



Para citar este artículo: Cansi, F. & Márcio Cruz, P. (2020). "Agua nueva": notas sobre sostenibilidad de la economía circular. *Sostenibilidad: económica, social y ambiental*, 2, 49-65. <https://doi.org/10.14198/Sostenibilidad2020.2.04>

“Agua nueva”: notas sobre sostenibilidad de la economía circular

“New water”: notes on sustainability from the circular economy

Francine Cansi

Universidade do Vale do Itajaí, Brasil
francine@ctmadvocacia.com
<https://orcid.org/0000-0002-1434-4862>

Paulo Márcio Cruz

Universidade do Vale do Itajaí, Brasil
pcruz@univali.br
<https://orcid.org/0000-0002-3361-2041>

RESUMEN

La adopción de un enfoque de economía circular para la gestión de aguas superficiales y/o subterráneas permite a los sectores y agentes mundiales encargados del agua lograr suministros seguros, sostenibles y de calidad para el futuro. La economía circular ha surgido como una herramienta y un marco que alinea los resultados económicos y ambientales. Dado esto, el presente estudio busca comprender la reutilización del agua bajo el prisma de la economía circular e investiga las oportunidades y los riesgos en el desempeño durante esa transición. Es un análisis cuyo método utilizado en la fase de investigación es el inductivo; en la fase de procesamiento de datos, el cartesiano, y en el informe, se emplea el método deductivo-inductivo. El argumento económico para adoptar enfoques circulares en la gestión de aguas subterráneas queda demostrado por el beneficio potencial de sus principios rectores, que retienen más valor en productos, componentes y materiales, manteniéndolos en uso por más tiempo y proyectando el tratamiento de los desechos desde el principio. La economía circular acontece, por tanto, como herramienta para alcanzar la sostenibilidad.

Palabras clave: agua subterránea; economía circular del agua; sostenibilidad de los recursos hídricos.



License: this work is licensed under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

ABSTRACT

Adopting a circular economy approach to surface and/or groundwater management enables the global water sector to achieve safe, sustainable and quality water supplies for the future. Circular economics has emerged as a tool and framework that aligns economic and environmental outcomes. Given this, the present study seeks to understand the form of water reuse from a circular economy perspective and investigates opportunities and risks for water reuse with the transition to this economy. It is a research whose method used in the investigation phase is the inductive; in the data processing phase, the Cartesian, and in the report, that is, the deductive-inductive method is employed. The economic argument for circular groundwater approaches has been demonstrated by the potential benefit of its governing principles, which retain more value in products, components and materials, keeping them in use longer and planning waste from the start. Circular economy emerges, therefore, as a tool to reach sustainability.

Keywords: groundwater; circular water economy; sustainability of water resources.

1. Introducción

El presente ensayo destaca la importancia de la economía circular basada en el elemento agua como una alternativa para su gestión, ya sea agua superficial o subterránea. De acuerdo con las enseñanzas de Melgarejo Moreno (2019), la economía circular permite al sector global en materia de recursos hídricos alcanzar suministros de agua seguros, sostenibles y de calidad para el futuro. Así, el objetivo principal del estudio es comprender la forma de reutilizar el agua bajo la perspectiva de la economía circular e investiga las oportunidades y los riesgos para la reutilización del agua, considerando en paralelo la transición hacia ese modelo económico.

Es necesario abordar la relevancia de la protección de los recursos hídricos para caracterizar sus elementos fundamentales y relacionar la importancia de la economía circular con la sostenibilidad de dichos recursos hídricos. Las ciencias jurídicas y sociales, a través del derecho ambiental, permiten la adopción de prejuicios legales interdisciplinarios a través de diferentes pensadores que vislumbran reflexiones que muestran, efectivamente, el camino para alcanzar la sostenibilidad de las aguas, lo que confirma la sostenibilidad como un nuevo paradigma de derecho, así defendido por Cruz y Bodnar (2011).

Para llevar a cabo la investigación, el método utilizado en la fase de investigación es inductivo; en la fase de tratamiento de datos, el cartesiano y en el informe de investigación, es decir, en este estudio, se utiliza el método deductivo-inductivo. En las diferentes fases de investigación se han utilizado técnicas de referencia, categoría, concepto operativo y de revisión bibliográfica.

La economía circular surgió como una herramienta y estructura que alinea los resultados económicos y ambientales. El enfoque económico de los modelos circulares de aguas subterráneas ha sido demostrado por el beneficio potencial de los principios que lo rigen, de los cuales retiene más valor en productos, componentes y materiales, manteniéndolos en uso por más tiempo y proyectando los desechos desde el principio. Por lo tanto, cuando se aplica el concepto de la economía circular a la gestión de las aguas subterráneas, se promueve superar cualquier desconexión entre su destino y los impactos negativos sobre el medio ambiente. La reutilización del agua es una consideración vital en la transición a una economía circular y este artículo examina las oportunidades y los riesgos que ello conlleva, de tal forma

que este enfoque en la gestión de los recursos hídricos permita el desarrollo de un futuro sostenible.

2. Notas generales sobre la sostenibilidad del agua

Según Cruz y Bodnar (2011), debido a la importancia y centralidad en el orden político actual, es posible afirmar que la sostenibilidad puede entenderse como una fuerza impulsora en el proceso de consolidación de una nueva base axiológica para el derecho, por lo tanto, es esencial reconocer las múltiples dimensiones de la sostenibilidad en conjunto con los objetivos de los medios de vida de las personas. Las actividades humanas interfieren de varias maneras en el ciclo natural del agua y afectan a la relación sociedad-agua. El aumento constante de la población humana y sus expectativas con respecto al nivel de vida aumentan la demanda de explotación de los recursos existentes, incluido el agua (Chowdhury, 2013). Desde la Revolución Industrial, la cantidad total de residuos ha aumentado exponencialmente, ya que el crecimiento económico se ha basado en un modelo de "tomar, consumir, descartar". Este modelo lineal supone que los recursos son abundantes, disponibles y económicos para su eliminación.

Sachs (2000) afirma que la conservación y el uso racional de la naturaleza pueden y deben ir de la mano. El desafío es: ¿cómo conservar eligiendo las estrategias de desarrollo adecuadas en lugar de simplemente multiplicar las reservas supuestamente inviolables? ¿cómo planificar la sostenibilidad múltiple de la Tierra y los recursos renovables? El modelo lineal afronta desafíos significativos de una variedad de tendencias, que incluyen el rápido crecimiento demográfico y económico, la rápida urbanización y el cambio climático, que afectan a la disponibilidad y a la calidad de los recursos para el desarrollo sostenible. Con respecto al agua, para 2050, la demanda mundial de agua superará el suministro en el escenario normal, mientras que la calidad del agua se deteriorará aún más, pues el 80% de las aguas residuales del mundo se libera al medio ambiente sin tratamiento.

El uso productivo no necesariamente tiene que dañar el medio ambiente o destruir la diversidad, si somos conscientes de que todas nuestras actividades económicas están firmemente arraigadas en el entorno natural (Barbosa, 2008). Los tres principios básicos de sostenibilidad que deben cumplirse son: desarrollo económico, protección del medio ambiente y equidad social. Aun así, con la falta de control de la población y la miseria de los países subdesarrollados, la explotación ambiental todavía ha sido vista como un factor secundario en los últimos años por los países desarrollados (Lozano, 2012, p. 15).

Para Voulvoulis (2018), el desarrollo sostenible está vinculado al "progreso" ya que, en general, a medida que las sociedades humanas absorbieron en sus territorios la protección del medio ambiente a través de acciones educativas para la sostenibilidad, la conciencia y el cambio, estos patrones de consumo e investigación se convierten en componentes básicos de la existencia social misma.

Por ello, es necesario crear líneas estratégicas para afrontar el problema ambiental que puedan tener el efecto deseado en el proceso de construcción de una sociedad sostenible, promoviendo la acción coordinada desde todas las etapas de la intervención ambiental, insertando en este contexto las acciones de educación ambiental para que las medidas políticas, legales, institucionales y económicas se dirijan hacia la protección, la recuperación y la mejora social y ambiental (Barros y Pinheiro, 2017).

De esta manera, como un medio para alcanzar la sostenibilidad, se tiene como premisa modificar las actitudes y prácticas personales, permitiendo a las comunidades cuidar de su propio entorno, generando una estructura nacional para la integración del desarrollo y la conservación o constituyendo una alianza mundial (Benhosi y Fachin, 2013; Berrueta et al. 2017).

El desarrollo sostenible, según Boer (2015) y Spangenberg (2017) adopta una postura en defensa del medio ambiente y de promover la continuidad de las generaciones, afirmando que es necesario desarrollar en armonía teniendo en cuenta las limitaciones ecológicas del planeta, sin destruir el medio ambiente, para que las generaciones futuras tengan la oportunidad de existir y vivir bien, de acuerdo con sus necesidades, como mejorar la calidad de vida y las condiciones de supervivencia.

Para Leider y Rashid (2016), los criterios de sostenibilidad requieren una determinación de las nuevas prioridades definidas por la sociedad, a través de una nueva ética del comportamiento humano y una recuperación de los intereses sociales y colectivos, que abarque un conjunto de cambios clave en la estructura producción y consumo, revirtiendo así la situación de degradación ambiental y miseria social de sus causas.

Ante esto, el agua sigue siendo uno de los recursos peor gestionados del planeta, considerando la escala global. La gestión actual refleja, en términos generales, el estado de las masas de agua de modo instantáneo y fijo, mientras que el estado real y su dinámica en la naturaleza no se consideran (Sasakova et al., 2018). Tres mil millones de personas se unirán a la clase global de consumidores en las próximas dos décadas, acelerando la degradación de los recursos naturales y aumentando la competencia por ellos, siendo el sector del agua el que soporte los mayores desequilibrios. Para Dossa y Kaeufer (2017), la escasez ya es tan grave que no podemos lograr muchos de nuestros objetivos económicos, sociales y ambientales deseados; si continuamos con el crecimiento económico de los últimos años, la demanda global de agua superará los recursos viables en un 40% para 2030.

Según Ziegler (2019), la demanda global de agua dulce conducirá a un grave estrés hídrico, derivado principalmente de un modelo lineal de uso del agua, en el que se contamina y se desperdicia a medida que viaja a través del sistema, disminuyendo en cantidad y en calidad al retornar al ciclo del agua. Además, el problema de la crisis del agua es el resultado de la falta de comprensión o descuido de perspectivas más amplias, a través de una visión holística de naturaleza política, económica y cultural, por medio de esquemas de buena gobernanza.

A escala mundial, según Assunção (2019), hay una transición a la economía circular que se centra en las “3R”, procedentes de reducir el consumo de materiales, reutilizarlos y recuperarlos a partir de los desechos. En el contexto de la gestión del agua, las ciudades y sus respectivos servicios públicos de agua están comenzando a promover la reducción del consumo de agua, la reutilización del agua y la recuperación de materiales de las aguas residuales.

Cabe destacar que el agua subterránea, por ejemplo, es la fuente más abundante de agua dulce en la tierra y crucial para la vida. Según Velis et al. (2017), el agua subterránea es el recurso oculto en los poros y grietas en el subsuelo, después de atravesar la superficie de la Tierra o haber quedado atrapado debido a la sedimentación o la actividad volcánica. El agua subterránea no solo es la principal fuente de agua potable para la mitad de la población

mundial, sino que también sustenta los ecosistemas al proporcionar agua, nutrientes y una temperatura relativamente estable. Los seres humanos pueden confiar en estos ecosistemas relacionados con las aguas subterráneas para la producción de alimentos, energía, salud o usos recreativos.

Muchos expertos, como Leider y Rashid (2016), defienden que el tratamiento innecesario del agua resulta de sistemas políticos o económicos disfuncionales y mercados mal definidos. Pero el problema real es que el agua se introduce en un modelo lineal en el que se contamina cada vez más a medida que viaja a través del sistema, haciendo imposible su uso futuro. Esta práctica convierte nuestro recurso más valioso y universal en un hilo inútil, creando altos costes para los usuarios posteriores y para la sociedad en general. Esto se hace evidente en los ríos que ya no llegan al mar, en los acuíferos que se agotan en muchos lugares y en las fuentes de agua contaminada, cada vez más visibles. Incluso los países con sistemas avanzados de gestión del agua violan estas reglas fundamentales, con defectos en el proceso de purificación del agua antes de verterla en el medio, ya sea debido a los elevados costes energéticos o de los inputs específicos desde el punto de vista químico, o bien a la falta de adaptación de los procesos en las plantas de tratamiento: finalmente, las sustancias contenidas en el agua se convierten en contaminantes. Igualmente preocupante es que cualquier volumen de agua eliminada del sistema rara vez se reemplaza por un flujo de retorno de la misma calidad (Sasakova et al., 2018).

Del mismo modo, Voulvoulis (2018) afirma que la contaminación del agua subterránea se produce como resultado de la liberación de contaminantes en el suelo en los depósitos naturales de agua subterránea, es decir, acuíferos. Una vez que los contaminantes liberados llegan al agua subterránea, causan la denominada contaminación difusa. Es un tipo de contaminación del agua causada principalmente por la liberación intencional o accidental de sustancias por actividades antropogénicas o causas naturales.

Los contaminantes generalmente se mueven dentro de un acuífero, dependiendo de las propiedades biológicas, físicas y químicas, dándose procesos tales como la difusión, dispersión, absorción y velocidad del movimiento del agua. En todo el mundo, los sistemas sépticos son la principal causa de la contaminación del agua subterránea (Barros y Pinheiro, 2017).

Además, Leider y Rashid (2016) exponen que los desechos peligrosos, como productos químicos fotográficos, aceite de motor, aceite de cocina, disolventes, medicamentos, productos químicos para piscinas, pinturas y productos químicos para jardines o agricultura, al contactar con el suelo llegan a los acuíferos, precisamente por su dispersión y absorción. Del mismo modo, los productos derivados del petróleo, cuyo transporte se realiza principalmente bajo tierra, cuando se derraman o vierten, conducen también a la contaminación del agua subterránea

Los residuos sólidos, según Spangenberg (2017), cuando se liberan al suelo tras su almacenamiento incorrecto en vertederos, también contribuyen mediante la lixiviación con la contaminación del agua subterránea, a través de la precipitación y la escorrentía. Es por ello por lo que los sistemas de recubrimiento e impermeabilización de vasos son obligatorios para evitar la lixiviación.

El sector agrícola, según Boer (2015) produce millones de toneladas de productos químicos, fitosanitarios o fertilizantes, siendo una de las principales causas de contaminación de los

acuíferos, debido al su excesivo. Otras causas de contaminación del suelo son los pozos abandonados, que pueden actuar como una vía para que los contaminantes lleguen a los acuíferos. Los pozos mal contruidos, que pueden no tener el recubrimiento y la cobertura adecuados, pueden contaminar el agua subterránea que llega a los mismos. Otra causa de contaminación son las actividades mineras, en las cuales, por precipitación, los minerales solubles se pueden lixiviar hacia el agua subterránea (Ziegler, 2019).

Las centrales eléctricas de carbón también propician la contaminación tóxica de las aguas subterráneas, según el primer informe de análisis exhaustivo que aborda las consecuencias de la descarga de residuos de cenizas de carbón. La contaminación de las fuentes de agua subterránea hace que el área sea incapaz de mantener la vida vegetal, humana y animal. La población del área disminuye y el valor de la tierra se deprecia. Otro efecto es que esto conduce a una menor estabilidad en las industrias que dependen del agua subterránea para producir sus productos (Ribeiro y Kruglianskas, 2014; Kalkreuth et al., 2018).

La contaminación del agua subterránea puede conducir a cambios ambientales devastadores. Uno de estos cambios es la pérdida de ciertos nutrientes esenciales para el autosustento del ecosistema. Además, cuando los contaminantes se mezclan con los cuerpos de agua, también pueden ocurrir cambios en el ecosistema acuático. Los animales acuáticos, como los peces, pueden morir rápidamente como resultado de la presencia de contaminantes en los cuerpos de agua (Spash, 2013).

Con la perspectiva de integrar los requisitos del bienestar humano sostenible, Mata Diz y Moura (2016) abogan por la equidad social y la seguridad a varias escalas dentro de la biosfera planetaria, de modo que sea posible reconocer que la coexistencia humana sostenible, también económicamente, implica la utilización de diferentes medios para priorizar los valores entre las sociedades nacionales y culturales, en las que deben acomodarse en un sistema normativo coherente aceptado por todos en diversas escalas trans-civilización.

3. El enfoque de la economía circular

La adopción de un enfoque de economía circular, con el objetivo de lograr la sostenibilidad para el recurso agua, según Leider y Rashid (2016), debe basarse en los tres principios de la economía circular y presenta una gran oportunidad para que las empresas, los gobiernos y las ciudades minimicen el desperdicio estructural, obteniendo así mayor valor para la industria y la agricultura, mientras se regenera el medio ambiente.

La raíz de este desafío es la violación del imperativo “cero desperdicio”, el principio que está en el corazón de cualquier economía circular. Soluciones de economía circular para la escasez de agua, que establecen un modelo circular para el uso de agua dulce (Comisión Europea, 2019). En este modelo, el enfoque de "tomar, crear y desperdiciar" se reemplaza por un enfoque de "reducir, reutilizar y retener". La economía circular tiene como objetivo cerrar el ciclo y hacer que el sistema de agua sea regenerativo a través de su diseño, para que el agua permanezca con calidad, mantenga sus propiedades y pueda usarse durante muchos ciclos. Avanzar hacia sistemas de agua más circulares puede mejorar el equilibrio local del suministro y la demanda de agua (Santos, 2018).

Mata Diz y Moura (2016) explican que, al considerar el agua como un producto, algo procesado, enriquecido y retornado, es necesario seguir las mismas reglas de diseño estrictas

aplicadas a cualquier otro producto en una economía circular. Cuando el agua se trata como duradera, debe mantenerse en un circuito cerrado bajo cero condiciones de descarga de líquido y reutilizarse tanto como sea posible.

El objetivo principal no es, por tanto, mantener el agua libre de contaminantes, sino gestionar la integridad del ciclo en un circuito cerrado. Las situaciones que favorecen esta visión duradera incluyen aquellas en las que sería muy costoso deshacerse de disolventes, por ejemplo, cuando el agua contiene disolventes altamente específicos a base de agua, baños de galvanoplastia, ácidos y soluciones alcalinas utilizadas en aplicaciones pesadas (Fernandes, 2016).

El reciclaje y la reutilización son clave para un enfoque de economía circular y ofrecen una estrategia para mejorar el suministro de agua, gestionar mejor las aguas residuales y sus estándares de calidad; pero, también, para garantizar el funcionamiento adecuado y fiable de los sistemas de reutilización de agua y la aplicación regulatoria adecuada. La economía ha desempeñado un papel cada vez mayor en la gestión de la cantidad y la calidad del recurso. Como la economía es una ciencia sobre la asignación ideal de recursos escasos, los instrumentos económicos, tales como los precios, pueden ajustar la demanda y la oferta, haciendo frente a su vez a las externalidades (Berrueta et al., 2017).

La capacidad de reutilizar el agua, independientemente de si la intención es aumentar el suministro de agua o administrar los nutrientes en el efluente tratado (también un factor que conduce a la reutilización del agua), trae beneficios positivos que constituyen los principales motivadores para implementar programas de reutilización (Santos, 2018). Estos beneficios incluyen: una mejor producción agrícola; consumo de energía reducido asociado con la producción, tratamiento y distribución de agua; y beneficios ambientales significativos, como la reducción de la carga de nutrientes en las aguas receptoras debido a la reutilización de las aguas residuales tratadas.

En Europa, la implementación de la directiva 91-271-EEC ya ha contribuido con la obtención de aguas residuales tratadas de alta calidad, que podrían reutilizarse para ciertas aplicaciones o mejorarse mediante procesos más avanzados para usos con requisitos de mayor calidad (Comisión Europea, 2019). Aunque la reutilización del agua recuperada se implementa actualmente en muchos países, su potencial aún no se ha explorado en muchas áreas, y la proporción de reutilización del agua en la generación total de aguas residuales es aún pequeña. Sin embargo, con la transición hacia una economía circular, este aumento se aceleraría aún más (Fernandes, 2016).

Esta visión del mundo emergente, que divisa una tercera revolución industrial en marcha, respaldada por la era de Internet, facilita el intercambio de ideas a un ritmo nunca visto, y ve a muchos estados comenzar a usar su capacidad financiera y reguladora para transformar su economía, lo que podría crear sinergias significativas para la adopción generalizada de la reutilización del agua. El concepto surgió en respuesta a las desventajas del modelo de crecimiento convencional de "consumo y descarte" y el cambio hacia el desarrollo sostenible (Cooper y Schindler, 2011; Sasakova et al., 2018).

La economía circular ofrece una nueva forma de analizar las relaciones entre mercados, clientes y recursos naturales, promoviendo políticas y prácticas sostenibles y eficientes. Se trata de un modelo de negocio que permite que la economía crezca, minimizando la cantidad de recursos vírgenes extraídos. En la medida en que muchos estados y corporaciones se están

alejando de los modelos lineales de producción y consumo, mientras se aproximan a los circulares, hay mayor evidencia que muestra la necesidad de políticas y regulaciones para hacer esto posible y para ayudar a las economías a alejarse de una trayectoria económica contaminante de tal forma que pasen a una limpia (Sasakova et al., 2018).

Una transición hacia una economía circular alentará el uso más eficiente del agua, siempre combinado con fuertes incentivos para la innovación, y puede mejorar la capacidad de una economía para hacer frente a los crecientes desequilibrios entre la oferta y la demanda de agua.

Si bien la reutilización del agua puede conllevar numerosas barreras, que abarcan desde la percepción pública o los precios, hasta los desafíos tecnológicos, de seguridad y regulatorios, se están propiciando estrategias geográficas y sectoriales que apoyan la economía circular y tienen el potencial de transformar algunas de las principales barreras encontradas, especialmente cuando se refiere a las de índole económica (Santos, 2018). Esto es debido a que, desde el punto de vista de la economía circular, la reutilización del agua un componente crítico del ciclo el ciclo completo de la gestión de aguas residuales (Assunção, 2019).

Las iniciativas enfocadas en la economía circular tienen como objetivo cerrar las brechas existentes relacionadas con la extracción de materias primas, así como extender la vida útil de los recursos y materiales mediante períodos de uso, reutilización y remanufacturado más largos. Reciclar y reutilizar recursos puede ayudar así a cerrar el ciclo de recursos, proporcionando una alternativa sostenible a la extracción de recursos vírgenes. Sin embargo, si los recursos son baratos y su vertido tiene costes reducidos en comparación con otras alternativas, el incentivo para administrar una sociedad desechable es menor, sin razón alguna para que ocurran tales sinergias (Fernandes, 2016).

El aumento de los costes de captación señala el valor de la escasez de agua, lo que refleja a su vez los beneficios potenciales para diferentes usuarios y para diferentes propósitos, así como el coste de oportunidad involucrado en su uso para un determinado fin (por ejemplo, agricultura) y no para otro tipo de servicio (por ejemplo, generación urbana o hidroeléctrica). Las tasas de captación pueden diferir entre los usuarios de aguas superficiales y subterráneas (por ejemplo, si los ríos locales alcanzan niveles demasiado bajos o los acuíferos disminuyen de nivel piezométrico rápidamente), pero generalmente se aplican a ambas fuentes del recurso equilibradamente, ya que estos dos tipos de masas de agua son interdependientes y deben gestionarse de manera unificada e integrada (Boer, 2015).

Los precios también varían según la temporada, dependiendo de la disponibilidad de agua. El nivel de tasas de extracción depende de estimaciones hidrológicas, proyecciones de demanda, usos alternativos, el coste de desarrollar fuentes alternativas de agua, etc. El principio prevalente es equilibrar los usos del agua con sus costes asociados, lo que permite calcular su precio y establecerse como factor de decisión (Barros y Pinheiro, 2017).

Para Voulvoulis (2018), si la reutilización del agua tiene sentido o no para una región depende, en parte, de su coste en comparación con los costes de otras alternativas viables de gestión del agua (por ejemplo, nuevos suministros o esfuerzos de conservación ampliados) y su comparación con el coste de no buscar ningún cambio en la gestión del agua.

Es difícil establecer el coste general de la reutilización del agua, considerando la amplia variedad de procesos de tratamiento potencialmente incorporados en un sistema según los

usos previstos y teniendo en cuenta, además, las restricciones locales específicas de cada región. No obstante, hay varios factores que afectan los costes de un proceso de reutilización de agua como la tipología de los procesos de tratamiento de aguas residuales, la calidad del efluente, los requisitos de uso del usuario final, los bombeo, las necesidades de almacenamiento, los requisitos energéticos, la eliminación de concentrados, la infraestructura transporte y distribución, los permisos o los costes de financiación (Ribeiro y Kruglianskas, 2014).

Leider y Rashid (2016) explican que las iniciativas para reutilizar el agua en los Estados Unidos se han enfrentado a una creciente oposición pública, principalmente teniendo en cuenta de reutilización directa del agua. Varias iniciativas de alto nivel fueron interrumpidas después de varios años de planificación y gastos significativos. Cinco principios surgieron de ese proceso de aprendizaje: (1) administrar la información para todos; (2) mantener la motivación individual y demostrar compromiso organizacional; (3) promover la comunicación y el diálogo público; (4) garantizar justas y sensatas; (5) crear y mantener la confianza.

La sociedad cada vez está más preocupada por el medio ambiente y, como resultado, el reciclaje del agua se percibe como algo natural, como cualquier otro reciclaje, incluso más ecológico que las actuaciones vinculadas con las grandes presas, los ríos desviados o la desalinización. La percepción del público se reduce a cuánto confían las personas en los gobiernos para garantizar que su agua potable sea segura. La gente necesita entender de dónde viene el agua o si sus parámetros de calidad son sanos, aunque, algunos estudios también han demostrado que la barrera real para la reutilización del agua generalmente no es la percepción del público en sí misma, sino la percepción que las autoridades tienen de dicha percepción del público (Barros y Pinheiro, 2017).

La economía circular, un término que puede ser desconocido, relativamente nuevo, surgió hace solo unos años y está fraguando como una alternativa viable y práctica al modelo económico lineal actual. Se refiere a la capacidad de una economía para crecer mientras el uso de recursos está disminuyendo; se trata del desacoplamiento entre el crecimiento económico y el consumo de recursos junto con la contaminación. El argumento comercial para una transición a una economía circular es convincente, tanto en términos de resultados económicos como de empleo, y, aunque ello crea las condiciones adecuadas para la amplia aplicación de la reutilización del agua, los problemas reales o percibidos en la calidad del agua permanecen junto con las principales barreras encontradas (Leider y Rashid, 2016).

Además, según Ghisellini et al. (2016), en términos de percepción pública, se puede argumentar que es mejor reutilizar directamente y tratar el agua con métodos avanzados, en lugar de continuar con la reutilización indirecta, donde el agua no se trata con la misma calidad. En comparación con las aguas de procedentes de fuentes convencionales, el consumo de agua reutilizada a menudo es examinado con más cuidado por la industria del agua, analizada por estándares más altos de calidad y examinada para una amplia gama de contaminantes químicos y microbianos. A pesar de un nivel inevitablemente más alto de contaminación inicial, estos sistemas pueden proporcionar un mayor nivel de protección para la salud pública que muchas de las fuentes de agua tratadas con procesos convencionales de agua potable que hoy suministran agua del grifo (Assunção, 2019).

La reutilización del agua ofrece el potencial de transformar el ciclo lineal del agua humana (captación, tratamiento, distribución, consumo, saneamiento, tratamiento y vertido) en un

flujo circular, cerrando el ciclo, pero también disociando potencialmente el consumo de agua municipal de su agotamiento y de la contaminación de las reservas de agua. Su papel para abordar los problemas de recursos hídricos necesita una investigación cuidadosa y la consideración de los aspectos técnicos, económicos, sociales, ambientales y legales a través de un marco analítico coherente. Por ejemplo, el tratamiento de aguas residuales para su reutilización puede tener un impacto también en los niveles de flujo de los ríos, lo que podría afectar la ecología y la disponibilidad de agua para la extracción aguas abajo. El impacto, si lo hubiera, de un esquema de reutilización del agua sería específico para cada proyecto individual (Barros y Pinheiro, 2017).

Uno de los principales aspectos de la planificación y el diseño de un esquema de reutilización del agua es la calidad (y la variación en la calidad) de las aguas residuales influentes (efluentes secundarios), los requisitos de calidad del propósito de uso y la fiabilidad de la operación. El diseño e implementación de un sistema de tratamiento con bajo rendimiento puede conducir a una calidad de agua inaceptable o poco fiable con el propósito de reutilizar el agua. Como ejemplo, la selección del tratamiento adecuado debe basarse en las mejores tecnologías, los estándares, la legislación vigente y unos sólidos conocimientos disponibles, teniendo en cuenta que el tratamiento avanzado de las aguas en manos de inexpertos puede presentar un riesgo mayor que el uso de aguas residuales menos tratadas, considerando, por ejemplo, la gestión de subproductos de desinfección (Ribeiro y Kruglianskas, 2014).

En cualquier caso, para Ghisellini et al. (2016), la planificación y el diseño de un esquema de reutilización del agua deben ser sometidos a una evaluación previa de riesgos, para identificar los beneficios en comparación con los posibles inconvenientes, que serán específicos de las circunstancias locales y deben determinarse caso por caso, ayudando así, por lo tanto, a tomar mejores decisiones sobre la introducción de esta herramienta,

La promoción potencial de la reutilización del agua desde el punto de vista de la economía circular también puede presentar algunos riesgos significativos, en particular con respecto a la calidad del agua y la salud humana. Existen muchas preocupaciones e incertidumbres sobre el impacto de la calidad del agua reciclada, dependiendo de su uso. Por ejemplo, los problemas de calidad del agua pueden generar problemas, reales o percibidos, en la agricultura, incluidas las concentraciones de nutrientes, sodio o metales pesados, la presencia de contaminantes, como agentes patógenos humanos o animales y la detección de productos farmacéuticos cuando se riega con agua reutilizada. Las actitudes sociales hacia el uso de cultivos de regadío con agua reciclada y el impacto resultante en el valor de mercado de los cultivos también son una consideración importante que cabe tener presente (Barros y Pinheiro, 2017).

Los sistemas de reutilización, de acuerdo con Spangenberg (2017), particularmente en aplicaciones potables, deben incluir una estructura de tratamiento con varias barreras compuestas de procesos unitarios avanzados e incorporar resiliencia (es decir, la capacidad de adaptarse a los problemas), redundancia (es decir, sistemas de respaldo) y robustez (es decir, características que abordan simultáneamente múltiples contaminantes) para tener éxito.

El reciclaje y la reutilización ofrecen una estrategia para mejorar el suministro de agua, gestionar mejor las aguas residuales y, en un contexto de economía circular, pueden promoverse a través de instrumentos políticos, como las subvenciones, los mecanismos de intercambio de aguas o las tarifas, aumentando su rentabilidad y aceptabilidad, siempre teniendo en cuenta los problemas de calidad del agua, tanto reales, como percibidos (Ribeiro y Kruglianskas, 2014).

4. La adopción de un modelo de Economía Circular para el "Agua Nueva"

Un modelo de economía circular tiene como objetivo asemejar el de producción artificial al ciclo de los ecosistemas naturales, porque, en última instancia, dependemos de ellos. Esto significa, de acuerdo con Voulvoulis (2018), por un lado, la eliminación de residuos mediante compostaje de residuos biodegradables o, si se trata de residuos transformados y no biodegradables, su reutilización, remanufactura y, finalmente, reciclaje.

En otras palabras, según Voulvoulis (2018), la economía circular a favor del agua generaría una oferta de productos y tecnologías innovadoras, así como la adopción de modelos de colaboración efectivos para la integración de la reutilización del agua, estableciendo normas, criterios y estándares relacionados con el control y la calidad, atendiendo la consecuente emergencia de agua nueva. Después del uso del agua, se lleva a cabo un nuevo tratamiento, en el que las unidades de tratamiento complementarias se organizan en procesos cíclicos, capaces de impulsar la reutilización del agua o el nuevo mercado del agua, para combatir su escasez. De esta manera, la introducción de agua reutilizada en el modelo actual de consumo permite transformar la gestión de los recursos hídricos de un modelo lineal a un modelo circular.

En las encuestas de Assunção (2019), la economía circular se presenta en el plan de acción como una contribución a objetivos más generales, que incluyen la sostenibilidad y la capacidad de carga de la tierra, la calidad del agua, la biodiversidad, la economía baja en carbono, la eficiencia de los recursos, la competitividad de la UE en el contexto mundial, la seguridad (frente a los desafíos mundiales, escasez de recursos y fluctuaciones de precios), la integración social, acompañada por la cohesión y la creación de empleo. Ziegler (2019, p. 774) afirma que:

Si bien cada uno de estos objetivos puede no ser muy sorprendente, su combinación plantea preguntas importantes. La sostenibilidad está respaldada por el objetivo de la economía circular de desacoplar las presiones ambientales del crecimiento económico. Por lo tanto, se da prioridad a la economía circular en Europa, en parte debido a la preocupación por la seguridad de los recursos. Esto apunta al importante papel de los valores en la economía circular.

Según la investigación de Voulvoulis (2018, p. 33), el proceso de innovación en el plan de acción de la UE, por ejemplo, se presenta como impulsado por "actores económicos, como empresas y consumidores". Ziegler (2019) instruyó en su trabajo que se insta a las autoridades regionales y nacionales, así como a la UE, a apoyar la transición, incluso con una regulación e inversión adecuadas. La sociedad civil en forma de organizaciones y asociaciones no gubernamentales no se menciona explícitamente en el plan, sin embargo, los ciudadanos sí son mencionados en su papel potencial durante la promoción de nuevas formas de consumo. Además, las empresas sociales se denominan "empleados clave" en áreas como el reciclaje, la reparación y la innovación.

La circularidad se concentra en los ciclos de recursos, que, según los hallazgos de Ghisellini et al. (2016), mientras que la sostenibilidad está más relacionada con las personas, el planeta y la economía. La circularidad y la sostenibilidad mantienen una larga tradición de visiones, modelos y teorías relacionadas. En esencia, un modelo de economía circular está destinado a diseñar residuos. De hecho, una economía circular se basa en la idea de que no hay

desperdicio. Para esto, los productos están diseñados para durar (se utilizan materiales de buena calidad) y optimizados para un ciclo de desmontaje y reutilización que facilitará la manipulación, transformación o renovación.

El modelo de economía circular, percibido por Velis et al. (2017), distingue entre ciclos técnicos y biológicos. El consumo ocurre solo en ciclos biológicos, donde los materiales de base biológica (como alimentos, lino o corcho) están diseñados para alimentar el sistema a través de procesos como la digestión anaeróbica y el compostaje. Estos ciclos regeneran los sistemas vivos, como el suelo o los océanos, que proporcionan recursos renovables para la economía. A su vez, como lo mencionan Ghisellini et al. (2016), los ciclos técnicos recuperan y restauran productos (por ejemplo, lavadoras), componentes (por ejemplo, placas base) y materiales (por ejemplo, piedra caliza) a través de estrategias como la reutilización, reparación, remanufactura o reciclaje.

Del mismo modo, Spangenberg (2017) entendió que uno de los objetivos de la economía circular es optimizar la producción de recursos, productos en circulación, componentes y materiales con el mayor uso en todo momento, en los ciclos técnicos y biológicos. El último principio de una economía circular tiene que ver con el hecho de que la energía necesaria para alimentar este ciclo debe ser de naturaleza renovable, con el objetivo de reducir la dependencia de los recursos y aumentar la capacidad de recuperación de los sistemas. En ese sentido, este principio se ocupa del desarrollo de la eficacia de los sistemas, revelando y proyectando externalidades negativas.

En este contexto, la investigación de Voulvoulis (2018), además de su necesaria conservación, el agua, como portador de materiales y energía, es fundamental para que la economía circular realmente tome forma. Sabiendo esto, la propuesta efectiva para la economía circular del agua tiene un papel central que desempeñar en la transición del mundo del consumo lineal de recursos a su uso circular. El éxito en el desarrollo de una dinámica de economía circular requerirá que las personas, organizaciones y empresas superen sus silos tradicionales y desarrollen más asociaciones e interacciones.

Además de esta idea, Ziegler (2019) y Voulvoulis (2018), coinciden en que una transición a una economía circular podría crear sinergias significativas para la adopción generalizada de la reutilización del agua como fuente alternativa de agua. La capacidad de reutilizar el agua, independientemente de si la intención es aumentar el suministro de agua o administrar los nutrientes en el efluente tratado (también un factor que conduce a la reutilización del agua), trae beneficios positivos motivadores para implementar programas de reutilización (Spangenberg, 2017). Por supuesto, la eficiencia, la economía circular y la renovación de los recursos naturales ofrecen una reducción potencial de la escasez, especialmente con respecto a los recursos hídricos.

Estos beneficios, según lo declarado por Assunção (2019), incluyen: una mejor producción agrícola; consumo de energía reducido, asociado con la producción, tratamiento y distribución de agua; y beneficios ambientales significativos, como la reducción de la carga de nutrientes en las aguas receptoras debido a la reutilización de las aguas residuales tratadas, pero también garantiza el funcionamiento adecuado y fiable de los sistemas de reutilización de agua junto con su aplicación reglamentaria adecuada.

Ghisellini et al. (2016) exponen que la implementación de la economía circular en todo el mundo todavía aparece en las etapas iniciales, principalmente enfocada en el reciclaje y no en

la reutilización. Para Voulvoulis (2018), no obstante, se han logrado resultados importantes en algunos sectores de actividad (por ejemplo, en la gestión de residuos, donde se logran altas tasas de reciclaje de residuos en países desarrollados seleccionados).

La economía circular, para Assunção (2019), implica la adopción de estándares de producción más limpios a nivel de empresa, un aumento en la responsabilidad y conciencia de los productores y consumidores, el uso de tecnologías y materiales renovables (siempre que sea posible), así como la adopción de políticas y herramientas adecuadas, claras y estables. La lección aprendida de las experiencias exitosas es que la transición hacia la economía circular proviene de la participación de todos los actores en la sociedad y su capacidad para vincular y crear patrones apropiados de colaboración e intercambio.

En la misma línea de pensamiento, Dossa y Kaeufer (2017) afirman que la economía circular está inspirada en sistemas naturales; por lo tanto, su base está en el pensamiento del sistema. Los recursos renovables deben usarse siempre que sea posible, y la aplicación de los principios de la economía circular requerirá mapear las interacciones del ciclo del agua, cómo se usa y dónde, dentro de la cuenca hidrográfica y los ciclos urbanos, es posible extraer el valor de los ciclos urbanos y establecer nuevas metas efectivas de sostenibilidad. Sin embargo, mapear los principios de la economía circular al agua no es una tarea fácil.

Para abordar completamente la amplitud y la complejidad de este desafío, hay pasos relacionados con los principios de la economía circular, su relación con los sistemas de agua y la gestión sostenible del agua (Dossa y Kaeufer, 2017). Según Assunção (2019), existe la necesidad de un "cambio de paradigma" con respecto al consumo de agua, alejándose así de los patrones lineales tradicionales de uso del agua y avanzando hacia un enfoque de economía circular en el que las aguas residuales ya no se consideran residuos o un riesgo ambiental, sino un recurso valioso que contribuye a superar el estrés hídrico y los desequilibrios entre la oferta y la demanda.

En esta línea, según Ghisellini et al. (2016), es urgente gestionar los recursos hídricos de manera más eficiente y el tratamiento de las aguas residuales puede conducir a un suministro alternativo eficiente. Sin embargo, se necesita un enfoque holístico que tenga en cuenta todos los factores de reutilización (factores políticos, de toma de decisiones, sociales, económicos, tecnológicos y ambientales) para una implementación sostenible de la reutilización del agua.

En el trabajo de Girard y Nocca (2019), es posible observar que el modelo de economía circular, basado en el principio de que en la naturaleza nada es "desperdicio" y que todo puede convertirse en un "recurso", se propone para poner en práctica los principios de desarrollo sostenible. Los insumos de reutilización adaptativa son tangibles (agua, desechos, energía, materiales, suelo, bienes) e intangibles (valores, creatividad, tecnologías). Los resultados de esta actividad están relacionados con las dimensiones económica, social, ambiental y cultural. La reutilización adaptativa es capaz de producir efectos externos que impactan parcialmente el contexto y son capaces, a su vez (en una perspectiva circular), de "regresar" (del contexto) al patrimonio cultural. Esto es capaz de producir impactos económicos que nuevamente se convierten en insumos para el patrimonio cultural. De hecho, este valor económico puede ser "reutilizado" para apoyar las actividades incluidas en cada espacio o ubicación determinada.

Por lo tanto, para la sostenibilidad de los recursos hídricos subterráneos y/o superficiales, es necesario revisar las políticas de gestión y los muchos factores, que incluyen el agotamiento del almacenamiento de agua subterránea, la reducción del flujo, la pérdida potencial de

humedales y ecosistemas ribereños, modificaciones en el uso de la tierra, intrusión de agua y cambios en la calidad del agua subterránea. Cada sistema de agua es único y requiere un análisis adaptado a la naturaleza de los problemas de agua existentes.

Tales factores deben considerarse en relación con la naturaleza del agua y los problemas que se enfrentan con respecto al agotamiento de los recursos hídricos, incluidas las restricciones sociales, económicas y legales que deben tenerse en cuenta. Uno de los principales desafíos para lograr la sostenibilidad del agua es adaptar las implicaciones hidrológicas a las estrategias de gestión alternativas, de manera que puedan evaluarse adecuadamente. Se entiende, por lo tanto, que la gestión del agua con la implementación de procesos relacionados con la economía circular ofrece la posibilidad de reducir los riesgos de exposición a la escasez de agua, pero no garantiza su eliminación completa.

Según los estudios de Velis et al. (2017), los beneficios económicos de la extracción de agua subterránea superan a los del agua superficial por unidad de volumen, ya que generalmente se mueven lentamente, a velocidades entre 0.01 y 10 m por día en condiciones naturales. La cantidad de tiempo que el agua subterránea pasa almacenada (es decir, tiempo de residencia) puede variar de decenas a miles de años. Las formaciones geológicas superpuestas protegen las aguas subterráneas de las fluctuaciones climáticas y la contaminación. Debido a estas propiedades, el agua subterránea es una fuente de agua relativamente fiable y fácilmente disponible, que generalmente requiere poco tratamiento.

Así, según Girard y Nocca (2019), la aplicación de los principios de una economía circular en el suministro de agua acontece una amplia gama de oportunidades, especialmente en el campo científico y en el riego eficiente, las técnicas de bombeo, así como el tratamiento y reutilización del agua y cambios de comportamiento en su uso. Además, requiere el análisis de escenarios centrados en el desarrollo social, económico y ambiental, principalmente, y sus interconexiones, es decir, un enfoque de todo el sistema, dedicado al equilibrio entre el suministro y la demanda de agua.

Con esta información, es posible afirmar que, coincidiendo con la perspectiva de Ghisellini et al. (2016), Velis et al. (2017), Voulvoulis (2018) o Girard y Nocca (2019), la economía circular, combinada con la implementación de nuevas tecnologías, según los patrones de consumo cambiantes, permite satisfacer la creciente escasez de recursos, agua, energía y alimentos de la humanidad. Todo ello, en el marco de la gestión específica de los recursos hídricos, requiere una combinación de enfoques, que abarcan desde la conservación y el reciclaje, hasta el tratamiento y el mantenimiento por medios no convencionales que permiten crear “agua nueva”.

5. Conclusiones

Con la finalidad de comprender cómo abordar la reutilización del agua desde la perspectiva de la economía circular e investigar sus oportunidades y sus riesgos, se ha vislumbrado la reutilización del agua como una herramienta clave para aumentar la fiabilidad del suministro de agua frente a innumerables incertidumbres, así como demostrando su eficacia en la gestión del recurso.

El agua así recuperada se concibe como una nueva fuente de recursos hídricos que se puede utilizar, integrada en un modelo de economía circular, como una herramienta fundamental

para lograr el objetivo de sostenibilidad deseable. El uso sostenible de los recursos hídricos es la cuestión estratégica del desarrollo económico y social; su objetivo principal es aumentar la eficiencia del uso del agua, ahorrando y evitando que el agua se contamine, y es necesario persistir científicamente y expandir los recursos hídricos para proporcionar una garantía de suministro seguro y fiable, además de un buen ambiente hídrico y garantizar el desarrollo sostenible económico y social por medio de la adecuada gestión de los recursos hídricos. El modelo planteado en cuanto a la economía circular del agua, en la concepción de “agua nueva”, permite otras alternativas para los diferentes usos del agua, ya que, en los sectores industrial y doméstico, los cambios en los patrones de consumo de la tierra son esenciales, así como sucede con la gestión efectiva de los recursos aguas superficiales y subterráneos para satisfacer las necesidades de la población en su uso.

En vista de todo esto, la gestión de los recursos hídricos debe abordarse con una mentalidad holística y sistémica. Este enfoque, relativo a la economía circular del agua subterránea, permitirá a escala mundial un gran potencial para la recuperación de energía, sistemas de riego más eficientes, sincronización y optimización de los ciclos naturales del agua y un futuro de agua abundante, resistente y regenerada para todos.

Referencias

- Assunção, G. M. de. (2019). A gestão ambiental rumo à economia circular: como o Brasil se apresenta nessa discussão. *Sistemas & Gestão*, 14(2). <http://dx.doi.org/10.20985/1980-5160.2019.v14n2.1543>
- Barbosa, G. S. (2008). O desafio do desenvolvimento sustentável. *Revista Visões*, 4ª Edição, 1(4), 7-13. <http://dx.doi.org/105902/2236117015960>
- Barros, H. C. & Pinheiro, J. Q. (2017). Mudanças climáticas globais e o cuidado ambiental na percepção de adolescentes: uma aproximação possível. *Revista Desenvolvimento e Meio Ambiente*, 40(2), 189-206. <http://dx.doi.org/10.11606/rdg.v37i0.149132>
- Benhosi, K. P. & Fachin, Z. (2013). O meio ambiente e o embate entre a preservação ambiental e o desenvolvimento tecnológico: uma discussão de direitos fundamentais. *Revista Jurídica Cesumar*, 13(1), 237-262.
- Berrueta, V., Garcia, C. A., Serrano-Medrano, M. & Astir, M. (2017). Promoting sustainable local development of rural communities and mitigating climate change: the case of Mexico's Patsari improved cookstove project. *Climatic Change January*, 140(1), 63-77. <http://dx.doi.org/10.1007/s10584-015-1523-y>
- Boer, J. (2015). *The sustainable development fight will be won or lost in our cities*. New York: United Nations University. Recuperado de <http://cpr.unu.edu/the-sustainable-development-fight-will-be-won-or-lost-in-our-cities.html>
- Comisión Europea (2019). *Comissão apresenta resultados do plano de ação para a economia circular*. Recuperado en 07 de enero de 2020 de https://ec.europa.eu/portugal/news/commission-de-livers-on-circular-economy-action-plan_pt

- Cooper, D. R. & Schindler, P. S. (2011). *Métodos de pesquisa em administração*. 10 ed. Bookman: Porto Alegre.
- Chowdhury, S. (2013). Assessment of exposure to trihalomethanes in municipal drinking water and risk reduction strategy. *Science of The Total Environment*, 463–464C, 922-930. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.06.104>
- Cruz, P. M. & Bodnar, Z. (2011). O novo paradigma de direito na pós-modernidade. RECHTD/UNISINOS. *Revista de Estudos Constitucionais, Hermenêutica e Teoria do Direito – RECHTD*, 3, 75-83. <http://dx.doi.org/10.4013/rechtd.2011.31.08>
- Dossa, Z. & Kaeufer, K. (2013). Understanding sustainability innovations through positive ethical networks. *Journal of Business Ethics*, [s.l.], 119(4), 543-559. Springer Nature. <http://dx.doi.org/10.1007/s10551-013-1834-8>
- Fernandes, A. G. (2016). Fechando o ciclo: os benefícios da economia circular para os países em desenvolvimento e as economias emergentes. *Tearfund Brasil*. EPEA Brasil: Nures.
- Girard, L.F. & Nocca, F. (2019). Moving towards the circular economy/city model: which tools for operationalizing this model? *Sustainability*, 11(6253), 2-48. <https://doi.org/10.3390/su1122625>
- Ghisellini, P., Cialani, C. & Ulgiati, S. (2016). A circular economy review: the expected transition to a balanced interaction of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*, 115(15): 11-32. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.007>
- Melgarejo Moreno, J. (2019). *Agua y economía circular*. Recuperado de <https://doi.org/10.14198/Congreso-Nacional-del-Agua-Orihuela-2019>
- Kalkreuth, W., Levandowski, J., Delgado, T., Scheffer, R., Maia, S. M., Peralba, M.C. R. & Barrionuevo, S. (2018). *Avaliação dos impactos ambientais do processo de combustão na usina termelétrica de Figueira, Paraná*. Recuperado de http://www.ufrgs.br/rede-carvao/Sess%C3%B5es_B7_B8_B9/B8_ARTIGO_02.pdf
- Lieder, M. & Rashid, A. (2016). Towards circular economy implementation: a comprehensive review in a context of manufacturing industry. *Journal of Cleaner Production*, 115 (2), 36-51. <https://doi.org/10.1007/s00170-017-0610-9>
- Lozano, R. (2012). Towards better embedding sustainability into companies' systems: an analysis of voluntary corporate initiatives. *Journal of Cleaner Production*, 25(1), 14-26. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.11.060>
- Mata Diz, J. B. & Moura, J. R. F. de. (2016). Apontamentos sobre o conceito de governança e sua adoção pela União Europeia. En: Mata Diz, J. B., Silva, A. R. da, & Teixeira, A. V. (Eds.) *Integração, estado e governança* (p. 104). Pará de Minas: Universidade de Itaúna.
- Pasold, C. L. (2018). *Metodologia da pesquisa jurídica. Teoria e prática*. 14.ed. Florianópolis: EMais.

- Ribeiro, F. M. & Kruglianskas, I. (2014). A economia circular no contexto europeu: conceito e potenciais de contribuição na modernização das políticas de resíduos sólidos. En: *XVI ENGEMA - Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente. Anais*. <https://doi.org/10.20985/1980-5160.2019.v14n2.1543>
- Sasakova, N., Gregova, G., Takacova, D., Mojzisova, J., Papajova, I., Venglovsky, J., Szaboova, T. & Kovacova, S. (2018). Pollution of surface and ground water by sources related to agricultural activities. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 2(42): 2-11. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2018.00042>
- Sachs, I. (2000). *Palestra proferida no seminário internacional de ciência e tecnologia para uma moderna civilização baseada em biomassa*. Rio de Janeiro. Recuperado em 02 de enero de 2019 de <http://www.periodicos.uem.br/ojs/index.php/BolGeogr/article/viewFile/17897/10251>
- Santos, G. M. A. (2018), Gestão ambiental e economia circular: ações propostas para o Brasil. En: Locatelli, M. R. C (Org.). *Sustentabilidade e responsabilidade social*, 9 (Cap. 12, pp. 137-148). Belo Horizonte, MG: Poisson.
- Spangenberg, J. H. (2017). *Towards social and ecological transitions: Circular economy experiences, conclusions and beyond*. 3. GRF Conference: University of Sussex. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2010.00620.x>
- Velis, M., Conti, K. & Biermann, F. (2017). Groundwater and human development: synergies and trade-offs in the context of sustainable development goals. *Sustain Science*, 12 (6), 1007-1017. <https://doi.org/10.1007/s11625-017-0490-9>
- Voulvoulis, N. (2018). Water reuse from a circular economy perspective and potential risks from an unregulated approach. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 2(3), 32-45. <https://doi.org/10.1016/j.coesh.2018.01.005>
- Ziegler, R. (2019). Viewpoint – water innovation for a circular economy: the contribution of grassroots actors. *Water Alternatives*, 12(2), p. 774-787. <http://www.water-alternatives.org/index.php/alldoc/articles/vol12/v12issue2/494-a12-2-1/file>