XIII SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
DESEMPENHO E INOVAÇÃO
DE SISTEMAS PREDIAIS HIDRÁULICOS
SÃO PAULO – 04 DE OUTURO DE 2019

APROVEITAMENTO DE ÁGUA PLUVIAL NO AEROPORTO INTERNACIONAL DE BRASÍLIA: ESTIMANDO O POTENCIAL DE REDUÇÃO DO CONSUMO DE ÁGUA POTÁVEL EM IRRIGAÇÃO E LAVAGEM DE PISOS

RAINWATERHARVESTING IN BRASILIA INTERNATIONAL AIRPORT: ESTIMATING POTENTIAL WATER REDUCTIONGS FOR IRRIGATION AND FLOOR WASHING

SANTOS, Susanna[1]; SANT'ANA, Daniel[2]; TOTUGUI, Natália [3]; SANTANA, Livia[4]

[1] Grupo de Pesquisa Água & Ambiente Construído, Universidade de Brasília, susannasantos1@gmail.com
[2] Grupo de Pesquisa Água & Ambiente Construído, Universidade de Brasília, dsantana@unb.br
[3] Grupo de Pesquisa Água & Ambiente Construído, Universidade de Brasília, nataliatotugui@gmail.com
[4] Grupo de Pesquisa Água & Ambiente Construído, Instituto Federal de Goiás, livia.santana@ifg.edu.br

RESUMO

Em busca de uma gestão sustentável dos recursos hídricos, propõe-se analisar o potencial de redução do consumo de água potável no Aeroporto Internacional de Brasília por meio do sistema de Aproveitamento da Água Pluvial (AAP). Essa análise pressupõe uma compreensão do consumo global de água dessa edificação identificando seu consumo anual e os usos finais de água não potável desagregados para viabilizar os cálculos de oferta e demanda de água. Os resultados mostraram que nesta edificação o consumo anual médio é de 158.815 m³. Os usos finais de água não potável possíveis de serem estimados foram limpeza de pisos, que consome cerca de 20.900 L/dia; desemborrachamento das pistas, cujo consumo é de cerca 789 L/dia e; irrigação da área verde com consumo médio de 47.857 L/dia. A partir dessas informações foram simulados dois diferentes cenários para identificar o potencial de redução do consumo de água pelo aproveitamento de água pluvial em irrigação (Cenário 1), e em irrigação, desemborrachamento de pistas e limpeza de pisos (Cenário 2). O resultado apontou uma economia de aproximadamente 4.562 m³/ano no Cenário 1, e 10.387 m³/ano para o Cenário 2, que representa um potencial de redução do consumo de água de aproximadamente 3% e 7% respectivamente.

Palavras-chave: Usos Finais, Aproveitamento da Água Pluvial, Aeroporto.

ABSTRACT

In search of a sustainable management of water resources, it is proposed on this research to analyze the potential water reductions by in the International Airport of Brasilia through the Rainwater Harvesting (RWH). This analysis presupposes an understanding of the global water consumption of this building, identifying its annual consumption and the end uses of disaggregated non-potable water uses to enable the calculations of water supply and demand. The results showed that in this building the average annual consumption is 158.815 m³. The water end uses identified and estimated were floor cleaning, which consumes about 20,900 L/day; of the airplane track cleaning, that consumes around 789 L/day; irrigation of the green area with average consumption of 47,857 L/day. From this information, two different scenarios were simulated to identify the potential for reducing water consumption by the RWH system: scenario 1: irrigation and scenario 2, irrigation, airplane track cleaning and floor cleaning. The results showed an economy of approximately 4,562 m³/year in Scenario 1, and 10,387 m³/year for Scenario 2, which represents a potential reduction of water consumption of approximately 3% and 7% respectively.

Keywords: *Water End Uses, Rainwater Harvesting, Airport.*

1 INTRODUÇÃO

O Brasil detém cerca de 12% de toda a reserva de água doce mundial, no entanto não está isento de sofrer com problemas relacionados à escassez de água em seu território (VICTORINO, 2007). Parte disso por causa da distribuição desigual onde 80% dessa reserva está localizada na Região Hidrográfica Amazônica (ANA, 2018), e parte por causa da maneira de gerir os recursos hídricos onde a maior parte dos esforços das companhias de abastecimento tem sido para aperfeiçoar as tecnologias que aumentam a oferta de água a fim de suprir a crescente demanda de água da população à qual atende.

O cenário de crise hídrica é configurado no país de maneira marcante em 2014 com a grave seca que se instalou nas regiões Centro-Oeste e Sudeste. Tal crise afetou seriamente o abastecimento urbano em três estados-chave da economia brasileira: Minas Gerais, Rio de Janeiro e São Paulo. No ano de 2017, o Distrito Federal, também, foi alvo da crise que tem se alastrado no Brasil.

Diante desse contexto é fundamental buscar alternativas que visam reduzir a demanda de água populacional. Estudos apontam que a descentralização da produção de água é eficaz para cumprir essa prerrogativa que torna a gestão de água mais consistente e sustentável. As principais tecnologias em curso para isso, são o Aproveitamento de Águas Pluviais e o Reúso de Águas Cinzas, que envolve a sociedade civil de maneira ativa no papel de preservar e o recurso hídrico.

Portanto, esses sistemas de abastecimento de água desde a captação, adução, tratamento, recalque e distribuição, inclusive reservação deve ser bem projetado, construído e operado, a fim de manter a quantidade e a qualidade de água da edificação. Para que os projetos sejam de fato eficientes, é fundamental compreender como a água é utilizada em cada tipo de edificação e qual a média de consumo em cada ponto de uso final de água a fim de estimar o volume de água necessário para atender os fins não potáveis que se pretende usar, de maneira que represente ao máximo a realidade da edificação ao qual será projetada. Essas medidas são imprescindíveis para que não haja subdimensionamento dos reservatórios, que torna o sistema menos eficiente, ou superdimensionamento, que torna o sistema mais caro.

Estudos voltados para as edificações residenciais já estão bastante avançados e já é possível identificar os principais fatores que afetam seu consumo, os usos finais de água, inclusive considerando as faixas de renda populacional, e as viabilidades econômicas (GRIGGS et al., 1998; MADDAUS, MADDAUS, 2004; GHISI & FERREIRA, 2007; GHISI & OLIVEIRA, 2007; SANT'ANA, 2011). Entretanto, as tipologias de edifícios não residenciais, que são repletas de particularidades e usos distintos dos edifícios residenciais (e.g. hospitais, escritórios, edifícios de transporte, etc.), e possuem diferentes padrões de consumo que impactam de maneira diferente na demanda de água, ainda não possuem dados generalizáveis que corroboram para implantar esses sistemas de maneira otimizada.

No que se refere à tipologia de transportes foi realizado um estudo dos usos finais de água na Rodoviária Central de Brasília (SANTOS, 2018), e edifícios de aeroportos, onde foram analisados as variáveis que impactam no consumo de água, e consumo *per capita* (CARVALHO *et al.*, 2013; FREIRE, 2011; FRISSO, JÚNIOR, URRICHI, s.d.). Este artigo pretende contribuir com esses estudos voltados ao consumo de água em edificações aeroportuárias analisando o consumo de água para irrigação e lavagem de pisos, tendo como objeto de estudo o Terminal de Passageiros 1 (TP1).

Este terminal foi escolhido pois o Terminal de Passageiros 2, que atuava apenas para voos locais em aviões pequenos fretados ou particulares, foi desativado em 2017. Diante disso, e da ampliação do TP1, análises do consumo em cada uso final de água não foi viável até o presente artigo. Portanto, foi verificado o potencial de redução do consumo de água do AIB, através do Aproveitamento de Água Pluvial. Vale ressaltar, que sem a caracterização dos usos finais, em sua totalidade, a análise do potencial de redução do consumo através do Reúso de Águas Cinzas é leviana, e não será abordado aqui.

2 MÉTODO

O método utilizado para avaliar o potencial de redução do consumo de água do TP1, foi dividido em três etapas: i) o levantamento de dados de consumo, que permitirá identificar qual o consumo anual médio do aeroporto; ii) o levantamento dos consumos em irrigação e lavagem de pisos, a fim de identificar a demanda de água que o sistema de abastecimento deverá suprir e; iii) a avaliação do potencial de redução do consumo de água por meio do aproveitamento da água pluvial.

A primeira etapa, teve como ponto de partida, a obtenção das contas de água da Companhia de Saneamento Ambiental do Distrito Federal (CAESB). Com esses dados foram analisados os consumos mês a mês distribuídos em um histograma a fim de detectar o consumo representativo. Em seguida foi contatado a empresa responsável pela administração do aeroporto para apontar quais os hábitos de consumo para lavagem de pisos e irrigação da edificação. A verificação do cronograma de limpeza, maquinários utilizados e diálogo com as equipes de limpeza para identificação do tempo médio necessário para higienização de cada área, bem como o estudo do cronograma das atividades de limpeza e conservação foram processos fundamentais para melhor entendimento do consumo de uso final destinado à lavagem dos pisos da edificação. Ponto importante a ser observado dentro do uso para lavagem dos pisos, foi a identificação do processo de *desemborrachamento* das pistas de pouso e decolagem, realizados periodicamente para manutenção e garantia a seguridade dos voos realizados, desta forma foram extraídas as informações de volume de água e cronograma para realizar esse procedimento e estimado seu consumo separando-o da lavagem de pisos de circulação da edificação. Por fim, foi estudado o procedimento de irrigação dos jardins do TP1, obtendo-se os volumes médios utilizados, e quantificação de áreas verdes. A partir desses dados foi possível estimar a demanda desses usos finais, que poderão ser supridos a partir do AAP, iniciando-se a terceira etapa, obtenção do cálculo potencial de redução do consumo de água potável no AIB.

A oferta de água pluvial foi estimada de acordo com a área de cobertura (54.270 m²) e dados climatológicos do Distrito Federal, obtidos através da média histórica do índice pluviométrico do período de 1961 a 1990 do Instituto Nacional de Meteorologia - INMET. O regime de chuvas no DF é caracterizado por um período longo de estiagem entre os meses de abril e setembro e um período de chuvas mais constantes entre os meses de outubro e março. Sendo o mês de julho, o de menor índice pluviométrico, e os meses de dezembro e janeiro, os meses, com o maior índice pluviométrico (BARROS, 2003). Esse tipo de comportamento, com longos períodos de seca faz com que os reservatórios para armazenamento de água pluvial sejam maiores do que em regiões cujos índices pluviométricos são mais constantes ao longo do ano. No entanto, os estudos realizados sobre o AAP na região, mostram-se viáveis tanto técnica quanto economicamente (SANTOS, SANT'ANA, 2019; BARBOSA, SANT'ANA, BEZERRA, 2018; SANT'ANA, BOEGER, MONTEIRO, 2013).

A oferta de água pluvial disponível é obtida a partir do índice pluviométrico local, da área de captação disponível e dos coeficientes de escoamento e de filtragem, conforme a Equação 1, sendo o coeficiente de escoamento a relação entre a água que escoa na superfície e o total de água precipitada e coeficiente de filtragem a eficiência do equipamento de filtragem. A cobertura do aeroporto é de telha de fibrocimento, portanto, o coeficiente de escoamento utilizado foi de 0,9. Diante do porte da edificação são utilizados filtros comerciais com eficiência aproximada de 90% para implantação do sistema.

Oferta (L) = PP (mm) x A (m²) x Ce x Cf (1)

Onde:
PP = Precipitação Anual
A = Área de Superfície disponível para coleta da Água de chuva
Ce = Coeficiente de escoamento do telhado
Cf = Coeficiente de Filtragem

Para verificar as reduções do consumo de água a partir da implantação de sistemas de AAP no aeroporto, foram considerados dois cenários: **Cenário 1,** com a demanda apenas para a irrigação; e **Cenário 2** com a demanda em lavagem de pisos, irrigação, e desemborrachamento de pistas. Assim, para cada cenário, foram realizadas simulações do desempenho de diferentes capacidades de cisternas e identificadas o potencial de redução do consumo de água pelo Aproveitamento de Água Pluvial. Para cada cenário, foram feitas simulações baseadas em intervalos de tempo diários, usando um modelo comportamental (Equação 4) realizadas com uma regra operacional de uso após extra vazão *(yield after spillage)* na Equação 5 (FEWKES, 1999). Simulações do desempenho de diferentes capacidades de cisternas foram realizadas para identificar o potencial de redução do consumo de água pelo aproveitamento de águas pluviais.

$$V_t = V_{t-1} + Q_t - D_t \quad (4)$$

Sendo, $0 \leq V_{t-1} \leq C$

$$Y_t = mín \begin{cases} D_t \\ V_{t-1} + Q_t \end{cases} \quad (5)$$

$$V_t = mín \begin{cases} V_{t-1} + Q_t - Y_t \\ C \end{cases}$$

Onde:

V_t = Água de chuva armazenada no intervalo de tempo, t
V_{t-1} = Água de chuva armazenada no intervalo de tempo, t-1
Q_t = Oferta da água de chuva no intervalo de tempo, t

D_t = Demanda da água de chuva no intervalo de tempo, t
C = Capacidade de armazenamento
Y_t = Coleta da água de chuva no intervalo de tempo, t

Por fim, os potenciais de redução do consumo de água no Aeroporto Internacional de Brasília foram calculados através do consumo base de água da edificação e do consumo reduzido no período de um ano, conforme a Equação 6.

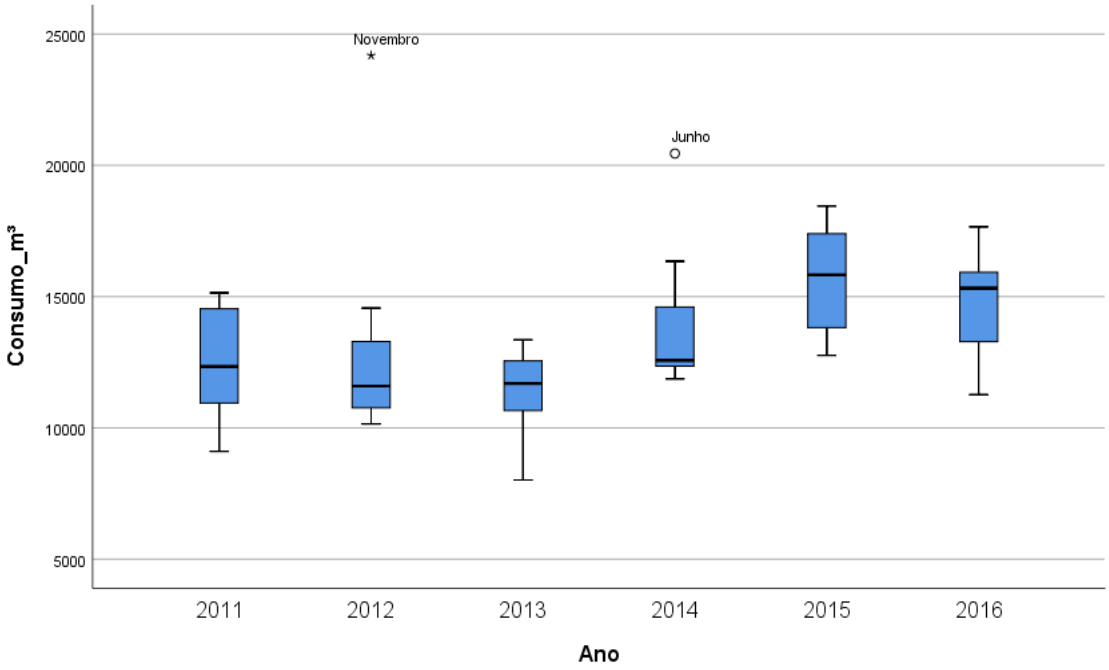
$$P_{(\%)} = \frac{D_b - D_r}{D_b} \times 100 \quad (6)$$

Onde:
$P_{(\%)}$ = Potencial de redução do consumo de água em porcentagem
D_b = Consumo base (m³/ano)
D_r = Consumo reduzido (m³/ano)

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados de consumo obtidos do Terminal de Passageiros 1 (TP1) são referentes aos anos de 2011 a 2016. Para analisar o comportamento do consumo de água ao longo desse período, foi gerado o gráfico de caixa da FIGURA 1, com a função de auxiliar no estudo de distribuição dos dados. A caixa representa 50% dos valores e a linha do centro é a mediana. A linha deslocada do centro mostra que não há uma distribuição normal, e os pontos mostrados fora da caixa são os valores extremos que prejudicam o resultado da média do consumo por não representar a realidade do consumo normal. Nesse gráfico podemos visualizar dois desses valores extremos, o de novembro de 2012, e o de junho de 2014. A INFRAMERICA, empresa responsável pela administração do aeroporto, informou sobre esses resultados que o aumento do consumo em junho de 2014, pode estar associado ao aumento do número de operações, que ocorreram devido ao evento esportivo internacional de futebol masculino, a copa do mundo da FIFA (2014), e que em novembro de 2012 outra companhia administrava o aeroporto e portanto não foi possível explicar o motivo.

FIGURA 1 - Gráfico caixa do consumo do TP1 de 2011 a 2016

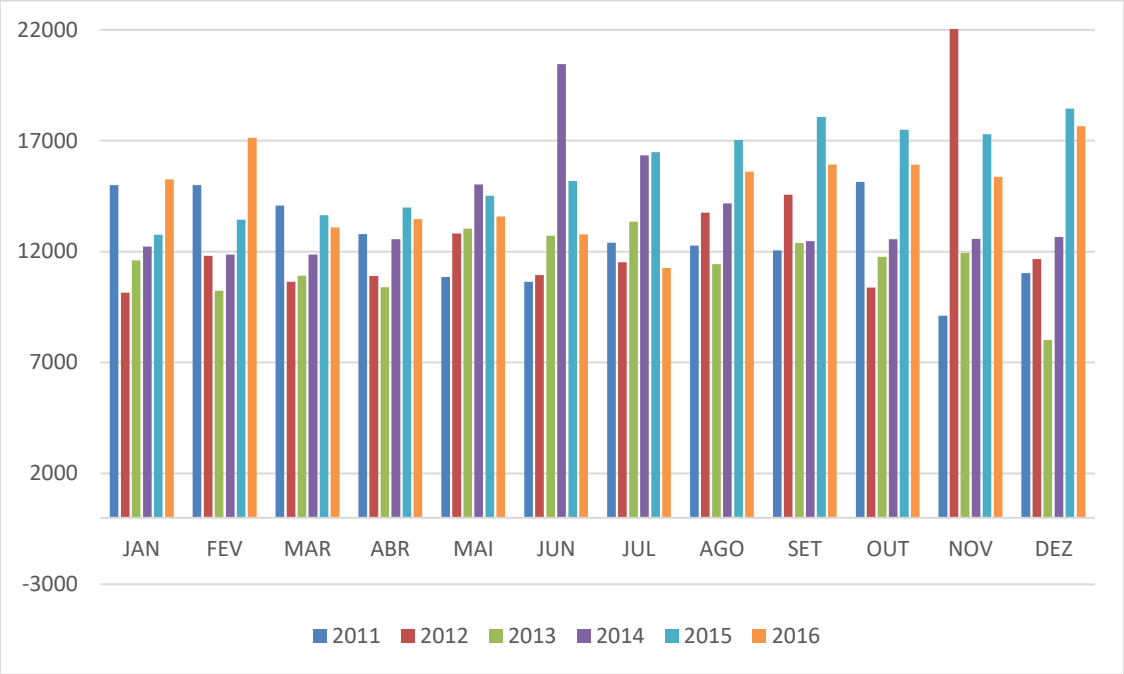


Para que os cálculos não fossem influenciados pelo consumo anormal de novembro de 2012, e junho de 2014, esses valores anormais, foram alterados pela média do mês correspondente dos demais anos analisados, conforme TABELA 1, e a FIGURA 2, mostra o consumo mês a mês em cada ano analisado da edificação. Feito essas considerações foi identificado que o consumo médio anual do TP1 é de 158.815m^3. Esse resultado é fundamental para avaliar o potencial de redução do consumo dessa edificação. A

TABELA 1 - Tabela de correção do consumo do mês de novembro de 2012 e junho de 2014

Ano	**Mês**	**Consumo Faturado** (m^3)	**Consumo Corrigido** (m^3)
2012	Novembro	24186	13257
2014	Junho	20449	12453

FIGURA 2 – Consumo Mensal do AIB entre os anos 2011-2016



Na segunda etapa foram identificados os usos finais não potáveis do TP1, são eles, limpeza de pisos, desemborrachamento das pistas de pouso e decolagem, irrigação e descargas sanitárias. Através do cronograma de limpeza do TP1, das áreas e das especificações dos equipamentos utilizados, foi possível estimar o consumo diário médio para esse fim. A limpeza das pistas de pouso é realizada 8 vezes ao ano e a administração tem o controle do volume gasto em cada procedimento, cerca de 288.000 litros por ano. A irrigação da área verde do aeroporto é realizada por caminhões pipa gastando cerca de 67.000 litros de água em cada procedimento, realizado ao longo do ano todo. Não foi possível instalar os equipamentos de medições na edificação, portanto, esse uso final não potável não entrou no potencial de redução. Os resultados dos usos finais obtidos estão na TABELA 2.

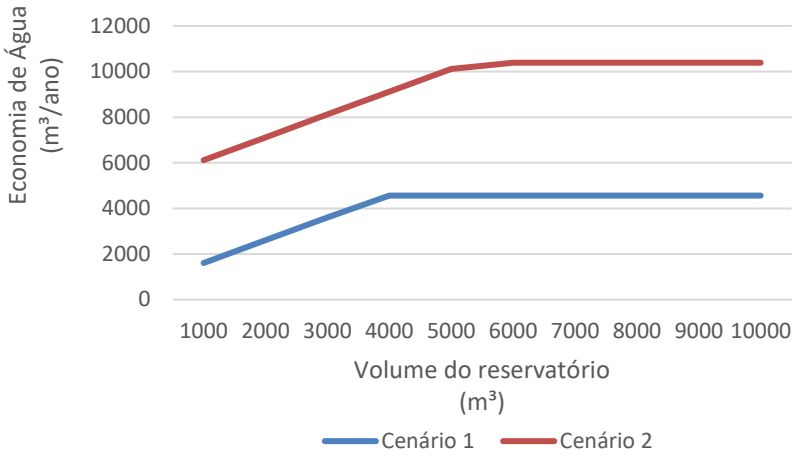
TABELA 2 - Usos Finais TP1

Usos Finais	Demanda	Indicador
Pisos Internos	20.900 L/dia	0,2 L/m²/dia
Desemborrachamento de Pistas	789 L/dia	0,003 L/m²/dia
Irrigação de Jardim	47.857 L/dia	0,1 L/m²/dia

L/d = litro por dia; L/m²/dia = litro por metro quadrado por dia

Os resultados da simulação estão apresentados na FIGURA 3 e apontam que, para o Cenário 1, o sistema AAP é capaz de gerar uma economia de até 4.562 m³/ano utilizando um reservatório de armazenamento de água de chuva de 4.000 m³, que corresponde cerca de 3% de toda a demanda do TP1. Para o Cenário 2, o sistema AAP é capaz de gerar uma economia de até 10.387 m³/ano utilizando um reservatório de 6.000 m³, que corresponde a cerca de 7% do consumo médio faturado pelo TP1.

FIGURA 3 - Economia anual de água por volume de reservatório – TP1: Cenários 1 e 2



4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir da análise do consumo de água para os fins de irrigação, lavagem de pisos, e desemborrachamento de pistas no Aeroporto Internacional de Brasília, o estudo apontou que a irrigação das áreas verdes representa apenas 3% do consumo total de água no aeroporto. No entanto, vale ressaltar que o sistema atual é pouco eficiente. Caso seja promovido o uso eficiente em irrigação os volumes de reservatórios poderão ser menores. O Cenário 1 com sistema apenas para irrigação é o mais simples de ser implantado no aeroporto visto que não é necessário grandes níveis reforma para adaptação predial, já o Cenário 2, exige maior nível de reforma para adaptação predial o que pode ser justificado caso a água da chuva seja usado nos vasos sanitários, e portanto é importante que este estudo seja ampliado para aprofundar nas estratégias de implantação das tecnologias que promovem a conservação de água da edificação.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem o financiamento cedido pela ADASA (Agência Reguladora de Água, Energia e Saneamento Básico no DF) e à INFRAMERICA que forneceu os dados necessários para os resultados obtidos neste artigo.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil 2018**: informe anual. Brasília: ANA, 2018. 72p.

BARBOSA, G. G.; SANT'ANA, D.; BEZERRA, S.P. (2018). **Indicadores de consumo de consumo de água e análise comparativa entre o aproveitamento de águas pluviais e o reúso de águas cinzas em edificações de ensino do Campus Darcy Ribeiro - UnB.** Paranoá, Brasília, n° 22, p. 1-15.

BARROS, J. R. (2003). **A chuva no Distrito Federal: O regime e as excepcionalidades do ritmo.** Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo. Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, SP, p. 115-117.

CARVALHO, I.C.; CALIJURI, M.L.; ASSEMANY, P.P.; SILVA, M.D.; NETO, R.F.; SANTIAGO, A.F.; SOUZA, M.H. (2013). Sustainable airport environments: A review of water conservation practices in airports. **Resources, Conservation and Recycling** 74. pp. 27– 36.

FREIRE, M.T.M. (2011). **O consumo racional de água no aeroporto internacional de Salvador, Bahia/ Brasil**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Industrial. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Industrial, Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, 168p.

FRISSO, C.; JÚNIOR, W.C.S.; URRICHI, W. (2007). **Uso eficiente de água no Aeroporto Internacional de Guarulhos/SP**. In: Semana Nacional de Ciência e Tecnologia XIII ENCITA - Encontro de Iniciação e Pós-graduação do ITA. São José dos Campos - SP, Out. 2007.

GHISI, E.; FERREIRA, D. F. (2007). **Potential for potable water savings by using rainwater and greywater in a multi-storey residential building in southern Brazil.** Building and Environment, v. 42, n. 7, p. 2512-2522.

GHISI, E; OLIVEIRA, S. M. (2007). **Potential for potable water savings by combining the use of rainwater and greywater in houses in southern Brazil**. Building and Environment, v. 42, n. 4, p. 1731-1742.

GRIGGS, J. C.; SHOULER, M. C.; HALL, J. (1998). **Water conservation and the built environment.** In: 21 AD: Water. Oxford: Oxford University Press.

MADDAUS, W. O.; MADDAUS, M. L. (2004). Evaluating water conservation cost-effectiveness with an end-use model**. Proceedings Water Sources Conference**. Austin Texas: AWWA, 2004.

SANT'ANA, D.; BOEGER, L.; VILELA, L. (2013). **Aproveitamento de água pluvial e o reúso de águas cinzas em edifícios residenciais de Brasília - parte 2: viabilidade técnica e econômica.** Paranoá, Brasília, n° 10, p. 85-94.

SANT'ANA, D. (2011). **A socio-technical study of water consumption and water conservation in Brazilian dwelling. 2011**. 411p. Tese (Doutorado no Instituto de Desenvolvimento Sustentável) - Universidade de Oxford Brookes, Oxford, Reino Unido.

SANTOS, S. A. (2018). **Análise comparativa do uso de sistemas de aproveitamento de águas pluviais e reúso de águas cinzas na Rodoviária do Plano Piloto, Brasília-DF**. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e Urbanismo. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 114p.

SANTOS, S. A.; SANT'ANA, D. (2019). **Análise do potencial de redução do consumo de água potável pelo aproveitamento de águas pluviais e reúso de águas cinzas na Rodoviária do Plano Piloto de Brasília - DF.** Paranoá, Brasília, n° 23, p. 84-92.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de Água de Chuva – para Áreas Urbanas e Fins não Potáveis.** 2. ed. São Paulo: Navegar Editora, 2005. 176p.

VICTORINO, C.J.A. **Planeta água morrendo de sede: uma visão analítica na metodologia do uso e abuso dos recursos hídricos**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007. p. 21.