

CENTRO UNIVERSITÁRIO ATENAS

TALES GEORGE SILVA MELO

ÁGUA DE REUSO: alternativa para a redução de consumo de água e preservação de recursos hídricos

Paracatu

2019

TALES GEORGE SILVA MELO

ÁGUA DE REUSO: alternativa para a redução de consumo de água
e preservação de recursos hídricos

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Atenas, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Economia e desenvolvimento sustentável.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Almeida Oliveira.

Paracatu

2019

TALES GEORGE SILVA MELO

ÁGUA DE REUSO: alternativa para a redução de consumo de água
e preservação de recursos hídricos

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Civil do Centro Universitário Atenas, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Área de Concentração: Economia e desenvolvimento sustentável.

Orientador: Prof. Dr. Alexandre Almeida Oliveira.

Banca Examinadora:

Paracatu - MG, 25 de novembro de 2019.

Prof. Dr. Alexandre Almeida Oliveira
Centro Universitário Atenas

Prof^a. Ellen Mayara Santos Cardoso
Centro Universitário Atenas

Prof. Matheus Dias Ruas
Centro Universitário Atenas

RESUMO

O Brasil é um dos países com a maior disponibilidade de água doce no mundo. Porém grande parte da população não dispõe de água de qualidade para consumo, devido a precárias condições de infraestrutura e não uniformidade de demanda e oferta no território nacional. Outro problema frequente é o enorme desperdício, tanto no consumo humano quanto na agricultura. Visando amenizar esses problemas e preservar esse recurso natural, a proposta de reuso consciente de água cinza diminui o consumo de água potável para atividades secundárias que não exijam a potabilidade para o uso e reduz o despejo de esgoto nos corpos hídricos. A implantação de sistemas de reuso em condomínios residenciais se mostra eficaz nesse sentido, visto que o crescimento populacional urbano demanda cada vez mais moradias para atender a população. Desde que seja viável financeiramente e tecnicamente, a implantação de tal sistema traz benefícios econômicos, sociais e ambientais. Para que a adoção desses sistemas seja cada vez mais comum em condomínios, se faz necessário o incentivo a políticas de preservação dos recursos hídricos e reciclagem da água, por meio da criação de legislação pertinente ao assunto, difusão de informações, incentivo ao desenvolvimento de técnicas e equipamentos para ampliação de sistemas de reuso, objetivando mudar a cultura ilusória de abundância dos recursos, trazendo a ideia de sustentabilidade para a população, pensando sempre a frente, nas gerações futuras.

Palavras-chave: Água cinza. Sustentabilidade. Condomínios residenciais.

ABSTRACT

Brazil is one of the countries with the largest availability of fresh water in the world, but most of the population does not have quality water for consumption, due to poor infrastructure conditions and non-uniform demand and supply in the national territory. Another frequent problem is the huge waste in both human consumption and agriculture. In order to alleviate these problems and preserve this natural resource, the proposed conscious use of gray water reduces drinking water consumption for secondary activities that do not require potability to use and reduces the discharge of sewage into water bodies. The implementation of reuse systems in residential condominiums is effective in this regard, as urban population growth increasingly demands housing to serve the population. Provided it is financially and technically feasible, implementing such a system will bring economic, social and environmental benefits. In order for the adoption of these systems to be increasingly common in condominiums, it is necessary to encourage policies for the preservation of water resources and water recycling, through the creation of pertinent legislation, dissemination of information, incentive to the development of techniques and equipment to expand reuse systems, aiming to change the illusory culture of resource abundance, bringing the idea of sustainability to the population, always thinking ahead, in future generations.

Keywords: *Gray water. Sustainability. Residential Condominiums.*

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 - Resumo de demanda e oferta de água para reuso.	19
TABELA 2 - Resumo do custo do sistema e tempo de retorno.	20
TABELA 3 - Consumo de água potável	21
TABELA 4 - Distribuição do custo total de propriedade da CTAC.	22
TABELA 5 - Resultado da oferta e demanda de água do condomínio Dona Júlia.	23
TABELA 6 - Resultados levantados do Condomínio Dona Júlia	24
TABELA 7 - Resultados dos aspectos econômicos	25

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	7
1.1 PROBLEMA DE PESQUISA	8
1.2 HIPÓTESES	8
1.3 OBJETIVOS	8
1.3.1 OBJETIVO GERAL	8
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	8
1.4 JUSTIFICATIVA DO ESTUDO	9
1.5 METODOLOGIA DO ESTUDO	10
1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO	10
2 A ÁGUA NO BRASIL	11
2.1 O PROBLEMA DA DISPONIBILIDADE DE ÁGUA	11
2.2 DESCARTE INADEQUADO	12
2.3 ÁGUA DE REUSO	12
2.3.1 CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS	13
2.4 POTENCIAIS FORMAS DE REUSO	13
2.4.1 REUSO PARA FINS POTÁVEIS	14
2.4.2 REUSO PARA FINS NÃO POTÁVEIS	14
3 REUSO DA ÁGUA	16
3.1 CONSIDERAÇÕES PARA REUSO	16
3.2 IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA	17
3.2.1 CONDOMÍNIO RESIDENCIAL EM CUIABÁ	18
3.2.2 CONDOMÍNIO RESIDENCIAL EM BRAGANÇA PAULISTA	20
3.2.3 CONDOMÍNIO RESIDENCIAL EM ITAJUBÁ	22
3.3 BENEFÍCIOS DO REUSO	25
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	27
REFERÊNCIAS	30

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso indispensável para que haja vida. Além de saciar as necessidades fisiológicas dos seres humanos, é fundamental para atender as demandas da produção agrícola e industrial.

Com a maior bacia hidrográfica do planeta e uma gama enorme de rios e lençóis freáticos, o Brasil é um dos países com a maior disponibilidade de água doce. Porém, segundo a Agência Nacional das Águas (2019), essa distribuição é desigual dentro do território nacional, assim como a demanda também não é uniforme. Esses fatores vêm expondo fragilidades nos sistemas de abastecimento das cidades e dos grandes centros, onde o consumo é intenso devido à grande demanda.

Além da vulnerabilidade das redes de abastecimento humano, o país conta com cerca de 11 milhões de cidadãos sem acesso a água limpa e tratada para beber (REBOUÇAS, 2003), fato que ativa um alerta social no país com uma oferta de água tão vasta. Mesmo com esse alto número de pessoas sem água própria para consumo, Rebouças (2003) atenta para o desperdício do recurso: os índices de perda de água tratada que passa pelas redes de distribuição das cidades atingem uma faixa de 40% a 60% no Brasil; e em todo o mundo, cerca de 60% da água fornecida para irrigação, por meio de escoamento, se perde por evaporação ou percolação.

Apesar do desperdício, a cultura de abundância hídrica vem sendo repensada pela sociedade que, cada vez mais, encara água como um bem finito e de valor. Conseqüentemente, métodos para preservação dos recursos hídricos são cada vez mais discutidos.

Com o crescimento populacional nas cidades, é frequente o surgimento de condomínios residenciais para atender as demandas de moradia. Estes contam com abastecimento de água potável para fins de uso dos moradores e na limpeza de áreas comuns. Uma alternativa interessante que se enquadra nos problemas atuais do abastecimento hídrico seria a implantação de subestações para o tratamento de água que possa ser reutilizada dentro de tais condomínios, atendendo requisitos básicos de salubridade, já que nem toda água utilizada nas residências se torna imediatamente descartável ao esgoto. Com o recurso do tratamento local de águas cinzas (proveniente de pias, lavatórios, etc), a quantidade de água que pode ser reaproveitada é considerável, uma vez que não é necessário altos padrões de pureza da água para atividades comuns, como por exemplo lavagem de pisos externos e rega

de áreas verdes. Além de contribuir para a preservação, obtém-se um padrão de bem estar social e, dentro de um prazo de retorno, o investimento se torna viável, aliviando a questão financeira nos gastos com a concessionária de água.

1.1 PROBLEMA DE PESQUISA

Qual é a importância de se implantar um sistema de reaproveitamento de água em condomínios residenciais?

1.2 HIPÓTESES

Desde o processo de urbanização, o consumo de recursos naturais vem aumentando e a população mundial, conseqüentemente, utiliza maior quantidade desses recursos. Nesse contexto, um sistema de reaproveitamento de água em condomínios residenciais oferece vantagens, tais como:

- a) possibilita a redução significativa de despesas com a concessionária que fornece a água tratada;
- b) possibilita a preservação desse artifício natural.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GERAL

Identificar os benefícios do reaproveitamento de água cinza em condomínios residenciais.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) identificar os potenciais destinos de uso para a água reaproveitada;
- b) analisar o custo-benefício do reuso de água cinza;
- c) apontar os impactos positivos causados pela redução do consumo de água potável.

1.4 JUSTIFICATIVA DO ESTUDO

Hoje em dia nenhuma questão é mais importante do que a da água. Dela depende todas as formas de vida, sendo um bem natural e insubstituível. Sabendo da sua importância, são necessárias ações imediatas que contribuam para uma maior longevidade dos recursos hídricos, como mostram os estudos atuais sobre o assunto. Segundo um estudo da ANA (Agência Nacional das Águas), o Brasil consome, em média, 2 milhões e 83 mil litros de água por segundo, sendo que em 1931 esse consumo era de 131 mil litros – 6,3% do uso atual. Esse estudo ainda aponta que o consumo aumentará em 24% até o ano de 2030 (ANA, 2019).

Com o objetivo de contribuir para a preservação das águas, toda intervenção eficaz é bem-vinda. De fato, medidas básicas fazem a diferença, como a conscientização da população quanto a aplicação de métodos para evitar o desperdício de água em nossas próprias casas e condomínios.

A construção civil é uma das principais atividades consumidoras de água. Estima-se que para cada funcionário não alojado de uma obra são consumidos entre 45 e 65 litros de água por dia para suprir suas necessidades básicas de higiene (SILVA, 2006 *apud*. PESSARELLO, 2008). Além do consumo humano na obra, são estimados de 160 a 200 litros de água para confecção de um metro cúbico de concreto (NETO, 2005 *apud*. PESSARELLO, 2008). A Engenharia Civil, entretanto, tem muito a contribuir para a economia de água por meio de medidas de infraestrutura para escoamento direcionado de águas pluviais, métodos de armazenamento, iniciativas de tratamento e reciclagem de água cinza, dentre outros recursos que abrangem a área da construção civil.

Nesse contexto, o presente trabalho é relevante ao avaliar as vantagens da utilização de um sistema de reciclagem de água cinza em condomínios como alternativa para minimizar o desperdício e reduzir o consumo desse bem. De fato, em inúmeras atividades para as quais utilizamos a água não é necessário um tratamento meticuloso para manter a pureza, como, por exemplo, na lavagem de passeios, na rega de áreas verdes, na limpeza de carros, entre outras. Levando em consideração a quantidade de moradores de um condomínio e o consumo diário por habitante, o volume de água que pode ser reaproveitado é suficiente para realizar as atividades que não exigem água potável.

1.5 METODOLOGIA DO ESTUDO

O presente estudo se classifica como descritivo explicativo, pelo fato de fazer um levantamento das referências já publicadas sobre o assunto, explicando seus termos e etapas conforme o desenvolvimento do tema. Também conta com a análise e comparação entre estudos de casos sobre o tema abordado.

A metodologia utilizada será baseada em pesquisas bibliográficas a serem realizadas em artigos científicos de livre acesso disponíveis no Google Acadêmico, teses e livros que abordem a situação atual dos recursos hídricos e quais são as alternativas para redução do consumo de água potável e do seu desperdício. Como objeto de pesquisa será utilizado manual atualizado da Agência Nacional das Águas (2019). Comparação e análise de estudos de casos de três diferentes condomínios em datas distintas. Também serão analisados livros relacionados ao tema disponibilizados no acervo da biblioteca do Centro Universitário Atenas.

1.6 ESTRUTURA DO TRABALHO

Este estudo é composto por quatro capítulos, sendo o primeiro uma abordagem inicial do tema buscando explicar a sua importância e introduzir informações essenciais para o entendimento ao longo dos demais capítulos. O segundo capítulo aborda a situação atual do recurso hídrico, como é visto e algumas classificações relevantes ao tema. O terceiro capítulo trás dados e estudo de casos que ajudam a analisar e chegar a conclusões a respeito da implantação do sistema de reuso de água cinza e seus benefícios. O quarto capítulo mostra as conclusões e respostas a respeito do problema abordado nesse estudo.

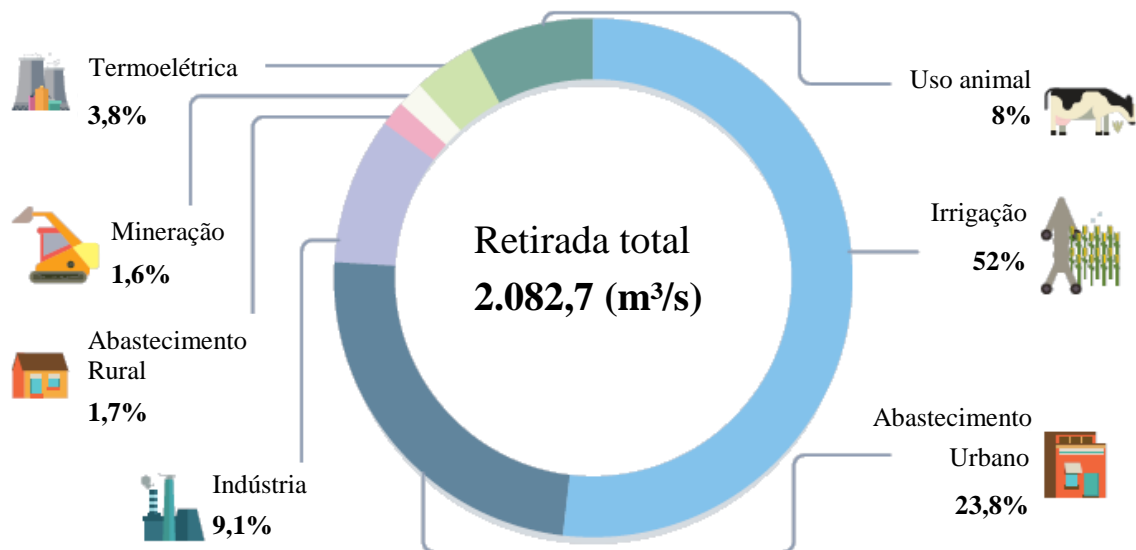
2 A ÁGUA NO BRASIL

2.1 O PROBLEMA DA DISPONIBILIDADE DE ÁGUA

A demanda por água vem aumentando exponencialmente devido ao desenvolvimento urbano e devido as atividades humanas que vêm se intensificando. Essas atividades naturalmente influenciam no ciclo hidrológico, uma vez que a sociedade tem necessidades físicas e biológicas que são supridas pela água tanto diretamente (consumo humano), quanto indiretamente (através da produção industrial e da agricultura), alterando assim sua qualidade (CUNHA *et. al*, 2011).

Segundo a Agência Nacional das Águas (2019), o abastecimento urbano é o segundo maior consumidor de água no Brasil. Conforme mostrado na FIGURA 1, em 2017 o abastecimento urbano foi responsável por 23,8% da retirada de água de mananciais, atrás apenas da retirada para irrigação de 52%.

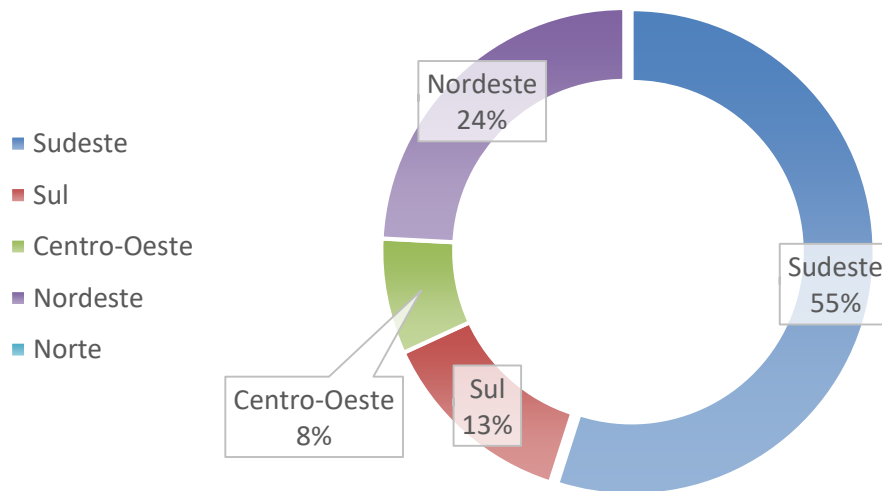
FIGURA 1 - Demanda de uso da água no Brasil em 2017, por finalidade de uso.



Fonte: Adaptado de ANA (2019).

Conforme mostrado no GRÁFICO 1, o país enfrenta problemas de disponibilidade de água em algumas regiões devido a concentração da população em faixas do território nacional, o que acarreta uma crescente pressão sobre os sistemas de distribuição.

GRÁFICO 1 - Abastecimento urbano das regiões geográficas.



Fonte: Adaptado de ANA (2019).

2.2 DESCARTE INADEQUADO

Dentre as várias dificuldades enfrentadas pela população que vive em situações desfavoráveis, Ercole (2003) aponta a insalubridade como sendo o mais grave dos problemas sociais. Isso é corroborado ao se considerar que a falta de saneamento básico é a principal causa de doenças que afetam o ser humano, deixando-o incapaz de realizar tarefas essenciais e excluindo o mesmo da participação efetiva na sociedade.

O lixo e o esgoto são encarados pela maior parte da nossa sociedade como resíduos descartáveis, não sendo visto a dimensão do problema que é a dispensa desses materiais sem o exame prévio da melhor forma de reutilizá-lo (ERCOLE, 2003; FAGUNDES, SHERER, 2009). O descarte mais adequado destes resíduos só começou a receber maior atenção atualmente, com o crescente aparecimento de lixões, rios excessivamente poluídos e com a intensificação de estudos sobre escassez de água potável.

2.3 ÁGUA DE REUSO

Uma das saídas mais eficientes para redução do problema da água é o seu reuso. Para Cunha *et al.* (2011), reuso de água trata-se da implantação de um sistema

que capta e trata água resultante de uso “nobre” (pias e banho), para ser utilizada novamente, em atividades que não exijam uma qualidade tão pura da água, como lavagens de pisos, descargas, entre outras.

2.3.1 CLASSIFICAÇÃO DAS ÁGUAS

Para Ercole (2003) é essencial a separação das águas (claras, cinzas e negras) para facilitar o tratamento e o tornar mais preciso, visto que separadas, é possível direcionar um tratamento específico com materiais adequados para cada nível de contaminação. Essas águas se diferem nos seguintes aspectos: águas claras são as provenientes de chuvas, também podem ser chamadas de águas pluviais; águas cinzas são as que vem de pias, máquinas de lavar, chuveiro, etc.; e águas negras são resultantes de descarga de sanitários.

Se tratando de águas cinzas e águas negras, ambas são efluentes que compõe o esgoto doméstico, sendo diferenciadas pelo local onde foram geradas e pelo grau de contaminação presente. As águas negras apresentam uma grande concentração de microrganismos patogênicos, nocivos à saúde humana, por se tratar de efluente gerado de bacias sanitárias havendo a presença de fezes e urina. Já as águas cinzas não recebem contribuição de vasos sanitários, logo apresentam baixo teor de contaminação e podem ser facilmente tratadas por um simples processo para ser utilizada em atividades secundárias.

2.4 POTENCIAIS FORMAS DE REUSO

Algumas considerações devem ser feitas a respeito do tipo de reuso das águas. Para se ter ideia de como o recurso será utilizado, se faz necessário a análise de características espaciais, fatores e condições institucionais, decisões políticas, fatores econômicos, sociais, culturais e disponibilidade técnica; uma vez que as possibilidades e formas de reuso dependem diretamente destes fatores. Hespanhol (2003) *apud*. Leal (2013). Logo, o custo de operação, implantação e manutenção, os parâmetros de segurança e de qualidade da água estão intimamente ligados ao destino do uso deste recurso.

2.4.1 REUSO PARA FINS POTÁVEIS

Considerações devem ser feitas e analisadas para se reutilizar águas cinzas para fins potáveis, já que apesar de apresentarem uma contaminação significativamente menor que as águas negras, não estão totalmente livres de seres patogênicos e outras contaminações. Para utilização dessa água para fins potáveis, se faz necessário um sistema de tratamento mais elaborado. Visto que terá contato direto com consumo humano, todos os aspectos relacionados a saúde pública devem ser rigorosamente analisados e os padrões de tratamento devem ser atendidos.

Essa forma de reuso é bastante delicada e exige altos padrões de qualidade e de tratamento, conseqüentemente carece de equipamentos mais avançados, mão de obra especializada, fiscalização e acompanhamento constante, o que leva a onerosidade, trazendo na maioria das situações, a inviabilidade de instalação e funcionamento do sistema.

2.4.2 REUSO PARA FINS NÃO POTÁVEIS

Por se tratar de um processo menos rigoroso, mas ainda assim adotando parâmetros para atender a saúde pública, o reuso para fins não potáveis deve ser considerado a principal opção para as águas cinzas. Conta com sistema mais econômico, comparado ao sistema utilizado para transformar a água cinza em água potável, o que possibilita o retorno de investimento no sistema quando se trata de condomínios residenciais. Segundo Braga (2009 *apud*. Hespanhol, 2002), os potenciais usos da água cinza em condomínios após o processo de tratamento são:

- irrigação de jardins, gramados, árvores e arbustos decorativos, campos de futebol;
- reserva de proteção contra incêndios;
- sistemas aquáticos decorativos (fontes, chafarizes, espelhos d'água);
- controle de poeira em obras do condomínio;
- execução de obras de engenharia de interesse do condomínio;
- descarga sanitária em banheiros privativos e públicos;
- lavagem de veículos;
- lavagem de pisos e passeios das áreas externas;

- higienização e limpeza de áreas compartilhadas.

Como todo sistema a ser implantado, este também apresenta dificuldades, tais como:

- custo elevado de equipamentos para implantar um sistema duplo de distribuição (se encarrega de transportar a água cinza ao sistema de tratamento);
- risco de ocorrência de conexões cruzadas (ligação entre encanamento de água potável e encanamento de água de qualidade desconhecida).

Se tratando de custos, estes devem ser considerados em relação as necessidades do proprietário do sistema, levando em consideração os benefícios econômicos e ambientais da economia de consumo de água potável fornecido pela concessionária.

Uma observação importante que deve ser levada em consideração é que a tarifa cobrada na conta da concessionária, na maioria das vezes, é constituída pelo consumo de água em m³ (metros cúbicos) multiplicado por dois, visto que após a utilização, a água utilizada é despejada no sistema de esgoto, usufruindo de um outro serviço fornecido pela concessionária, ou seja, para cada litro de água do sistema de reuso que é utilizado, a economia é de dois litros na tarifa da conta de água. Em Paracatu, por exemplo, a concessionária responsável pelo abastecimento urbano, coleta e tratamento do esgoto é a COPASA (Companhia de Saneamento de Minas Gerais), que calcula a taxa de esgoto como sendo entre 95 e 97% do valor da água utilizada, variando de acordo com a faixa de consumo.

3 REUSO DA ÁGUA

3.1 CONSIDERAÇÕES PARA REUSO

As grandes mudanças climáticas e alterações no ciclo da água nos últimos anos, combinadas a degradação dos mananciais, tem tornado cada vez mais difícil a obtenção de água de qualidade para o abastecimento das grandes cidades, o que acarreta o aumento dos custos de captação, tratamento e transporte. É cada vez mais notável essa dificuldade de disponibilidade dos recursos hídricos e a necessidade de uma atenção maior ao assunto.

Apesar de ser mais visível nos últimos anos, a preocupação com a utilização e preservação das águas é antiga no Brasil. O código das Águas, por exemplo, foi instituído no país em 1934, com objetivo de traçar diretrizes que permitam ao poder público controlar e incentivar o aproveitamento industrial das águas. Segundo Rapoport (2004):

A lei nº 6938/1981 institui a Política Nacional do Meio Ambiente e o princípio do poluidor pagador. A política nacional dos recursos hídricos, concretizada pela Lei nº 9433/97, fixa fundamentos, diretrizes e instrumentos capazes de indicar a posição e orientação pública no processo de gerenciamento de recursos hídricos.

Essas leis denotam a preocupação com os recursos hídricos, acompanhando a quantidade de água captada e devolvida aos corpos hídricos, reconhecendo este bem como finito, frágil, de valor econômico incalculável.

Em pleno ano de 2019 é possível identificar cidades brasileiras, principalmente na região norte e nordeste, que não dispõe de uma água de boa qualidade para consumo. Visto que este é um problema que tende a ser cada vez mais comum, o reuso das águas cinzas propõe a substituição da utilização da água potável, por uma água de qualidade inferior, porém voltada a tarefas que não levem em consideração sua potabilidade. Sendo assim, em médio e longo prazo, e com avanço de tratamento e investimentos no setor para larga escala, o problema da falta de água de alta qualidade pode ser contornado parcialmente pela disponibilidade de uma água de qualidade moderada, a qual esteja apta a suprir as necessidades da população, levando em consideração a questão da saúde pública.

Segundo Rapoport (2004), a Câmara Técnica de Ciência e Tecnologia do Conselho Nacional de Recursos Hídricos chamou a atenção para a necessidade de discussão sobre o reuso não potável da água, buscando elaborar uma resolução em relação as diretrizes gerais e contemplando aspectos institucionais, políticos e legais para prática do reuso no país, levando em consideração o tipo de reuso para que se alcance o padrão desejado de tratamento.

3.2 IMPLANTAÇÃO DO SISTEMA

A busca por um sistema de tratamento mais simples não permite o descuido de aspectos de saúde pública. Apesar de se tratar de um sistema menos oneroso, ele deve atender a uma qualidade mínima permitida para o fim que a água será destinada. Para implantação de um sistema de tratamento de águas cinzas para reuso, é indispensável o levantamento de inúmeros dados sobre o local no qual este sistema atenderá. Segundo Braga (2009), se faz necessário observar pontos como:

- demanda, para saber a disponibilidade de água para estes fins;
- oferta, procurando saber quais os recursos utilizados para a obtenção de água para abastecimento (poços, fontes alternativas, fornecimento pela concessionária);
- costumes dos moradores;
- clima;
- aspectos culturais;
- área de contribuição e área total do empreendimento;
- disponibilidade de espaço para locação do sistema;
- estrutura tarifária.

Deve-se ainda levar em conta aspectos ambientais, tais como o descarte adequado desta água; questões de saúde pública para controle de qualidade e destinação adequada para os fins de reuso; aspectos técnicos e de adequação do sistema, como outorgas e licenças ambientais, dentre outros fatores.

O método de levantamento de dados que visa avaliar a viabilidade da instalação de um sistema de tratamento de águas cinzas para reuso em condomínio residencial, se difere de acordo com a disponibilidade de recursos e materiais de cada

avaliador. A seguir são apresentados relatos a respeito da implantação de três sistemas de reuso de água, em condomínios localizados nas cidades de Cuiabá (MT), Bragança Paulista (SP) e Itajubá (MG).

3.2.1 CONDOMÍNIO RESIDENCIAL EM CUIABÁ

Leal (2013) fez a análise de um condomínio residencial de três torres, em Cuiabá-MT. Cada torre com 25 andares, 4 apartamentos por andar, somando um total de 300 unidades habitacionais. Leal (2013) objetivou calcular a viabilidade do projeto utilizando um método proposto por Sautchúk (2004), um dos pioneiros a estabelecer diretrizes para conservação de água em edificações.

O método utilizado por Leal (2013) se dividiu em quatro etapas. A primeira etapa consistiu em uma análise técnica preliminar, que seria o levantamento de todos os dados relevantes do condomínio em relação a água, como histórico de consumo, atuais condições de utilização, dentre outras informações. A etapa de número dois se tratava da avaliação da demanda de água. Logo foram observados os fins para os quais são utilizados a água no condomínio e as possíveis aplicações da água futuramente reutilizada. A terceira etapa do método utilizado avaliou a oferta de água, levantando dados sobre de onde vem este recurso para o condomínio, seja por fornecimento de concessionária, poços artesianos, captação direta de manancial, captação de água pluvial, etc. A última etapa foi o estudo da viabilidade técnica e econômica do projeto, onde se dimensionou reservatórios e todo o sistema de captação e tratamento das águas cinzas, calculando assim o tempo de retorno do investimento.

Após as etapas do método realizadas, Leal (2013) obteve o número estimado de pessoas que habitariam o condomínio e o número real atual de moradores. Obteve também dados importantes sobre as condições atuais da edificação para receber o sistema. A proposta inicial era o aproveitamento de água pluvial e de águas cinzas em bacias sanitárias, proposta que foi descartada após visita *in loco* e questionamento feito aos moradores. Por se tratar de um empreendimento já finalizado em questões de edificação, a implantação da proposta inicial demandava a construção de uma nova tubulação que levasse água pluvial dos reservatórios de coleta a todos os apartamentos e também que levasse águas cinzas ao sistema de tratamento e depois de tratada retornasse a cada unidade habitacional

na tubulação para descargas em bacias sanitárias. Visto isso, o projeto se tornou inviável financeiramente, sendo também pouco aceito pelos moradores, por falta de interesse, insatisfação com a necessidade de transtorno com obras e/ou por não querer gastos financeiros com o projeto.

Segundo Leal (2013), “é importante que a intervenção proposta, além de ser sustentável e promover a conservação dos recursos hídricos, seja ao menos viável tanto tecnicamente como economicamente”. Considerando essa importância, Leal chegou a uma proposta alternativa: reuso de água cinza proveniente apenas das lavanderias. Levando em consideração dados obtidos pelos questionários, a respeito da lavagem de roupas em cada apartamento e de acordo com as análises de demanda, foi estabelecida uma relação favorável para reutilização da água de lavanderia com finalidade de irrigação da área verde e limpeza do pátio, conforme apresentado na TABELA 1.

TABELA 1 - Resumo de demanda e oferta de água para reuso.

Demanda		Oferta	
Água para tratamento	(Litros/dia)	Água para reuso	(Litros/dia)
Máquina de lavar	15197	Irrigação	26535
Tanque de lavar	7350	Limpeza do pátio	1929
Total	22547	Total	28464

Fonte: Leal (2013)

Leal (2013) utilizou a tabela SINAP fornecida pela Caixa Econômica Federal para estimar o custo da construção do reservatório necessário para o projeto. Por fim, calculou o volume economizado anualmente (5.680 m³/ano), considerando 30% de perda do sistema da água cinza a ser utilizada, e multiplicou pelo valor de mercado da água da concessionária (R\$ 6,54), juntamente com o valor cobrado pelo tratamento do esgoto, que corresponde a 90% do volume de água fornecido, chegando ao valor economizado anualmente com o sistema (R\$ 70.579,20). Para chegar ao tempo de retorno, dividiu o valor estimado da implantação do sistema (R\$ 98.000,00 segundo a tabela SINAP) pelo valor mensal economizado, chegando ao tempo de retorno de investimento de 1 ano e 5 meses, apresentado na TABELA 2.

TABELA 2 - Resumo do custo do sistema e tempo de retorno.

<p style="text-align: center;"> $5.680 \text{ m}^3/\text{ano} \times \text{R\\$ } 6,54 = \text{R\\$ } 37.147,20$ $+ 90\% \text{ esgoto} = \text{R\\$ } 33.432,48$ $\text{Total/ano} = \text{R\\$ } 70.579,20$ Custo estimado do sistema + reservatório = R\$ 98.000,00 Tempo de retorno do investimento: 1 ano e 5 meses </p>
--

Fonte: Leal (2013)

Leal (2013) considerou que a viabilidade se dá pelo valor mensal de redução da fatura e a quantidade de meses necessários para que o valor total economizado seja igual ao valor investido no sistema, mostrando utilizar um método simples de cálculo, desconsiderando outros fatores.

3.2.2 CONDOMÍNIO RESIDENCIAL EM BRAGANÇA PAULISTA

O condomínio residencial Vale da Colina, em Bragança Paulista no estado de São Paulo, foi objeto de estudo da viabilidade técnica e econômica para implantação do sistema de tratamento de águas cinzas. Cordeiro e Júnior (2011), responsáveis pelo estudo, procuraram se aprofundar um pouco mais nos critérios de avaliação da viabilidade do projeto e destinam parte da água a descargas de bacias sanitárias.

Por se tratar de um edifício em processo de construção na data do estudo, optaram por fazer os cálculos estimando 4 habitantes por apartamento. O empreendimento conta com três torres, cada uma com 16 apartamentos, o que leva a um total de 192 moradores.

Para os dados iniciais foi utilizado o consumo por pessoa por dia recomendado pela NBR 5626/98, no caso de apartamento residencial, de 200 litros que foram distribuídos por utilização, como mostrado na TABELA 3:

TABELA 3 - Consumo de água potável

Uso	Consumo diário (L/dia) por habitante	Distribuição (%)	Hab.	Consumo Total (L/dia)	Consumo Total (m ³ /dia)
Bacia sanitária	34,5	17,25	192	6624	6,62
Chuveiro	83	41,5	192	15936	15,94
Lavatório	13,5	6,75	192	2592	2,59
Pia Cozinha	35	17,5	192	6720	6,72
Tanque	12	6	192	2304	2,30
Lava-roupas	16	8	192	3072	3,07
Lava-louças	6	3	192	1152	1,15
Total	200	100	-	38400	38,4

Fonte: Cordeiro e Júnior (2011)

Levando em consideração os conceitos de água cinza, apenas os efluentes gerados por chuveiro, lavatórios e máquina de lavar serão encaminhados ao CTAC (Centro de tratamento de águas cinzas), somando 21,6 m³/dia que corresponde a 56% dos efluentes gerados, o restante será descartado normalmente no esgoto.

Visto que a oferta de água reaproveitada é maior que a demanda das bacias sanitárias, Cordeiro e Júnior (2011) propuseram que o cálculo fosse feito apenas para a água que seria utilizada nas descargas. Logo, haveria uma economia de 199 m³ de água por mês, que multiplicados pela tarifa de abastecimento e de esgoto chegam a poupar R\$ 1.248,00 por mês, que é abatido na conta dos condôminos.

Para o cálculo da viabilidade econômica, foi levado em consideração o custo total de propriedade aplicado ao projeto, onde juros e depreciação compõe o custo de propriedade, o custo de operação inclui consumo de energia e remuneração do operador (incluindo encargos sociais e trabalhistas) e por fim o custo de manutenção. A mensuração do custo total de propriedade foi equiparada a depreciação do equipamento durante os 25 anos de vida útil dos apartamentos e considerando a substituição do equipamento CTAC a cada dez anos, sendo que no último período alcança 100% de depreciação de sua vida útil em cinco anos.

Conforme mostrado na TABELA 4, para o projeto atender as três torres, a soma dos custos (depreciação), juros, operação e manutenção totalizam R\$ 186.754,00 para funcionamento durante 25 anos de vida útil.

TABELA 4 - Distribuição do custo total de propriedade da CTAC.

Período (10 anos)	Depreciação (R\$)	Juros (R\$)	Operação (R\$)	Manutenção (R\$)	Total (R\$)
Torre 1	16.990	55.929	20.850	10.740	104.509
Torre 2	9.334	13.035	20.850	10.740	53.959
Torre 3	9.334	3.157	10.425	5.370	28.286
Total	35.658	72.121	52.125	26.850	186.754

Fonte: Cordeiro e Júnior (2011).

Verificada a economia mensal encontrada anteriormente de R\$ 1.248,00, o montante poupado durante 25 anos de vida útil totaliza R\$ 374.400,00. Após as análises o projeto se mostra viável e apresenta um *payback* de 2,4 anos, que corrigido, ou seja, levando em consideração o valor do dinheiro ao passar do tempo é de 7,2 anos.

Pelo ponto de vista ambiental, os autores ainda destacam potencial para reutilização de 56% dos efluentes gerados, que ao decorrer da vida útil do sistema representa 194.400 m³ de água que deixaria de ser lançada no meio ambiente e pode ser reutilizada e apontam ainda a redução do lançamento de esgoto 17,3%.

3.2.3 CONDOMÍNIO RESIDENCIAL EM ITAJUBÁ

Visando a viabilidade técnica e financeira do projeto, Braga (2009) procurou amparar-se em normas de controle ambiental e nos conceitos básicos do desenvolvimento sustentável, assegurando a saúde pública e os serviços oferecidos pelo condomínio. O condomínio Dona Júlia em Itajubá, Minas Gerais, foi o objeto de estudo. Composto por duas torres, o residencial conta com 4 apartamentos por andar e 10 andares por torre, destacando que para cada apartamento há duas vagas de estacionamento, totalizando 80 apartamentos e 160 vagas de estacionamento.

A proposta de Braga (2009) para o condomínio é o reaproveitamento de águas cinzas em atividades menos nobres e a captação de água pluvial. O sistema será composto por três caixas d'água: uma com água potável proveniente da concessionária fornecedora, no caso a COPASA; a segunda caixa com água cinza

proveniente de chuveiros, lavatórios e máquinas de lavar roupas, que será tratada devidamente antes do bombeamento para a caixa; o terceiro reservatório disponível para água pluvial.

O método utilizado para aferir a viabilidade do projeto consiste em uma análise preliminar onde são coletados dados a respeito do condomínio como localização geográfica, área ocupada, clima, dentre outros aspectos; seguido da análise de oferta de água e demanda das atividades fins, e depois vem a montagem do fluxo de caixa para operar os cálculos. Braga optou por comparar filosofia e métodos de diferentes empresas para obter os custos de investimento. A TABELA 5 mostra o resultado da oferta e demanda de água do condomínio:

TABELA 5 - Resultado da oferta e demanda de água do condomínio Dona Júlia.

DADOS DE OFERTA DE ÁGUA	L/DIA
Vazão média de esgoto total gerado	72.160,00
Vazão média de esgoto dos chuveiros	14.432,00
Vazão média de esgoto da máquina de lavar roupa	12.998,00
Vazão média de esgoto do lavatório	9.381,00
Total da vazão média de esgoto de águas cinzas	36.811,00
Vazão máxima de esgoto de água cinza	66.260,00
Vazão mínima de esgoto de água cinza	18.406,00
Vazão de água de chuva – área de captação das duas torres	2.490,00
Vazão de água de chuva – área de captação das torres e garagens	6.880,00
DADOS DE DEMANDA DE ÁGUA	L/DIA
Vazão total de água potável	60.000,00
Vazão de água para descarga do vaso sanitário	12.300,00
Vazão de água para limpeza de áreas	6.000,00
Vazão de água para irrigação	2.220,00
Vazão total de água de reuso – Demanda diária	20.520,00

Fonte: Adaptado de Braga (2009).

Na composição dos cálculos do fluxo de caixa para análise da viabilidade do projeto foram usados os seguintes métodos:

- Montagem do fluxo de caixa: através de planilhas foram feitos cálculos de custos mensais destinados a manutenção, pagamento de tarifas de energia elétrica, reposição de equipamentos.
- Taxa mínima de atratividade (TMA): taxa paga pelo Mercado Financeiro em investimentos correntes da conta poupança.

- Valor presente (VP): sobre o valor resultante de todas as capitalizações é calculado pelo valor presente da taxa de juros, utilizando a taxa mínima de atratividade para determinar o valor presente.

- *Payback*: é o quociente do custo de implantação do projeto pela redução obtida nos gastos do condomínio.

Braga (2009) buscou analisar os custos de implantação e operação em duas empresas distintas. A empresa ALPINA e a empresa CONSTRUSANE forneceram orçamento para custos de implantação e de operação. Na TABELA 6 são mostrados os resultados levantados.

TABELA 6 - Resultados levantados do Condomínio Dona Júlia

1 – Sistema de água potável – COPASA
Equipamento de recalque: 7 Bombas centrífugas de 5 cv Vazão: 8 m ³ /h e Altura manométrica: 47,30mca Custo do sistema de recalque: R\$ 22.283,37
Demanda de água com capacidade de reserva:
Volume total dos reservatórios de água potável: 90 m ³ /dia Média do consumo de água nos prédios de Itajubá no mesmo padrão Água COPASA: 750 m ³ /mês Energia elétrica CEMIG: 985 kWh/mês
Tarifas: COPASA: R\$ 11,78 (água e esgoto) CEMIG: R\$ 0,684134 (residencial)
2 – Sistemas de reuso e conservação de água
Demanda de água: utilização do vaso sanitário, irrigação de jardins e limpeza de pátios e calçadas. Volume total de água: 20 m ³ /dia
2.1 – Sistema de reuso de águas cinzas
Empresa ALPINA: Total operacional mensal: R\$ 955,00 Custo operacional descarte do lodo mensal: R\$ 22,88 Custo de implantação do sistema: R\$ 280.967,67 (R\$ 258.684,30 + R\$ 22.283,37)
Empresa CONSTRUSANE: Custo operacional mensal: R\$ 150,00 Custo de implantação do sistema: R\$ 127.931,37 (R\$ 105.648,00 + R\$ 22.283,37)

Fonte: Adaptado de Braga (2009)

O período de análise adotado para os cálculos foi de 240 meses (20 anos) considerados para a vida útil do sistema. Através da taxa mínima de atratividade e do conjunto adotado para o cálculo do fluxo de caixa, os resultados de *payback* obtidos estão disponíveis da TABELA 7.

TABELA 7 - Resultados dos aspectos econômicos

Empresas	Tempo de retorno do capital (meses)	Fator do valor presente	Valor presente líquido (R\$)	Benefício (R\$)
Alpina	60	45,5878	278.678,12	2.289
Construsane	20	18,1388	125.484,10	2.447

Fonte: Braga (2009)

A opção de sistema consolidada foi a da empresa Construsane por apresentar um retorno do investimento no menor prazo, atendendo a demanda das atividades fins sem colocar em risco a saúde pública e atendendo aos requisitos de sustentabilidade propostos pelo cliente.

3.3 BENEFÍCIOS DO REUSO

O reuso está relacionado a saúde pública e a preservação do meio ambiente e seus recursos hídricos, logo, para estabelecer-lo é preciso respeitar esta relação buscando equilibrar a economia de recursos e a boa qualidade da água, conhecendo as bases legais para reutilização e fazendo-a de forma correta.

A água na natureza é capaz de se auto renovar, de se purificar, é a capacidade de autodepuração. Cunha et al. (2011) cita que, para que este fenômeno seja realizado, alguns fatores são de extrema importância como a luz solar, a reaeração, a sedimentação e a diluição. Porém, com o crescimento do consumo de água no abastecimento urbano, é consequente a geração de um volume cada vez maior de esgotos, fazendo-se necessário mecanismos de depuração artificial que possam auxiliar no suporte de descarte de efluentes nos corpos hídricos, uma vez que a carga de efluentes passa a ser muito elevada para a vazão do corpo receptor.

Considerando este empecilho, o reuso é uma alternativa muito atrativa pelo ponto de vista ambiental. Se implantado e executado de maneira correta, Hespanhol *apud*. Cunha et al. (2011) cita fatores de melhorias, como:

- redução da carga de esgoto despejada em corpos hídricos;
- preservação dos recursos subterrâneos;
- preservação do solo, com o acúmulo de húmus e redução de erosões;

- aumento de recursos disponíveis para irrigação agrícola, proporcionando melhor qualidade de vida e disponibilidade de alimentos;
- estimula o uso racional da água potável;
- proporciona o uso sustentável dos recursos.

Além dos fatores sociais e econômicos atendidos pelo reuso de forma consciente, essa intervenção acarreta melhorias mensuráveis e imensuráveis ao meio ambiente. Uma vez que a água potável é substituída pela água cinza tratada em atividades de uso menos nobres, existe a economia da água de boa qualidade, no caso, a água potável que seria utilizada, além de evitar o descarte dessa água cinza nos corpos hídricos, gerando uma economia “em dobro”. Dos benefícios ambientais, podemos destacar:

- Redução da captação de água de qualidade, uma vez que seu uso terá uma queda nas atividades secundárias, possibilitando o controle do consumo de recursos hídricos e a preservação para próximas gerações;
- Redução do descarte de efluentes nos corpos hídricos, proporcionando melhor qualidade das águas disponíveis para uso primário;
- Aumento da disponibilidade de água de boa qualidade para usos mais nobres como abastecimento da população.

Apesar da forte ligação com o aspecto ambiental, o reuso traz consigo benefícios notáveis no âmbito social e da economia. Junto ao crescimento do reuso está o aparecimento de novas empresas com enfoque na sustentabilidade e na preservação dos recursos hídricos, gerando empregos e melhorando a imagem do setor produtivo junto à sociedade. O crescimento de sistemas de reuso em setores residenciais, industriais e públicos proporciona o aumento da competitividade no setor, reduzindo custos de produção e mudando os padrões de produção e consumo, além de possibilitar incentivos e coeficientes redutores na cobrança pelo uso da água.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Se faz necessário no Brasil o incentivo a políticas de preservação dos recursos hídricos e reciclagem da água, por meio da criação de legislação pertinente ao assunto, difusão de informações, incentivo ao desenvolvimento de técnicas e equipamentos para ampliação de sistemas de reuso, objetivando mudar a cultura ilusória de abundância dos recursos, trazendo a idéia de sustentabilidade para a população, pensando sempre a frente, nas gerações futuras.

É evidente o crescimento populacional urbano e a demanda por moradia, tornando cada vez mais comum a construção de condomínios nas zonas urbanas. Visando estes empreendimentos, o estudo mostrou uma grande demanda de água não só para consumo direto dos moradores, mas também para o consumo indireto em atividades secundárias que não exigem a potabilidade da água, atividades como limpeza de passeio, higienização de pisos, rega de áreas verdes, dentre outras. O sistema de reuso de águas cinzas é uma alternativa que contribui com o ambiente e gera bem estar social sem comprometer a qualidade dos serviços e atividades secundárias que necessitam de água.

Além das múltiplas possibilidades de uso, para fins não potáveis, da água que é tratada por estes sistemas, o estudo evidencia o impacto ambiental positivo que o grande volume de recurso economizado gera na natureza, visto que para cada litro reutilizado, deixa-se de captar um litro d'água e evita o descarte da mesma no ambiente sem tratamento adequado.

Se tratando da viabilidade financeira da implantação do sistema, foi possível perceber que a viabilidade é relativa a vários fatores que devem ser estudados antes da escolha do sistema, e varia de acordo com as prioridades de cada condomínio, localização geográfica, situação da edificação, demanda e oferta de recurso.

No caso do residencial em Cuiabá, o projeto inicial se tornou inviável devido a insatisfação dos moradores com a necessidade de reformas na edificação, que gerariam transtornos e também devido a onerosidade da criação de uma nova tubulação exclusiva de água cinza para sanitários, uma vez que as torres da habitação já estavam com as obras concluídas. Uma solução alternativa foi criada e se mostrou viável financeiramente e tecnicamente, atendendo as necessidades de rega de áreas

verdes e limpeza de pátios através da captação apenas de água proveniente de máquinas de lavar roupas.

No residencial localizado em Bragança Paulista, trabalhou-se com dados estimados, pois o empreendimento ainda estava em processo de construção. Este estudo utilizou de métodos mais detalhados para cálculo do *payback* comparados ao projeto anterior, o que levou a um tempo de retorno mais realista e demorado, porém ainda assim se mostrando viável técnica e financeiramente.

No condomínio Dona Júlia em Itajubá, o projeto conta com a captação de água pluvial além do sistema de águas cinzas, o que o torna ainda mais sustentável e com maior capacidade de reaproveitamento. Apesar disso, os dados relevantes para este trabalho foram apenas do sistema de reuso das águas cinzas, que se mostrou viável e com tempo de retorno de investimento bastante reduzido.

No quesito viabilidade em aspectos ambientais todos os projetos foram aprovados, pois o espaço de implantação se encontrava disponível nos três casos, não havendo necessidade de ocupação e/ou devastação de novas áreas e trazendo consigo uma economia na geração de esgoto e no consumo de água potável, variando a quantidade de acordo com o porte da obra e do sistema.

Em suma, o potencial do reuso é muito amplo visto a quantidade de atividades nas quais pode-se substituir água potável por águas cinzas tratadas, sem prejudicar os usuários. O benefício ambiental e social do reuso é incontestável, desde atendam as necessidades sem comprometer a saúde pública. O fato das unidades habitacionais não serem previamente projetadas para receber estes sistemas de reuso, inviabiliza grande parte de projetos de médio e pequeno porte, visto que as adaptações e obras necessárias para tal tornam o sistema oneroso e prolongam o tempo de retorno, além de causar transtorno para os moradores das habitações.

É notável a urgência com que devemos nos atentar ainda mais aos recursos hídricos, para que possamos atender as nossas necessidades sem comprometer as gerações futuras. Além da responsabilidade de órgãos públicos e de grandes empresas, é importante a consciência responsável de cada membro da sociedade, para que o trabalho de reuso se torne cada vez mais presente na cultura e nos costumes de um povo. Não esquecendo do engenheiro civil, que como profissional ético e membro dessa sociedade deve buscar ampliar os conhecimentos na área de recursos, inovando sempre e buscando alternativas para que essa cultura

esteja presente no maior número possível de edificações, sejam elas públicas, particulares, de grande ou de pequeno porte, adaptando a ideia para cada situação.

REFERÊNCIAS

- AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Manual de usos consuntivos da água no Brasil**. Brasília: ANA, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5626. Instalação predial de água fria**. 1998.
- BRAGA, Elizete Duarte. **Estudo de reuso de água em condomínios residenciais**. Itajubá, 2009.
- CORDEIRO, Roberto Batista; JUNIOR, Antônio Robles. **Custos e benefícios com o reuso de água em condomínios residenciais: um desenvolvimento sustentável**. 2009
- CUNHA, Ananda Helena N.; OLIVEIRA, Thiago Henrique de.; FERREIRA, Rafael Batista; MILHARDES, André Luiz M.; COSTA E SILVA, Sandra Máscimo da. **O reúso de água no Brasil: a importância da reutilização de água no país**. Goiânia: Enciclopédia Biosfera, vol. 7, 2011.
- ERCOLE, Luiz Augusto dos. S. **Sistema modular de gestão de águas residuárias domiciliares: uma opção mais sustentável para a gestão de resíduos líquidos**. Porto Alegre, 2003.
- FAGUNDES, Renata Magalhães; SCHERER, Mineia Johann. **Sistemas alternativos para o tratamento local dos efluentes sanitários**. Santa Maria: Disc. Scientia, vol. 10, 2009.
- LEAL, Bruno Luis. **Viabilidade de reuso de águas cinzas: estudo de caso em condomínio vertical em Cuiabá-MT**. Cuiabá, 2013.
- PESSARELLO, Regiane Grigoli. **Estudo exploratório quanto ao consumo de água na produção de obras de edifícios: avaliação e fatores influenciadores**. São Paulo, 2008.
- REBOUÇAS, Aldo da C. **Água no Brasil: abundância, desperdício e escassez**. Salvador: Bahia Análise & Dados, vol. 13, 2003.
- RAPOPORT, Beatriz. **Águas cinzas: caracterização, avaliação financeira e tratamento para reuso domiciliar e condominial**. Rio de Janeiro, 2004.
- SAUTCHÚK, Carla Araujo. **Formulação de diretrizes para implantação de programas de conservação de água em edificações**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia) - Escola politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.