



XII
ENANPPAS

ENCONTRO NACIONAL
DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL
DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
EM AMBIENTE E SOCIEDADE

**COP30: ENFRENTAMENTOS ÀS
DESIGUALDADES SOCIAIS
E EMERGÊNCIA CLIMÁTICA**

POLÍTICA DE ECONOMIA CIRCULAR DA ÁGUA E REUSO: MODELOS E PROPOSTAS

Emerson Sousa Lopes¹; José Irivaldo Alves de Oliveira Silva²

¹ Universidade Federal de Campina Grande, lopes.edu.pesquisa@gmail.com

² Universidade Federal de Campina Grande, Jose Irivaldo@professor.ufcg.edu.br

GT 03: Água, Emergência Climática, Território e Governança.

RESUMO

No Brasil, a crença na abundância de água esconde uma realidade de escassez que já afeta diversas regiões, como o semiárido e a Amazônia. Embora a água seja um recurso renovável, sua gestão exige regulação jurídica e socioambiental. Um enfoque promissor é a implementação de políticas de economia circular, especialmente por meio do reuso da água. No entanto, falta uma base legal robusta para isso no país. Este projeto visa analisar a gestão e governança do reuso hídrico em contextos de mudanças climáticas, realizando um levantamento bibliográfico e mapeando experiências nacionais e internacionais que favoreçam a aplicação no semiárido, além de investigar instrumentos jurídicos eficazes e a relevância do reuso na bacia do Rio Paraíba. A pesquisa envolverá revisão de literatura em diferentes idiomas e também catalogação de experiências locais nas universidades e institutos de pesquisa.

Palavras-chave: Reuso da Água. Economia Circular

Destaques (highlights)

- Economia circular da água no mundo
- Reuso de águas nos estados brasileiros
- Experiências nacionais e internacionais do reuso de água
- Diretrizes socioambientais e jurídicas para o reuso de água



XII
ENANPPAS

ENCONTRO NACIONAL
DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL
DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
EM AMBIENTE E SOCIEDADE

**COP30: ENFRENTAMENTOS ÀS
DESIGUALDADES SOCIAIS
E EMERGÊNCIA CLIMÁTICA**

INTRODUÇÃO

As práticas de reutilização da água na sociedade são milenares (SANTOS *et al.*, 2024). Os aspectos legais e ambientais sobre o reúso de água no mundo não é um fator recente, mas com a aceleração das mudanças do clima o assunto tem ganhado maior repercussão global, inclusive no que tange a educação ambiental, novos arranjos institucionais, tecnologias para a recuperação de águas residuais e economia circular para o uso racional e sustentável dos recursos hídricos mediante as emergências climáticas.

Embora a preocupação com o reúso da água seja uma questão global, alguns países ainda não consolidaram políticas públicas para a sua reutilização, portanto muitos locais carecem de regulamentação e adotam as diretrizes estabelecidas pela Organização Mundial da Saúde (OMS). As primeiras instruções para o reúso da água na agricultura foram publicadas em 1973, tendo atualizações em 2006 (LIMA *et al.* 2018) e em 1918 o estado da Califórnia (EUA) publica a primeira regulamentação do reúso de água do mundo (ANGELAKIS *et al.*, 2018).

Partindo destes apontamentos, este trabalho faz entender que os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS6) da Organização das Nações Unidas (ONU) são ações de gestão sustentável de água e saneamento, estabelecidas pela agenda 2030 que objetiva o alcance de metas sociais, econômicas e de governança para a mitigação dos impactos das mudanças climáticas, que para Silva (2023) é um objetivo difícil de ser alcançado.

Para essa finalidade, é necessário esforços conjuntos entre governos, sociedades civis e a iniciativa privada através de planos de ações governamentais e intergovernamentais que objetiva erradicar a pobreza, proteger o meio ambiente e conter a aceleração das mudanças clima causadoras do superaquecimento na atmosfera terrestre que conseqüentemente afeta o ecossistema hídrico em ampla escala dos fatores que abarcam os direitos humanos.

Um da Organização Meteorológica Mundial (OMM, 2024) destacou que houve um aceleração nas alterações do clima, com um ciclo de chuvas recordes. Embora exista preocupação com essas alterações, não obstante, existem barreiras tecnológicas, econômicas, jurídicas e socioambientais que impedem a construção de novas políticas institucionais para a

Apoio:



Realização:



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
SUSTENTABILIDADE



Financiamento:





XII
ENANPPAS

ENCONTRO NACIONAL
DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL
DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
EM AMBIENTE E SOCIEDADE

**COP30: ENFRENTAMENTOS ÀS
DESIGUALDADES SOCIAIS
E EMERGÊNCIA CLIMÁTICA**

implementação de parâmetros sustentáveis do reúso de águas (BALLESTEROS-OLZA, M *et al*, 2022).

Para Santos *et al.* (2024) a contenção dos avanços do estresse de recursos hídricos, imposto por essas mudanças e pelo crescimento demográfico em regiões áridas e semiáridas requer alternativas sustentáveis para combater a escassez dos recursos hídricos naturais, porém a governança institucional, legal, social e econômica tem se tornado cada vez mais complexas. Portanto, atualmente o tema sobre a reúso de água tem sido objeto de pesquisa de múltiplas áreas das ciências, para métodos de reutilização de água potável e não potável.

O presente artigo identifica fatores relevantes de tecnologia, da economia circular e de medidas regulatórias para reúso sustentável dos corpos hídricos. Existe o fator social de educação, consciência e aceitação (SANTOS *et al*, 2024), mas existe também, a necessidade de política econômica tarifária no que tange ao consumo, pois há uma distinção mercadológica do reúso de águas para além da produção, consumo e descarte. Assim, um plano de ação de economia circular é fundamental para a expansão da reutilização de águas recuperadas, potável e não potável. (BALLESTEROS-OLZA, M *et al*, 2022).

O objetivo deste estudo é explorar o ODS 6 (água potável e saneamento), atrelado ao ODS 13 (ação contra mudança global do clima), alinhados a agenda 2030 da ONU, assim, a partir da dinâmica da economia circular, identificar diretrizes jurídicas e socioambientais de projetos e experiências nacionais e internacionais para a resiliência do semiárido brasileiro, tendo como principal objeto de pesquisa a bacia hidrográfica do Rio Paraíba.

Por fim, através das observações feitas nesta pesquisa, incluindo o Brasil, foram verificados aspectos socioambientais e jurídicos de países como a Espanha, Portugal, Itália, Israel, Arábia Saudita, Singapura e China, identificados através de protocolos apontados na metodologia da pesquisa.

METODOLOGIA

A metodologia adotada para o desenvolvimento deste artigo consiste na realização de um estudo sistematizado, com base no “estado da arte”, a partir de aspectos exploratórios e de revisão da literatura. Através do uso de descritores, de palavras-chave em inglês, espanhol e português, realizou-se a busca de artigos científicos dos últimos sete anos (2018-2024),



indexados nas bases de dados da Scopus, Latindex e Scielo, em diversas áreas de estudos, para mapear a produção do conhecimento em âmbito nacional e internacional e identificar lacunas de áreas de conhecimento e tendências na produção científica que podem ser aplicadas no semiárido brasileiro através das amostras coletadas para o aproveitamento dos resultados da pesquisa.

Fig. 1 - Descritores de Palavras-chave

SCOPUS	SCIELO	LATINDEX
Descritores	Descritores	Descritores
<i>"water reuse AND "circular economy".</i>	("economia circular" OR "reuso da água") AND ("reuso da água")	<i>"reutilización del agua"</i> <i>"economía circular"</i>
Total de Artigos	Total de Artigos	Total de Artigos
102	24	117
Artigos Seleccionados	Artigos Seleccionados	Artigos Seleccionados
43	11	42

Fonte: Elaborado pelo autor

Os critérios para a seleção dos periódicos indexados nas bases de dados foram através da leitura dos resumos dos trabalhos a partir da verificação da compatibilidade dos textos com os assuntos propostos no projeto. Dessa forma percebe-se que houve um afunilamento da leitura e conseqüentemente uma redução na quantidade de artigos, como demonstra a figura 1.

A pesquisa bibliográfica, documental e de acompanhamento da atuação do Comitê de Bacia do Rio Paraíba poderá nos dar subsídio para compreender como pode ser a relevância do reuso da água nesse contexto regional, ao analisar a importância e o potencial do reuso para a bacia hidrográfica do Rio Paraíba.



RESULTADO E DISCUSSÃO

Para entender as experiências internacionais o quadro 1 apresenta fatores socioambientais e jurídicos, como regulamentação e implementação de tecnologias em Estações de Tratamento de Águas Residuais (ETAR), bem como fatores de consumo das países analisados.

Quadro 1 – Experiências Internacionais

Experiências Internacionais	Tecnologia Utilizada	Regulamentação	Consumo
Espanha	Ultrafiltração por Membrana e Osmose Reversa.	Desde 1985, atualizada em 2001. Em 1991 aprova a Diretiva 91/271 da UE.	Reuso de Água Potável em Irrigação; Áreas Turísticas e Industriais.
Itália	Dessalinização por Osmose Reversa; Filtragem e Desinfecção UV.	Diretiva 91/271 da UE.	Água de Reuso Potável Para a Agricultura e Irrigação; Abastecimento Industrial e Consumo Humano em Geral
Portugal	Dessalinização; Radiação e Ultrafiltração por Osmose Reversa.	Decreto-Lei n° 119/2019 e Diretiva 91/271 da UE.	Reuso Não Potável Para Diversos Fins 1,2 % do Esgoto Tratado
Arábia Saudita	Dessalinização e Biorreator de Membrana Anaeróbica (AnMBR).	Em 1991 o Reino já Tinha 22 Estações de Tratamento de Esgoto em Operação.	Reuso Potável Para a Agricultura, Irrigação e Produção de Pnsumos Cerca de 59% de reuso



Israel	Dessalinização de água por Osmose Reversa; Irrigação por Gotejamento e Biofiltração	Desde 1959 Atualização em 2010.	Reuso Potável Para a Agricultura e Irrigação 90% de esgoto tratado
Cingapura	Microfiltração, Osmose Inversa e Desinfecção UV	<i>Clean Water Policy</i> – aspectos e metas integradas	Reuso Potável e Não Potável. Para Todos os Fins 40% com Projeção Futura de 55% até 2060
China	Dessalinização; Desinfecção Biológica e Ultrafiltração Por Osmose Reversa	Em 2008 houve implementação específica para o reuso	Industrialização e Agricultura 20% do Esgoto Tratado e Reutilizado

Fonte: Instituto Reúso da Água – IRDA. 2023.

Lima, M. A. M et al. “Análise Prática dos Aspectos Legais das Principais Plantas de Reuso Potável de Águas no Mundo.

O quadro 2 aponta algumas experiências nacionais sobre tecnologia, regulamentação e consumo de águas residuais tratadas em estados brasileiros. O objetivo dos dados inseridos neste quadro é fazer uma análise comparada das experiências nacionais com as experiências internacionais citadas neste artigo.

Quadro 2 – Experiências Nacionais

Experiências Nacionais	Tecnologia Utilizada	Regulamentação	Consumo
Bahia	Lodo ativado; desinfecção biológica por cloração; Radiação; Ultrafiltração e Osmose Reversa.	Resolução CONERH n°75 de 2010	Reuso Não Potável em Processos Industriais
Ceará	Desinfecção por cloração e Radiação UV; Osmose Reversa	Resolução COEMA n°02 de 2017	Reuso Não Potável em Processos Industriais; Atividades Agrícolas e Arrigação
Minas Gerais	Reatores UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket); Wetlands; ETEs e Circulos de Bananeiras e, Áreas	Deliberação Normativa CERH,	Reuso Não Potável Para Agricultura e



XII
ENANPPAS

ENCONTRO NACIONAL
DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL
DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
EM AMBIENTE E SOCIEDADE

**COP30: ENFRENTAMENTOS ÀS
DESIGUALDADES SOCIAIS
E EMERGÊNCIA CLIMÁTICA**

	Rurais	nº65 de 2020	Irrigação
Maro Grosso do Sul	Reatores UASB; Reatores de Batelada Sequencial (RBS); ETEs e Circulos de Bananeiras em áreas rurais	Resolução CERH/MS nº 72 de 2022	Reuso não Potável Para Agricultura e Irrigação
Distrito Federal	Reatores UASB; Reatores de Batelada Sequencial (RBS) e Tanques de Evapotranspiração (TEvap)	Resolução nº 005 de 2022	Reuso não Potável Para Agricultura e Irrigação
Rio Grande do Sul	Lodos Ativados; Eletroflotação; Reatores Anaeróbios; Filtros Biológicos e Reatores de Batelada Sequencial (RBS)	Resolução CONSEMA, nº 419 de 2020	Reuso não Potável Para Agricultura e Irrigação
São Paulo	Desinfecção por Cloração, Radiação UV; Carvão Ativado e Outras Tecnologias Eletroquímicas	Resolução conjunta nº01 SES/SIMA de 2020	Reuso Potável Industrial e Urbano
Paraná	Reatores UASB e Reatores de Batelada Sequencial (RBS)	Resolução CERH nº 122 de 2023	Reuso não Potável Para Agricultura e Irrigação

Fonte: Instituto Reuso da Água – IRDA. 2023.

No quadro 2 observa-se que são poucos os estados (sete) brasileiros que adotaram regulamentação específica para o reuso de águas. As regiões brasileiras com norma específica avançaram na implementação de tecnologias mais avançadas para o tratamento de águas residuais, para uso potável com destaque para o estado de São Paulo com as ações da SANASA Campinas e SABESP e não potável e para o reuso não potável nas demais regiões, principalmente para procedimentos agrícolas, de irrigação e industriais.

Assim, os estados brasileiros sem regulamentação específica carecem de modernização tecnológica e parcerias robustas para o tratamento e reuso de águas. Essas regiões acabam por utilizar métodos mais convencionais como ocorre em boa parte dos municípios do nordeste brasileiro que utiliza de tratamento de águas cinzas através da distribuição de cisternas para armazenamento de água e captação de águas da chuva para consumo humano.

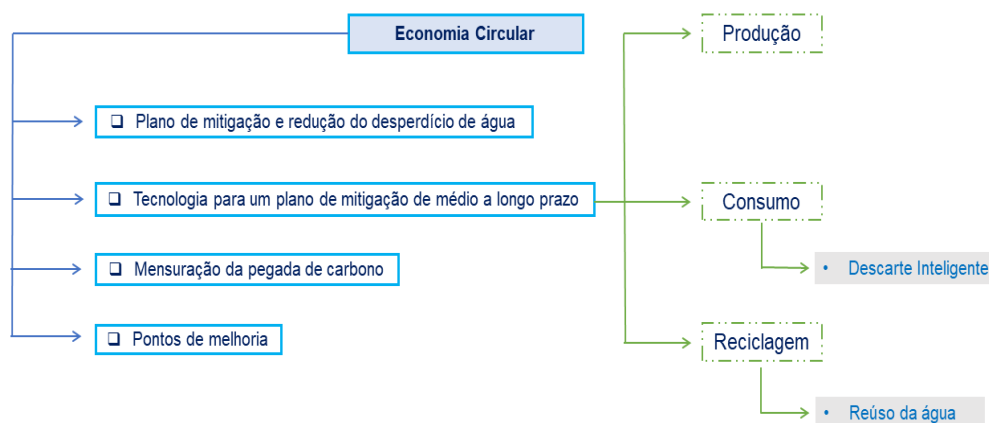
CONSIDERAÇÕES FINAIS OU CONCLUSÃO

Observando as experiências internacionais deste estudo, é possível entender que o uso de tecnologia também é um fator socioambiental. O uso de membrana para tratamento de águas residuais é frequentemente discutido na indústria de gestão hídrica, para o uso potável e não potável na agricultura e irrigação, industrialização e consumo humano em geral.

No Brasil e principalmente no semiárido brasileiro, na maior parte dos estados se utiliza de tecnologias convencionais para o tratamento de águas residuais, como a desinfecção microbiana através da cloração ao invés de tecnologias mais avançadas propostas por estudos e instituições que são referência no reúso de água. Nesse sentido, é possível entender que embora existam entraves e barreiras para a viabilização de projetos sustentáveis

O programa de Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da Organização das Nações Unidas (ONU) é um programar impulsionador para o cumprimento de agendas estratégicas não somente para valorização humana dos recursos hídricos (ODS6), mas também com a ação global contra mudança do clima (ODS13). O planejamento correto e sustentável dos países que aderem ao alcance de metas do programa global envolve responsabilidade social, valorização humana dos recursos, redução de CO₂, combate às desigualdades, educação ambiental e a economia circular sustentável.

Fig. 2 - Dinâmica da Economia Circular



Fonte: Elaborada pelo autor



XII
ENANPPAS

ENCONTRO NACIONAL
DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL
DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
EM AMBIENTE E SOCIEDADE

**COP30: ENFRENTAMENTOS ÀS
DESIGUALDADES SOCIAIS
E EMERGÊNCIA CLIMÁTICA**

Uma economia circular efetiva só é possível através de um plano de ações para mitigação dos problemas socioambientais e jurídicos que o Brasil e principalmente o semiárido brasileiro enfrenta.

REFERÊNCIAS

- PAUL, J; CRIADO, R. A. “The art of writing literature review: What do we know and what do we need to know”. p. 1. 2020.
- SANTOS, A. S. P et al. “Uma perspectiva para a aceitação do reúso da água: histórico da valorização das águas residuais ao longo do desenvolvimento da sociedade”. p. 337-343. Política da Água Vol 26 No 4, 336 doi: 10.2166/wp.2024.196.
- SANTOS, A. S. P et al. “A technical–scientific content management system on water reuse as an environmental education tool: the experience of a Portugal/Brazil partnership”. Water Supply Vol 00 No 0, 1 doi: 10.2166/ws.2024.214. p. 3
- LIMA, M. A. M et al. “Análise Prática dos Aspectos Legais das Principais Plantas de Reuso Potável de Água no Mundo”. 18.º ENASB/18.º SILUBESA, Porto, 10-12 outubro 2018. p. 2-4.
- MOURA, P. G et al. “Água de reúso: uma alternativa sustentável para o Brasil”. 791-792. 2020
- DREWNOWSKIA. J et al. “Drewnowska Strategy towards the use of ultrafiltration and reverse osmosis for industrial water recovery and reuse as part of the Green Deal Implementation”. 2023. p. 228.
- BALLESTEROS-OLZA. M et al. “Using reclaimed water to cope with water scarcity an alternative for agricultural irrigation in Spain”. 2022. p. 2-
- SILVA, J. I. A. O. “Governança Comparada da Água” 2023. p.3-4.
- ALI. M et al. “Adopting the circular model: opportunities and challenges of transforming wastewater treatment plants into resource recovery factories in Saudi Arabia”. 2022. Water Reuse Vol 12 No 3, 346 doi: 10.2166/wrd.2022.038. p. 1-9
- ALMULHIM. A. I & AL-SAIDI. M. “Circular economy and the resource nexus: Realignment and progress towards sustainable development in Saudi Arabia” 2023.
- FREITAS. D.O. “A Dessalinização No Contexto da Gestão de Águas Em Israel: Comparação Com O Caso Brasileiro”. 2019. UFF, RJ. P. 57-67
- GARCIA. J. R & WEINS. N. W. “Economia Política da água na China e no Brasil: Algumas Reflexões” ResearchGate, 2022. p. 6-8.
- DEL VILAR. A & GARCÍA-LÓPEZ. M “The Potential of Wastewater Reuse and the Role of Economic Valuation in the Pursuit of Sustainability: The Case of the Canal de Isabel II”. MDPI. Espanha, 2023. p.2
- BERNABÉ-CRESPO. M. B et al. “A Examining the implementation of potable water reuse in sewersheds of Southeastern Spain”. Urban Water Journal, 2022. p. 630-635.
- GARCÍA-LÓPEZ. M et al. Internalization Analysis Of Environmental Costs Of Wastewater Treatment In The Valencian Community, Spain” WIT Transactions on Ecology and the Environment, Vol 229, 2019. p.



XII
ENANPPAS

ENCONTRO NACIONAL
DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL
DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
EM AMBIENTE E SOCIEDADE

**COP30: ENFRENTAMENTOS ÀS
DESIGUALDADES SOCIAIS
E EMERGÊNCIA CLIMÁTICA**

- JIMENEZ-BENÍTEZ.A et al. “AnMBR, reclaimed water and fertigation Two case studies in Italy and technological Feasibility an CO2 Emissions Within the EU Innovation Deal Initiative”. 2020. p. 211
- SANTOS. A. S. P et al. “A technical–scientific content management system on water reuse as an environmental”.
- education tool: the experience of a Portugal/Brazil partnership”. Water Supply Vol 00 No 0, 1 doi: 10.2166/ws.2024.214.
- RAMÍREZ-AGUDELO. N. A et al. “Exploring alternative practices in urban water management through the lens of circular economy–A case study in the Barcelona metropolitan área”. Journal of Cleaner Production. Barcelona. 2021. p. 3
- NERI. A et al. “Barriers and drivers to the development of an effective water reuse chain: insights from an Italian water utility”. Clean Technologies and Environmental Policy. Milão, Itália, 2024. p 1.
- SOUSA. C. M et al. “Reuso de Água de Drenagem Subterrânea em Canteiro de Obras e para Irrigação de Jardins: Um Estudo de Caso em Fortaleza - CE”. Revista Brasileira de Metodologia, 2021. p. 625.
- OLIVEIRA. S. F. M et al. “Caracterização do lodo de Estação de Tratamento de Água (ETA) da cidade de Palmeira dos Índios - Alagoas para potencial aplicação em massas cerâmicas”. Revista Matéria, v. 28 nº 4. Alagoas, 2023. p. 2.

Apoio:



Realização:



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
SUSTENTABILIDADE



Financiamento:

