeira para o usuário	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardinsd) Lavar Alimentose) Irrigar Hortas/Pomares	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	50 a 69 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardinsd) Lavar Alimentose) Irrigar Hortas/Pomaresg) Beberg) Cozinhar	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Completo	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardinsd) Irrigar Hortas/Pomares	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricosEconomia financeira para o usuário	Sim	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardinsd) Irrigar Hortas/Pomares	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior Incompleto	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Economia financeira para o usuário	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior Completo	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)		Sim	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardinsd) Irrigar Hortas/Pomares	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior Completo	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	c) Regar Plantas/Jardins	Sim	Sim	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	c) Regar Plantas/Jardins	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	c) Regar Plantas/Jardinsd) Irrigar Hortas/Pomares	Não	Não	Sim	Sim	Sim
Sim	Masculino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Não	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardinsd) Irrigar Hortas/Pomares	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	30 a 49 anos	Superior Completo	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Garantia de abastecimento públicoEconomia financeira para o usuário	Sim	Não	c) Regar Plantas/Jardinsd) Irrigar Hortas/Pomares	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	30 a 49 anos	Superior Completo	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Não	Sim	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior Completo	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardinsd) Lavar Alimentose) Irrigar Hortas/Pomaresg) Beberg) Cozinhar	Não	Não	Não	Sim	Sim

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Sim	Masculino	18 a 29 anos	Superior Incompleto	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Economia financeira para o usuário	Sim	Não	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardinsd) Irrigar Hortas/Pomares	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não		Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior Completo	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardins	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Economia financeira para o usuário	Sim	Sim	a) Limpeza em Geral	Não	Sim	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	30 a 49 anos	Superior Completo	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Economia financeira para o usuário	Sim	Não	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardinsc) Irrigar Hortas/Pomares	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior Completo	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardinsc) Irrigar Hortas/Pomares	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	18 a 29 anos	Superior Completo	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricos	Não	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardinsc) Irrigar Hortas/Pomares	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho pouco conhecimento do tema	Economia financeira para o usuário	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardinsd) Lavar Alimentose) Irrigar Hortas/Pomaresg) Beberg) Cozinhar	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	18 a 29 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricosGarantia de abastecimento públicoEconomia financeira para o usuário	Sim	Não	b) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardinsc) Irrigar Hortas/Pomares	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Não	Sim	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardinsc) Irrigar Hortas/Pomares	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardinsc) Irrigar Hortas/Pomares	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	18 a 29 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geralc) Irrigar Hortas/Pomares	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	18 a 29 anos	Superior Incompleto	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricosEconomia financeira para o usuário	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Sim	Sim	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior Completo	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	30 a 49 anos	Superior Completo	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricosGarantia de abastecimento públicoEconomia financeira para o usuário	Sim	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Não	Sim	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricosGarantia de abastecimento públicoEconomia financeira para o usuário	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	30 a 49 anos	Superior Completo	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Não	Não	Não	Sim	Sim

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Sim	Masculino	18 a 29 anos	Superior Completo	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricos Garantia de abastecimento público Economia financeira para o usuário	Sim	Sim	a) Limpeza em Geral c) Regar Plantas/Jardins	Não	Sim	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior Completo	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geral b) Lavagem de Roupas c) Regar Plantas/Jardins d) Irrigar Hortas/Pomares	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	18 a 29 anos	Superior Completo	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geral c) Regar Plantas/Jardins	Sim	Não	Não	Sim	Não
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior Completo	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geral c) Regar Plantas/Jardins	Não	Sim	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	18 a 29 anos	Superior Incompleto	Desconheço	Preservação dos corpos hídricos Garantia de abastecimento público Economia financeira para o usuário	Não	Não	a) Limpeza em Geral c) Regar Plantas/Jardins d) Irrigar Hortas/Pomares	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geral b) Lavagem de Roupas c) Regar Plantas/Jardins d) Lavar Alimentos e) Irrigar Hortas/Pomares g) Cozinhar	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Completo	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geral	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geral b) Lavagem de Roupas c) Regar Plantas/Jardins d) Lavar Alimentos e) Irrigar Hortas/Pomares g) Cozinhar	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos Garantia de abastecimento público	Sim	Sim	a) Limpeza em Geral c) Regar Plantas/Jardins	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	30 a 49 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos Economia financeira para o usuário	Sim	Sim	a) Limpeza em Geral b) Lavagem de Roupas c) Regar Plantas/Jardins d) Irrigar Hortas/Pomares	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	30 a 49 anos	Superior Completo	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geral b) Lavagem de Roupas c) Regar Plantas/Jardins d) Irrigar Hortas/Pomares	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	18 a 29 anos	Superior Incompleto	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Garantia de abastecimento público	Sim	Não	a) Limpeza em Geral	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	30 a 49 anos	Superior Completo	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	c) Regar Plantas/Jardins d) Irrigar Hortas/Pomares	Não	Não	Não	Sim	Sim
Não	Masculino	30 a 49 anos	Superior Incompleto	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos Garantia de abastecimento público	Sim	Não	a) Limpeza em Geral b) Lavagem de Roupas d) Lavar Alimentos g) Cozinhar	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geral b) Lavagem de Roupas c) Regar Plantas/Jardins d) Lavar Alimentos e) Irrigar Hortas/Pomares g) Cozinhar	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geral c) Regar Plantas/Jardins	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Sim		30 a 49 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Economia financeira para o usuário	Sim	Não	c) Regar Plantas/Jardins	Sim	Não	Não	Sim	Sim

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Não	Não	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardinsd) Irrigar Hortas/Pomares	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	18 a 29 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasd) Lavar Alimentose) Irrigar Hortas/Pomaresg) Beberg) Cozinhar	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	30 a 49 anos	Superior Completo	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	c) Regar Plantas/Jardinsd) Irrigar Hortas/Pomares	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	50 a 69 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho pouco conhecimento do tema	Garantia de abastecimento público	Sim	Sim	a) Limpeza em Geral	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Não	Não	a) Limpeza em Geral	Não	Sim	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Não	Sim	Não	Sim	Não
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Completo	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geral	Não	Não	Não	Não	Sim
Sim	Masculino	18 a 29 anos	Superior Incompleto	Tenho pouco conhecimento do tema	Economia financeira para o usuário	Não	Não	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardins	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Especialização	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardinsd) Irrigar Hortas/Pomares	Não	Não	Não	Não	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior Incompleto	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricosEconomia financeira para o usuário	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardinsd) Irrigar Hortas/Pomares	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	50 a 69 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Economia financeira para o usuário	Sim	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Não	Sim	Sim	Sim	Não
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geral	Não	Sim	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Especialização	Desconheço	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	c) Irrigar Hortas/Pomares	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Ensino Fundamental Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Economia financeira para o usuário	Não	Sim	g) Beber	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Não	Não	a) Limpeza em Geral	Não	Não	Não	Não	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Ensino Médio Completo	Desconheço	Garantia de abastecimento público	Não	Não	a) Limpeza em Geral	Não	Sim	Sim	Sim	Não
Sim	Masculino	18 a 29 anos	Superior Incompleto	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Garantia de abastecimento público	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardins	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Garantia de abastecimento público	Não	Não	a) Limpeza em Geral	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Ensino Médio CompletoSuperior Incompleto	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Não	Sim	c) Regar Plantas/Jardins	Não	Sim	Não	Sim	Não
Sim	Masculino	18 a 29 anos	Superior Incompleto	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	c) Regar Plantas/Jardins	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Ensino Médio Incompleto	Desconheço	Economia financeira para o usuário	Não	Não	a) Limpeza em Geral	Não	Não	Não	Sim	Sim

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Ensino Médio Completo	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricosEconomia financeira para o usuário	Sim	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Não	Sim	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	18 a 29 anos	Superior Completo	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geral	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior Incompleto	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Não	Não	c) Regar Plantas/Jardins	Não	Sim	Sim	Sim	Não
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricosEconomia financeira para o usuário	Não	Sim	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins Irrigar Hortas/Pomares	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins Irrigar Hortas/Pomares	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Completo	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	c) Regar Plantas/Jardins Irrigar Hortas/Pomares	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	18 a 29 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Não	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Completo	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricosEconomia financeira para o usuário	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardins Irrigar Hortas/Pomares	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardins Irrigar Hortas/Pomares	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricosEconomia financeira para o usuário	Sim	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Sim	Feminino	50 a 69 anos	Ensino Médio Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins Irrigar Hortas/Pomares	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Economia financeira para o usuário	Sim	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Não	Sim	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geral	Não	Não	Sim	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Completo	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricos	Não	Sim	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardins Irrigar Hortas/Pomares	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Garantia de abastecimento público	Não	Não	a) Limpeza em Geral	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasd) Lavar Alimentosg) Beberg) Cozinhar	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	50 a 69 anos	Pós-doutorado	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricosGarantia de abastecimento públicoEconomia financeira para o usuário	Não	Não	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasd) Lavar Alimentosg) Beberg) Cozinhar	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	50 a 69 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins Irrigar Hortas/Pomares	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Não	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Não	Sim	Sim	Sim	Sim

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Sim	Feminino	50 a 69 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	c) Regar Plantas/Jardins) Irrigar Hortas/Pomares	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Sim	Feminino	50 a 69 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema		Não	Sim	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardins) Irrigar Hortas/Pomares	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	18 a 29 anos	Superior Completo	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Garantia de abastecimento público	Sim	Não	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardins	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	30 a 49 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Garantia de abastecimento público	Não	Não	c) Regar Plantas/Jardins	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Garantia de abastecimento público	Não	Sim	c) Regar Plantas/Jardins	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Ensino Médio Completo	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	c) Regar Plantas/Jardins	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardins) Irrigar Hortas/Pomares	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	18 a 29 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	b) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardins	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho pouco conhecimento do tema	Economia financeira para o usuário	Não	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins) Irrigar Hortas/Pomares	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Sim	Masculino	30 a 49 anos	Superior CompletoEspecialista (pós graduação latu sensu)	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	c) Regar Plantas/Jardins) Irrigar Hortas/Pomares	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Sim	Masculino	18 a 29 anos	Superior Completo	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geral	Não	Não	Não	Não	Não
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Lavar Alimentosg) Beberg) Cozinhar	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	50 a 69 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Economia financeira para o usuário	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Sim	Não	Não	Sim	Não
Sim	Feminino	50 a 69 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricos	Não	Sim	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardins	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Sim	Feminino	50 a 69 anos	Superior Completo	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geral	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	50 a 69 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricosGarantia de abastecimento públicoEconomia financeira para o usuário	Sim	Não	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardins	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Sim	Masculino	50 a 69 anos	Especialista	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricosGarantia de abastecimento público	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Sim	Sim	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geral	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	30 a 49 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Garantia de abastecimento público	Não	Sim	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Lavar Alimentosg) Beberg) Cozinhar	Não	Não	Não	Sim	Não
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Não	Sim	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Não	Sim	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Garantia de abastecimento público	Não	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins) Irrigar Hortas/Pomares	Não	Não	Não	Sim	Sim

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Sim	Masculino	50 a 69 anos	Superior Completo	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geral	Não	Sim	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Não	Não	a) Limpeza em Geral) Lavagem de Roupasd) Lavar Alimentosg) Beberg) Cozinhar	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	30 a 49 anos	Superior Completo	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geral	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Sim		a) Limpeza em Geral	Não	Sim	Sim	Não	Não
Sim	Feminino	50 a 69 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricosGarantia de abastecimento públicoEconomia financeira para o usuário	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geral	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricosGarantia de abastecimento público	Não	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Não	Sim	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	30 a 49 anos	Ensino Médio Completo	Desconheço	Preservação dos corpos hídricos	Não	Sim	b) Lavagem de Roupasd) Lavar Alimentosg) Beberg) Cozinhar	Não	Não	Não	Não	Sim
Sim	Masculino	30 a 49 anos	Superior Completo	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	c) Regar Plantas/Jardins	Não	Não	Não	Sim	Não
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Garantia de abastecimento público	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardins	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior Completo	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricosGarantia de abastecimento públicoEconomia financeira para o usuário	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Sim			Sim	Sim
Sim	Masculino	30 a 49 anos	Superior Completo	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geral	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	30 a 49 anos	Mestrado em andamento	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Garantia de abastecimento público	Sim	Sim	b) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardinsd) Lavar Alimentosg) Beberg) Cozinhar	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	18 a 29 anos	Superior Completo	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Economia financeira para o usuário	Sim	Sim	a) Limpeza em Geral	Sim	Sim	Não	Sim	Não
Sim	Masculino	18 a 29 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardinsd) Lavar Alimentos) Irrigar Hortas/Pomaresg) Beberg) Cozinhar				Sim	Sim
Sim	Masculino	18 a 29 anos	Superior Completo	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricos	Não	Não	c) Regar Plantas/Jardins) Irrigar Hortas/Pomares	Não	Sim	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	18 a 29 anos	Superior Incompleto	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Economia financeira para o usuário	Sim	Não	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardins	Sim	Sim	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Desconheço	Preservação dos corpos hídricosGarantia de abastecimento públicoEconomia financeira para o usuário	Não	Não	c) Regar Plantas/Jardins	Não	Sim	Não	Sim	Não
Sim	Masculino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	c) Regar Plantas/Jardins	Não	Não	Sim	Sim	Não

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Sim	Masculino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geral	Não	Não	Não	Sim	Não
Sim	Masculino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geral	Não	Não	Não	Sim	Não
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Economia financeira para o usuário	Não	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	18 a 29 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardins	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Sim	Feminino	50 a 69 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Não	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Não	Sim		Sim	Sim
Sim	Masculino	30 a 49 anos	Pós graduado	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricosEconomia financeira para o usuário	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	30 a 49 anos	Ensino Médio Completo	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Garantia de abastecimento públicoEconomia financeira para o usuário	Sim	Sim	b) Lavagem de Roupasd) Lavar Alimentosg) Cozinhar	Não	Não	Sim	Sim	Não
Sim	Feminino	50 a 69 anos	Ensino Médio Completo	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardins	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior Incompleto	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins e) Irrigar Hortas/Pomares	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	Inferior a 18 anos	Superior Incompleto	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Garantia de abastecimento público	Sim	Não	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardins	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior Incompleto	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardins	Não	Sim	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricosGarantia de abastecimento públicoEconomia financeira para o usuário	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins e) Irrigar Hortas/Pomares	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Ensino Médio Completo	Desconheço			Sim		Não	Sim	Sim	Não	Não
Não	Masculino	30 a 49 anos	Superior Completo	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	c) Regar Plantas/Jardins e) Irrigar Hortas/Pomares	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Não	Não	Não	Sim	Não
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardinsd) Lavar Alimentos e) Irrigar Hortas/Pomaresg) Cozinhar	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Ensino Médio Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geral	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Não	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins e) Irrigar Hortas/Pomares	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	30 a 49 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Não	Sim	c) Regar Plantas/Jardins	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	30 a 49 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardinsd) Lavar Alimentos e) Irrigar Hortas/Pomaresg) Cozinhar	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Economia financeira para o usuário	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Sim	Sim	Não	Sim	Sim

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Sim	Feminino	50 a 69 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Incompleto	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricosGarantia de abastecimento público	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardinsd) Lavar Alimentosg) Beberg) Cozinhar			Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardins	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho pouco conhecimento do tema	Garantia de abastecimento público	Não	Não	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardins	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Não	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	c) Regar Plantas/Jardins	Não	Não	Não	Sim	Não
Sim	Masculino	18 a 29 anos	Superior Completo	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	c) Regar Plantas/Jardins	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	18 a 29 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	c) Regar Plantas/Jardins	Não	Não	Sim	Sim	Não
Sim	Feminino	50 a 69 anos	Superior Completo	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Garantia de abastecimento públicoEconomia financeira para o usuário	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
Sim	Masculino	18 a 29 anos	Superior Completo	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	c) Regar Plantas/Jardins e) Irrigar Hortas/Pomares	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricosGarantia de abastecimento público	Não	Não	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardinsd) Lavar Alimentosg) Cozinhar	Sim	Sim	Não	Sim	Não
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Incompleto	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Garantia de abastecimento público	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardins	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador) Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Economia financeira para o usuário	Não	Não	c) Regar Plantas/Jardins e) Irrigar Hortas/Pomares	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Não	Sim	a) Limpeza em Geral	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Garantia de abastecimento público	Não	Não	a) Limpeza em Geral	Não	Sim	Sim	Sim	Não
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Completo	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins e) Irrigar Hortas/Pomares	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	50 a 69 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho pouco conhecimento do tema	Economia financeira para o usuário	Não	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins e) Irrigar Hortas/Pomares	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Não	Não	a) Limpeza em Geral	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior Incompleto	Tenho pouco conhecimento do tema	Garantia de abastecimento públicoEconomia financeira para o usuário	Não	Sim	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	50 a 69 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho pouco conhecimento do tema	Garantia de abastecimento público	Não	Não	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardinsd) Lavar Alimentosg) Beberg) Cozinhar	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	50 a 69 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardinsd) Lavar Alimentos e) Irrigar Hortas/Pomares	Não	Não	Não	Sim	Sim

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Sim	Masculino	30 a 49 anos	Superior Completo	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	c) Regar Plantas/Jardins	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	30 a 49 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Não	Não	a) Limpeza em Geral	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Economia financeira para o usuário	Não	Sim	a) Limpeza em Geral	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Garantia de abastecimento público	Sim	Não	c) Regar Plantas/Jardins	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	30 a 49 anos	Superior Incompleto	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geral	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior Incompleto	Tenho pouco conhecimento do tema	Garantia de abastecimento público	Não	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Não	Não	Sim	Sim	Sim
Sim	Masculino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardinsd) Irrigar Hortas/Pomares	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	Inferior a 18 anos	Ensino Fundamental CompletoEnsino Médio Incompleto	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Garantia de abastecimento público	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardins	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Sim	Feminino	50 a 69 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Garantia de abastecimento público	Não	Sim	c) Regar Plantas/Jardins	Não	Não	Não	Sim	Não
Sim	Feminino	50 a 69 anos	Superior Completo	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricosEconomia financeira para o usuário	Sim	Não	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardinsd) Lavar Alimentose) Irrigar Hortas/Pomares	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho pouco conhecimento do tema	Garantia de abastecimento público	Sim	Não	a) Limpeza em Geral	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	50 a 69 anos	Ensino Médio Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Economia financeira para o usuário	Sim	Sim	c) Regar Plantas/Jardins	Não	Não	Sim	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Não	Sim	c) Regar Plantas/Jardins	Não	Não	Não	Sim	Não
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardinsd) Irrigar Hortas/Pomares	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior CompletoPós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricosGarantia de abastecimento públicoEconomia financeira para o usuário	Sim	Sim	a) Limpeza em Geral	Não	Não	Não	Sim	Não
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricosGarantia de abastecimento públicoEconomia financeira para o usuário	Sim	Não	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardinsd) Irrigar Hortas/Pomares	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	50 a 69 anos	Ensino Médio Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Garantia de abastecimento público	Não	Sim	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardinsd) Lavar Alimentose) Irrigar Hortas/Pomares	Não	Não	Sim	Sim	Não
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Ensino Médio Completo	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardinsd) Lavar Alimentose) Irrigar Hortas/Pomaresg) Beberg) Cozinhar	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardinsd) Irrigar Hortas/Pomares	Sim	Não	Não	Sim	Sim

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupassc) Regar Plantas/Jardinsd) Lavar Alimentose) Irrigar Hortas/Pomaresg) Beberg) Cozinhar				Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	50 a 69 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	c) Regar Plantas/Jardins	Não	Não	Não	Sim	Sim	
Sim	Feminino	50 a 69 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupassc) Regar Plantas/Jardinsd) Irrigar Hortas/Pomares	Sim	Não	Não	Sim	Sim	
Sim	Feminino	50 a 69 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geral	Não	Sim	Sim	Sim	Não	
Sim	Masculino	50 a 69 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Economia financeira para o usuário	Não	Não	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupassc) Regar Plantas/Jardinsd) Lavar Alimentose) Irrigar Hortas/Pomaresg) Cozinhar	Sim	Não	Não	Sim	Sim	
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Incompleto	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Não	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Não	Não	Não	Sim	Não	
Sim	Feminino	50 a 69 anos	Superior Incompleto	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geral	Não	Não	Não	Sim	Sim	
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Garantia de abastecimento público	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardinsd) Irrigar Hortas/Pomares	Não	Não	Não	Sim	Não	
Sim	Feminino	50 a 69 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupassc) Regar Plantas/Jardinsd) Lavar Alimentose) Irrigar Hortas/Pomares	Não	Não	Não	Sim	Sim	
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardinsd) Irrigar Hortas/Pomares	Não	Não	Não	Sim	Sim	
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Completo	Desconheço	Garantia de abastecimento públicoEconomia financeira para o usuário	Não	Sim	a) Limpeza em Geral	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	c) Regar Plantas/Jardins	Não	Sim	Não	Sim	Não	
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Desconheço	Preservação dos corpos hídricos	Não	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardinsd) Irrigar Hortas/Pomares	Não	Não	Não	Sim	Sim	
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Ensino Médio Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Não	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardinsd) Irrigar Hortas/Pomares	Sim	Não	Não	Sim	Não	
Sim	Masculino	30 a 49 anos	Superior Incompleto	Tenho pouco conhecimento do tema	Economia financeira para o usuário	Sim	Não	c) Regar Plantas/Jardinsd) Irrigar Hortas/Pomares	Não	Não	Não	Sim	Sim	
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Ensino Médio Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Economia financeira para o usuário	Não	Não	a) Limpeza em Geral	Não	Sim	Sim	Sim	Sim	
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Incompleto	Tenho pouco conhecimento do tema	Economia financeira para o usuário	Não	Não	a) Limpeza em Geral	Sim	Não	Sim	Sim	Não	
Sim	Feminino	50 a 69 anos	Ensino Médio Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Não	Não	a) Limpeza em Geral	Não	Sim	Não	Sim	Sim	
Sim	Feminino		Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geral	Não	Não	Não	Sim	Sim	
Sim	Feminino	50 a 69 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geral	Não	Sim	Não	Sim	Sim	
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Incompleto	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Não	Sim	a) Limpeza em Geral	Não	Não	Não	Sim	Sim	
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Incompleto	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Não	Sim	a) Limpeza em Geral	Não	Não	Não	Sim	Sim	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Não	Não	a) Limpeza em Geral	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Completo	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Economia financeira para o usuário	Não	Sim	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Não	Sim	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Não	Sim	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Lavar Alimentosg) Beberg) Cozinha	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho pouco conhecimento do tema	Garantia de abastecimento público	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Sim		Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Não	Não	Não	Sim	
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Economia financeira para o usuário	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Sim	Não	Não	Sim	Não
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Incompleto	Tenho pouco conhecimento do tema	Garantia de abastecimento público	Não	Sim	a) Limpeza em Geral	Não	Sim	Sim	Sim	Não
Sim	Feminino	50 a 69 anos	Superior Completo	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não		Sim	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Incompleto	Tenho pouco conhecimento do tema	Economia financeira para o usuário	Não	Não	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardins	Não	Não	Não	Não	Sim
Sim	Feminino	50 a 69 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Não	Sim	Não	Não	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior Completo	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardins	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	50 a 69 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	18 a 29 anos	Superior Completo	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Garantia de abastecimento público	Sim	Não	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardins	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardins	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Economia financeira para o usuário	Não	Não	a) Limpeza em Geral	Não	Sim	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	30 a 49 anos	Superior Completo	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Não	Não	c) Regar Plantas/Jardins	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	50 a 69 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geralc) Irrigar Hortas/Pomares	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior Incompleto	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Não	Sim	b) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardins	Não	Sim	Sim	Sim	Não
Sim	Masculino		Superior Completo	Desconheço	Preservação dos corpos hídricos	Não	Não	a) Limpeza em Geral	Não	Não	Não	Sim	Sim

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Sim	Masculino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	c) Regar Plantas/Jardins	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	50 a 69 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Não	Sim	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos Garantia de abastecimento público Economia financeira para o usuário	Sim	Não	c) Regar Plantas/Jardins Irrigar Hortas/Pomares	Não	Sim	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	50 a 69 anos	Superior Completo	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geral	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Completo	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardins	Sim	Sim	Sim	Sim	Não
Sim	Masculino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Garantia de abastecimento público	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins Irrigar Hortas/Pomares	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior Completo	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Sim	Masculino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não		Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior Incompleto	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardins Irrigar Hortas/Pomares	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior CompletoEspecialização	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geral	Sim	Sim	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Completo	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricos Economia financeira para o usuário	Sim	Não	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardins	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	18 a 29 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Não	Não		Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	c) Regar Plantas/Jardins Irrigar Hortas/Pomares	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho pouco conhecimento do tema	Garantia de abastecimento público	Não	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins Irrigar Hortas/Pomares	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	18 a 29 anos	Superior Completo	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	e) Irrigar Hortas/Pomares	Não	Sim	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	30 a 49 anos	Superior Completo	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins Irrigar Hortas/Pomares	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	50 a 69 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins Irrigar Hortas/Pomares	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Ensino Médio Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Não	Sim	b) Lavagem de Roupas	Sim	Não	Não	Não	Sim
Sim	Feminino	50 a 69 anos	Superior Completo	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Garantia de abastecimento público	Não	Não	c) Regar Plantas/Jardins	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	18 a 29 anos	Superior Completo	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	c) Regar Plantas/Jardins	Sim	Sim	Não	Sim	Não
Sim	Masculino	30 a 49 anos	Superior Completo	Desconheço	Economia financeira para o usuário	Não	Não	c) Regar Plantas/Jardins Irrigar Hortas/Pomares	Não	Sim	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	50 a 69 anos	Superior Completo	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geral	Não	Não	Não	Sim	Não
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Ensino Médio Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geral	Não	Não	Não	Sim	Sim

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Economia financeira para o usuário	Sim	Não	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Lavar Alimento) Irrigar Hortas/Pomaresg) Beberg) Cozinhar	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior Completo	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Economia financeira para o usuário	Não	Sim	a) Limpeza em Geral	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior Completo	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardins	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	50 a 69 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Economia financeira para o usuário	Sim	Não	c) Regar Plantas/Jardins	Não	Não	Não	Sim	Não
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Ensino Médio Incompleto	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardins	Não	Não	Sim	Sim	Sim
Sim	Masculino	30 a 49 anos	Superior Completo	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricos	Não	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	50 a 69 anos	Ensino Médio Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Economia financeira para o usuário	Não	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Não	Sim	Sim	Sim	Não
Sim	Feminino	50 a 69 anos	Ensino Médio Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Economia financeira para o usuário	Não	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Não	Não	Não	Sim	Não
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Sim	Sim	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Garantia de abastecimento público	Não	Não	a) Limpeza em Geral	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Sim	Feminino	50 a 69 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Não	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins) Irrigar Hortas/Pomaresg) Beberg) Cozinhar	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior Incompleto	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins) Irrigar Hortas/Pomaresg) Beberg) Cozinhar	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior CompletoPós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho pouco conhecimento do tema	Economia financeira para o usuário	Sim	Sim	c) Regar Plantas/Jardins	Não	Não	Sim	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricosGarantia de abastecimento público	Não	Não	a) Limpeza em Geral	Sim	Não	Não	Sim	Não
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Ensino Médio Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Garantia de abastecimento público	Sim	Não	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardins	Sim	Sim	Não	Não	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Não	Não	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardins) Irrigar Hortas/Pomaresg) Beberg) Cozinhar	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricosGarantia de abastecimento público	Sim	Sim	c) Regar Plantas/Jardins) Irrigar Hortas/Pomaresg) Beberg) Cozinhar	Não	Não	Não	Sim	Não
Sim	Feminino	50 a 69 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Sim	Masculino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Economia financeira para o usuário	Sim	Não	a) Limpeza em Geral	Não	Não	Não	Sim	Não
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins) Irrigar Hortas/Pomaresg) Beberg) Cozinhar	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Ensino Médio Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardins	Não	Não	Não	Sim	Sim

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geral	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Completo	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricos	Não	Não	c) Regar Plantas/Jardins	Não	Sim	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Economia financeira para o usuário	Não	Sim	c) Regar Plantas/Jardins	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Sim	Feminino	50 a 69 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Não	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Completo	Desconheço	Preservação dos corpos hídricos	Não	Não	c) Regar Plantas/Jardins	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Garantia de abastecimento público	Não	Sim	a) Limpeza em Geral	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Ensino Médio Completo	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Economia financeira para o usuário	Não	Sim	a) Limpeza em Geral	Não	Não	Não	Sim	Não
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Não	Sim	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardinsd) Lavar Alimentos) Irrigar Hortas/Pomaresg) Cozinhar	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricosGarantia de abastecimento públicoEconomia financeira para o usuário	Sim	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	c) Regar Plantas/Jardins	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior IncompletoPós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho pouco conhecimento do tema	Garantia de abastecimento público	Não	Não	e) Irrigar Hortas/Pomares	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricos	Não	Não	a) Limpeza em Geral	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	50 a 69 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Desconheço	Garantia de abastecimento público	Sim	Sim	a) Limpeza em Geral	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Não	Não	a) Limpeza em Geral	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Não	Sim	a) Limpeza em Geral) Irrigar Hortas/Pomares	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Completo	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricosGarantia de abastecimento público	Sim	Sim	c) Regar Plantas/Jardins) Irrigar Hortas/Pomares	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Não	Masculino	18 a 29 anos	Superior Completo	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Garantia de abastecimento público	Sim	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins) Irrigar Hortas/Pomares	Sim	Não	Sim	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geralb) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardinsd) Lavar Alimentos) Irrigar Hortas/Pomaresg) Beberg) Cozinhar	Sim	Não	Não	Não	Sim
Sim	Feminino	50 a 69 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Não	Não	a) Limpeza em Gerald) Lavar Alimentosg) Beberg) Cozinhar	Não	Sim	Não	Sim	Não
Sim	Feminino	50 a 69 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Não	Não	a) Limpeza em Geralc) Regar Plantas/Jardins) Irrigar Hortas/Pomares	Não	Não	Não	Sim	Sim

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Sim	Masculino	18 a 29 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geral	Regar Plantas/Jardins	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	18 a 29 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	c) Regar Plantas/Jardins		Sim	Sim	Sim	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior Incompleto	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Garantia de abastecimento público	Sim	Não	a) Limpeza em Geral	b) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardins	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)		Sim	Não	a) Limpeza em Geral	Regar Plantas/Jardins		Sim	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	18 a 29 anos	Superior Completo	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geral	b) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardins	Não	Sim	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Ensino Médio Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Não	Sim	a) Limpeza em Geral	Regar Plantas/Jardins	Não	Sim	Não	Sim	Não
Sim	Masculino	30 a 49 anos	Ensino Fundamental Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Garantia de abastecimento público	Sim	Sim	a) Limpeza em Geral	b) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardins	Não	Sim	Não	Sim	Não
Não	Masculino	18 a 29 anos	Superior Completo	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geral	Regar Plantas/Jardins	Sim	Sim	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior Completo	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geral	Regar Plantas/Jardins	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	50 a 69 anos	Ensino Médio Incompleto	Tenho pouco conhecimento do tema	Garantia de abastecimento público	Não	Sim	a) Limpeza em Geral	Regar Plantas/Jardins	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	Inferior a 18 anos	Ensino Médio Incompleto	Tenho pouco conhecimento do tema	Preservação dos corpos hídricos	Não	Não	a) Limpeza em Geral		Não	Não	Não	Não	Não
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Garantia de abastecimento público	Não	Não	c) Regar Plantas/Jardins	Irrigar Hortas/Pomares	Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Tenho pouco conhecimento do tema	Garantia de abastecimento público	Sim	Não	a) Limpeza em Geral	b) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardins	Não	Não	Sim	Sim	Não
Sim	Feminino	18 a 29 anos	Superior Incompleto	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geral		Não	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Masculino	30 a 49 anos	Pós-graduação (Mestrado/Doutorado)	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Não	a) Limpeza em Geral	Regar Plantas/Jardins	Não	Sim	Sim	Sim	Sim
Sim	Masculino	18 a 29 anos	Superior Completo	Sou conhecedor do tema (profissional da área, pesquisador)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geral	b) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardins	Sim	Não	Não	Sim	Sim
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Completo	Tenho conhecimento médio do tema (estudante)	Preservação dos corpos hídricos	Sim	Sim	a) Limpeza em Geral	b) Lavagem de Roupasc) Regar Plantas/Jardins	Não	Sim	Sim	Sim	Não
Sim	Feminino	30 a 49 anos	Superior Completo	Tenho pouco conhecimento do tema	Garantia de abastecimento público	Não	Não	a) Limpeza em Geral		Não	Não	Não	Sim	Sim