

Estudo de caso: o potencial de captação de água pluvial em edificações da Universidade Federal do Pará, Brasil

BRAIAN SAIMON FROTA DA SILVA*

CLÁUDIO NAHUM ALVES†

Resumo

No intuito de propor gestão sustentável aos recursos hídricos na Universidade Federal do Pará, *campus* Belém, este trabalho mediu o potencial de água de chuva para o abastecimento humano de benefício secundário nos setores Básico, Profissional, Esportivo e Saúde. Assim foram coletados os dados climatológicos no período de 33 anos e aferidas 213 áreas de telhados das edificações na autarquia, a fim de computar o volume médio de água de chuva para presumir o percentual de economia em função do consumo anual de água. Desta maneira, os dados receberam a modelagem estatística em ANOVA e correlação linear em replicatas, seguidos dos testes Fisher e Tukey, para quantificar a relevância das principais variáveis no potencial pluviométrico. Concluiu-se que a UFPA pode economizar 100% ao utilizar tecnologias de captação pluviométrica e receber incentivos para progredir sustentavelmente se adotar os critérios estabelecidos na Agenda Ambiental na Administração Pública (A3P).

Palavras-chave: Gestão sustentável. Recursos hídricos. Modelagem estatística. A3P.

Abstract

In intention to consider sustainable management to the hídricos resources in the Federal University of Pará, Belém campus, this work measured the rain water potential for the human supplying of secondary benefit in the sectors Basic, Professional, Esportivo and Saúde. Thus the normal climatológicas in the period of 33 years and surveyed 213 areas of roofs of the constructions in the autarchy had been collected, in order to compute the average volume of rain water to presume the percentage of economy in function of the annual water consumption. In this way, the data had received the modeling statistics in ANOVA and linear correlation in replicatas, followed of the tests Fisher and Tukey, to quantify the relevance of the main 0 variable in the pluviométrico potential. One concludes that the UFPA can save 100% when using technologies of pluviométrica captation and receive incentives to progress sustainable to adopt the criteria established in the Ambient Agenda in Administração Pública (A3P).

Keywords: Sustainable management. Water resources. Modeling statistics. A3P.

* Mestrando em Ciências pela Universidade Federal do Pará (UFPA), Instituto de Ciências Exatas e Naturais (ICEN), Belém, Pará, Brasil

† Professor e pesquisador, Programa de Pós-graduação em Ciências e Meio Ambiente (PPCMA), Universidade Federal do Pará (UFPA), Brasil

O POTENCIAL DE CAPTAÇÃO DE ÁGUA PLUVIAL EM EDIFICAÇÕES

1 INTRODUÇÃO

O crescimento populacional demanda gesticular técnicas de manejo sustentável dos recursos hídricos da atual sociedade, que no intuito de evitar a escassez aproveitada com maior eficiência o potencial de seus usos múltiplos (FEITOSA et al., 2018).

Há uma vasta quantidade de água na superfície terrestre, sendo que dos 70% desse recurso natural é parcelada em 97,5% aos oceanos e mares, as quais são impróprias para o consumo humano. Já 2,5% dessa água é doce e se distribuem em 68,9% nas geleiras polares e nas regiões montanhosas de elevada altitude, 29,9% situam-se em subsolo e apenas 0,266% estão na superfície dispostas em lagos, rios entre outros reservatórios (SALOMÃO et al., 2019).

As águas pluviais têm sido captadas e armazenadas ao longo da história da humanidade para suprir o abastecimento, na finalidade de satisfazer as demandas de águas poucas restritivas, as quais possibilitam o desenvolvimento econômico (RIBEIRO et al., 2018).

As águas superficiais são coletadas facilmente e podem ser utilizadas em diversos usos, como a agricultura, irrigação, dentre outros benefícios primário e secundários (CPRM, 2018). Todavia este recurso encontra-se suscetível a contaminação e poluição por meio das atividades antrópicas, desta forma interferindo diretamente na qualidade da água e potencializando diversas patologias (OBREGON et al, 2019).

Segundo Mendes et al. (2014), o Brasil, principalmente na região amazônica, tem considerável potencial pluviométrico que pode ser gerenciado por meio de

aplicações tecnológicas de captação deste recurso. Diante dessa situação faz-se coerente prevenir gastos excessivo no consumo de água, mitigar doenças de vinculação hídrica e evitar enchentes quando disseminadas a implementação de cisternas para o aproveitamento de água pluvial (DE LIMA et al., 2011; GHISI e SCHONDERMARK, 2013).

Ressalva-se que a captação de água de chuva em instituições de ensino podem ser destinadas para lavagem de banheiros, copas, salas, lanchonetes entres outros (FASOLA et al., 2011). A Universidade Federal do Pará (UFPA), ao longo de anos tem buscado a implementação de estudos para aplicação de tecnologias de captação de água pluvial, que retratam um potencial sustentável em função do manejo desses recursos hídricos (YOSHINO, 2012; SILVA et al., 2013; CONCEIÇÃO, 2014).

O objetivo deste trabalho é mensurar o potencial de água pluvial nos quatro setores UFPA, *compus* Belém, e assim demonstrar a partir de modelos estatísticos a sustentabilidade de seu uso para o consumo secundário.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

A área em estudo está situada na UFPA, às margens do Rio Guamá, no município de Belém do Pará. A universidade divide-se em quatro setores (Figura 1), tais como: Setor Básico, Profissional, Saúde e Esportivo, sendo que, o quantitativo de edificações computado foi de 104, 48, 44 e 17, respectivamente.

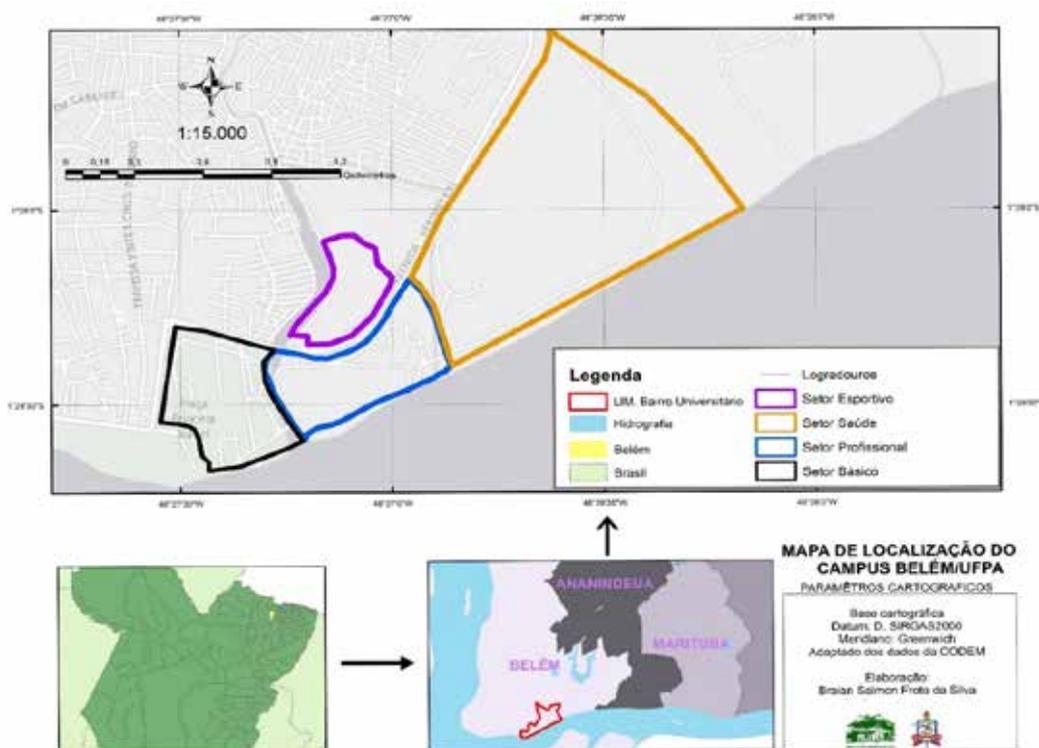


Figura 1: Universidade Federal do Pará, Brasil.

2.2 Obtenção de dados

O potencial de água de chuva das edificações em estudo foi mensurado pelo mesmo método estipulado por Ghisi et al. (2006), e ainda reproduzido por Lima et al. (2012), os quais se levam em consideração a definição da disponibilidade de água de chuva, a identificação da estrutura de captação e a determinação da demanda. Todavia adotou-se especialmente o método de Flores et al. (2012), a saber:

Pluviosidade: adquirida a partir das medidas de pluviosidade da região de Belém, pela Estação 148002, fornecidos pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2016), as quais foram usadas as séries históricas mensais dos anos de 1984 até 2016, que forneceu apenas as normais climatológicas até o mês de agosto. Sendo assim, as demais medidas de pluviosidade foram angariadas

no Instituto Nacional de Meteorologia (INMET, 2018), pela estação 2º DISME, no período de setembro de 2016 a dezembro de 2017.

Captção: foram medidas 213 áreas de telhados de edificações no autocad 2014, a partir da planta arquitetônica fornecida por UFPA.

Cálculo de volume pluvial: o volume total coletado estimado de água de chuva pode ser expresso pela seguinte equação 1:

$$V = P.A.C.10^{-3}$$

Em que:

V - volume mensal de chuva que poderia ser captado (m^3);

P - precipitação mensal (mm);

A - área total de captação (m^2);

C - coeficiente de runoff (adimensional);

10^{-3} é um fator de conversão da precipitação de milímetro para metro.

Convenciona-se que para cada 1 mm de chuva que recaia sobre 1m² de telhado, seja captado 1 L de água. Desta maneira, se ocorrer 200 mm de chuva por mês em um telhado com 200 m², seriam captados 20000 L, ou seja, 20 m³.

Cálculo do Potencial de economia de água para fins não potáveis: esse valor é o resultado do volume pluvial mensal estimado pelas 213 edificações dividido pelo volume demandado para o abastecimento dos quatro setores da UFPA, sendo que incluem-se fins primários e secundários em um montante, o qual foi fornecido pela instituição no ano de 2017, a partir das vazões das bombas de água dos poços de distribuição. Este potencial pode ser expresso em percentual pela equação 2:

$$\text{Pot} = V \cdot D^{-1} \cdot 100$$

Em que:

Pot: Potencial de economia de água para fins não potáveis (%);

V: volume mensal de chuva que poderia ser captado (m³);

D: demanda de água (real) para fins potáveis e não potáveis (m³).

2.3 Análise e tratamentos estatísticos de dados

Os volumes pluviométricos calculados receberam dois tratamentos estatísticos: a análise de variância (ANOVA) e a correlação linear. A fim de analisar o potencial de captação por setor da universidade foi aplicado, a priori, a ANOVA, a qual pode-se verificar a diferença entre as médias dos volumes captados de água de chuva. Sendo assim, o teste foi aplicado em replicatas e a matriz foi montada a partir do efeito fixo com p-valor <<0,05 e grau de liberdade

igual a 3, seguido do teste Tukey. Desta maneira, uma das hipóteses era de que um dos setores detinha o status de sustentável em relação ao volume captado mensalmente, e assim se prontificava em minimizar as despesas no consumo de água para o uso secundário na instituição.

Aplicou-se o teste de correlação linear entre o volume médio anual captado de água de chuva e a área de telhado com valor-F igual a 11921,13 e p-valor <<0,05, também em replicatas nos quatro setores. E, ainda, verificou-se a correlação linear entre o volume total por ano captado em função das médias das normais climatológicas no período de 33 anos.

A correlação linear de Pearson possibilitou descrever sintaticamente um valor numérico (covariância), a fim de se verificar a existência de alguma associação entre as variáveis (X e Y), ou seja, se uma variável é explicada proporcionalmente pela outra, diretamente ou indiretamente. Assim, considerou-se “n” igual ao número de retirada de amostras, onde o coeficiente de Pearson (r) é expressado pela equação 2:

$$r = \frac{\sum xy - \frac{\sum x \sum y}{n}}{\sqrt{\left[\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n} \right] \times \left[\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n} \right]}}$$

3 RESULTADO E DISCUSSÃO

Na cidade de Belém do Pará, no período de 1961 até 2013, a média a cada ano foi de 253 mm de chuva (DO NASCIMENTO et al., 2016). Já entre os anos de 1984 e 2017, esse valor passou a ser de 267,5 mm (Tabela 1).

Tabela 1: Média das normais climatológicas (mm).

Período de 33 anos											
JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
398,85	423,96	484,75	451,45	308,78	198,64	157,22	133,86	123,23	128,78	127,42	273,41

As normais climatológicas de menor intensidade que retratam o período de estiagem em Belém foram decorrentes nos mês de setembro 123,23 mm de água, a qual corresponde cerca de 123 m³ ou 123000 L em telhados de 123 m², todavia incluíram-se também os meses de junho, agosto, outubro e novembro, os quais apresentaram as menores médias pluviométricas. Já o período chuvoso começou no mês de dezembro e findou no mês de maio. Sendo que, ao mês março foi relatado o maior índice

pluviométrico. Segundo Gouveia (2018), as normais climatológicas na região amazônica proporcionam uma média de 300 mm em períodos chuvosos, sendo que por dia a pluviosidade varia de 8 mm a 14 mm.

Foi estimado uma média anual de 14361,8 m³ de água captado nas 213 edificações analisadas e um total de 689365 m³ anualmente. A tabela 2 retrata a média dos volumes captados mensalmente e anualmente em cada setor de ensino da UFPA.

Tabela 2: Volumes de captação de água de chuva.

Mês/Setor	Básico	Profissional	Esportivo	Saúde
Janeiro	36862,3	23287,3	9563,4	12520,0
Fevereiro	39279,1	24814,1	10190,4	13340,9
Março	45055,5	28463,2	11689,0	15302,8
Abril	41589,7	26273,7	10789,8	14125,6
Maio	28881,7	18245,6	29971,7	9809,5
Junho	18484,3	11677,2	4795,5	6278,1
Julho	15018,5	9487,7	3896,3	6278,1
Agosto	12708,0	8028,1	3296,9	4316,2
Setembro	11552,7	7298,3	2997,2	3923,8
Outubro	11899,3	7517,2	3087,1	4041,5
Novembro	11668,2	7371,2	3027,1	3963,0
Dezembro	25415,9	16056,2	6593,8	8632,3
Total do volume anual (m ³)	298415,1	188519,8	99898,2	102531,8
Média mensal do volume (m ³)	24867,9	15710,0	8324,9	8544,3

O consumo de água da UFPA no ano de 2017 foi de 166768 m³, o qual mensalmente alcançou a marca média de 457 m³. Sendo que, o total de volume anual de captação pluvial estimado obteve um valor de 689364,9 m³, que é aproximadamente

57447 m³ por mês. Desse modo, se houvessem sistemas de captação de água de chuva na instituição essa demanda seria de 125 vezes mais do que o necessário para suprir o abastecimento da instituição, a qual pode-se estimar por meio do cálculo de

potencial de água de chuva para fins primário e secundário 100% de economia.

Ressalva-se que algumas propostas de sistemas de captação de água de chuva já entraram em vigor e suas contribuições foram amplamente sustentáveis para a UFPA no que tange o benefício secundário para o abastecimento humano (YOSHINO, 2012; CONCEIÇÃO, 2014).

Após a análise de variância conjunta constatou-se a hipótese de que há diferença plausível dentre os volumes de captação de água de chuva nos quatro setores de ensino, assim $F > 9,32$ e $p\text{-valor} \ll 0,05$. A figura 2 relata as médias dos volumes de água de chuvas captadas na UFPA no período de 1984 a 2017.

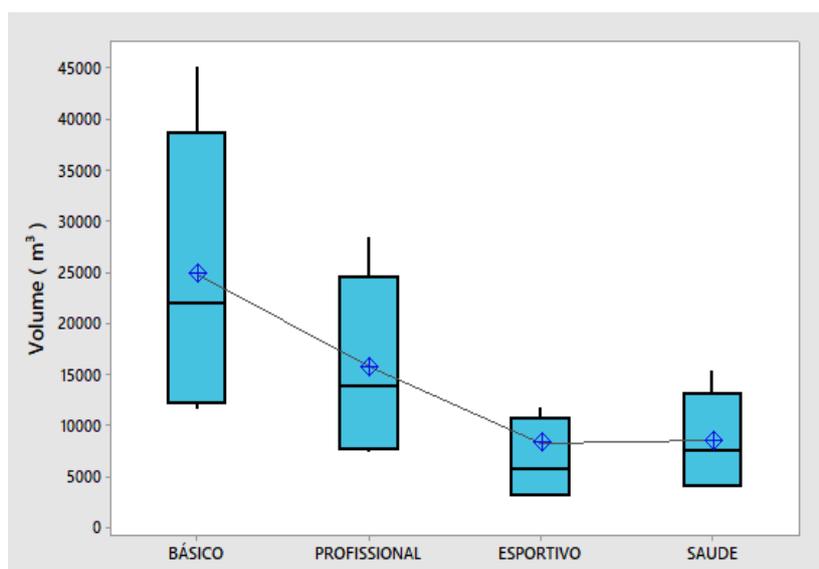


Figura 2 : Médias dos volumes anuais de água de chuva captada na UFPA.

Em todos os setores de ensino na UFPA, mais de 50% das edificações em estudo estimaram quantias médias de volumes anuais pluviométricos captados acima de suas médias individuais, as quais computaram-se os seguintes valores: 24868 m^3 no setor básico, 15710 m^3 no setor profissional, 8544 m^3 no setor esportivo e 8325 m^3 no setor saúde. De acordo com a Soares et al. (2019), a água de chuva que não recebe o adequado manejo é drenada para um conjunto de bacias hidrográficas que compõem a região metropolitana de Belém do Pará, a qual contribui para o alagamento em alguns pontos de menores cotas altimétricas na região urbana.

A partir do agrupamento usando o método de Tukey e nível de confiança de 95% (Figura 3), constatou-se que as médias dos volumes de água de chuva do setor básico são parcialmente distintas do setor profissional e totalmente discrepante aos demais setores. Todavia, o teste estimou que a média do setor profissional está mais agrupada aos setores de Saúde e Esportivo, assim pode-se apurar tal fato, porque alguns intervalos não contiveram o zero.

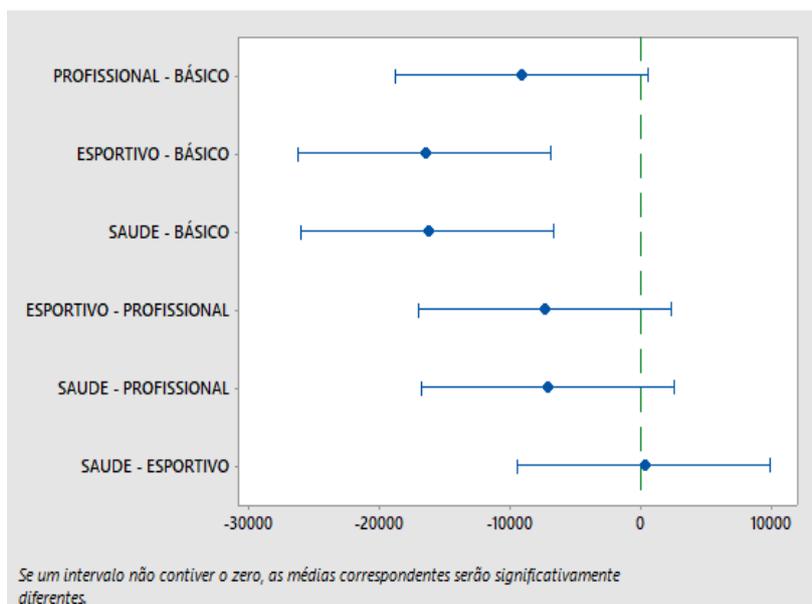


Figura 3: Agrupamento das médias dos volumes de água de chuva.

As áreas de telhados dos setores básico e profissional captam considerável volume de água, muito mais que os outros setores. Conforme Hagemann (2009), a área do telhado da edificação é um forte indicativo no sustentável potencial de água de chuva. Em um estudo realizado por Do Nascimento et al. (2016), os potenciais médios de água de chuva estimaram uma economia

nos setores profissional e básico de 79,9% e 73,8%, respectivamente.

A correlação linear moderada (Figura 4) entre os volumes médios totais em cada setor de ensino e as médias mensais das normais climatológicas do período de 33 anos foi de 0,65, a qual indicou que a pluviosidade influencia na economia por meio captação de água de chuva.

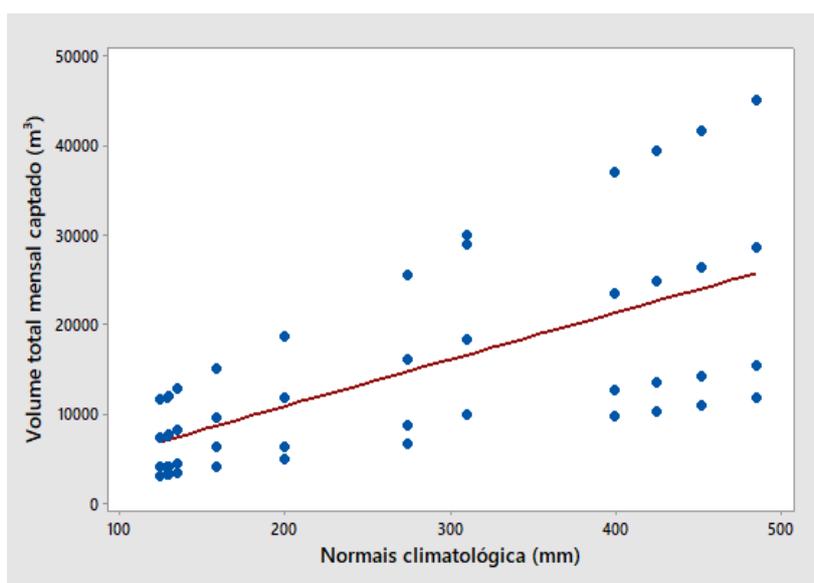


Figura 4: Correlação linear entre as médias dos volumes captados e as normais climatológicas.

O volume mínimo que poderia ser captado de água de chuva seria de 2997,2 m³ no período de estiagem adotando uma normal climatológica de 123,23 mm. Já no período chuvoso o valor estimado atingiria 45055,5 m³ em relação média de chuva de 484,57 mm. Conforme Da Silva et al. (2013), em apenas 57 edificações no setor básico da UFPA estimou-se volumes entre 1694,265 m³ e o menor de 3,3 m³, sendo que adotou-se a média da normal climatológica em 210 mm, que ainda considerou a extração 30 mm de chuva em cada

edificação no cálculo de potencial de captação de água de chuva, pois justificava-se que a chuva trazia consigo matéria orgânica dentre outros resíduos do telhado que deveriam ser eliminados no descarte do sistema hidráulico de captação.

Outro fator importante que influencia no volume médio de captação de água de chuva é a área de telhado, desta maneira mensurou-se a correlação linear muito forte (Figura 5) entre essas duas variáveis, onde $r=0,99$ e quantificou-se $F= 11921,13$.

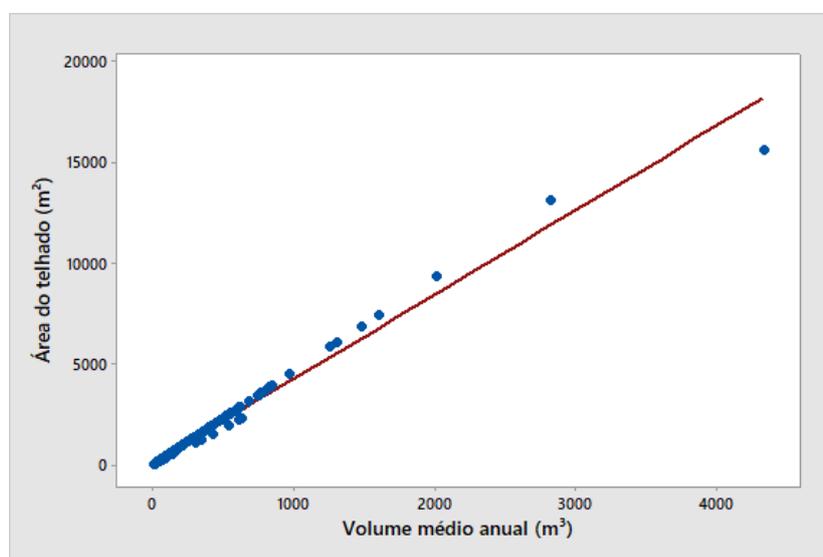


Figura 5: Correlação linear entre área de telhado e volume médio de chuva.

Algumas edificações apresentam áreas de telhados vantajosos na UFPA, como o ginásio de atletismo, o prédio de Mirante do Rio e o Instituto de Ciências Biológicas que podem receber grande quantidade de chuva. De acordo com Farreny et al. (2011), o tipo de telhado e a sua inclinação são incógnitas diretamente proporcionais ao volume captado de água de chuva. Porém, faz-se necessário que os telhados e os outros elementos do sistema de aproveitamento de água de chuva estejam

corretamente dimensionados conforme a norma de regularização NBR 15527/07 (ABNT, 2007).

Ainda ressalva-se que, a Lei N°13501/2017 (BRASIL, 2017), a qual inclui o aproveitamento de água de chuva como um dos meios de abastecimento para o consumo humano, apoia o uso de tecnologias de captação em autarquias, assim atingindo um dos princípios da administração pública; a eficiência econômica.

4 CONCLUSÃO

A UFPA apresentou sustentável área de captação ao aproveitamento de água de chuva em todos os setores de ensino, conforme os cálculos e as análises estatísticas que corroboraram para tal conclusão, principalmente, em função das duas principais variáveis: normais climatológicas e área de telhado. Assim, enfatiza-se que a partir do cálculo de potencial de água de chuva para o abastecimento da instituição é estimado em 100% de economia ao inserir sistemas de aproveitamento de água para o abastecimento para fins não potáveis.

Sugere-se que ao implementar os sistemas de aproveitamento de água pluvial, a instituição siga as orientações da Agenda Ambiental na Administração Pública, o qual se titula como um programa do Ministério do Meio Ambiente que estimula órgãos públicos a aplicarem práticas sustentáveis, inclusive na perspectiva da gestão de recursos hídricos. Sendo assim, ao adequar-se conforme a A3P, a instituição pode solicitar verbas para o investimento preciso e galgar o selo verde, que determina o comprometimento contínuo socioambiental na preservação e conservação do meio ambiente.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, L.R; MOREIRA, J. P. P. C.; DOS SANTOS, A. M. Análise Temporal do Uso e Cobertura da Terra na Bacia do Rio Boa Vista, Ouro Preto do Oeste-RO/Temporary Analysis of Land Use and Coverage in the Rio Boa Vista River, Ouro Preto do Oeste-RO. **Caderno de Geografia**, v. 29, n. 56, p. 81-97, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS.ABNT NBR 15527: **Água de chuva-aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis-requisitos**. São Paulo: ABNT, 2007.
- BRASIL. **Agência Nacional de Águas. Planos de Recursos Hídricos / Agência Nacional de Águas - ANA**. 2016. Disponível em: <http://www.ana.gov.br/>. Acesso em: out. 2018.
- _____. INMET. **Instituto Nacional de Meteorologia**. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/>. Acesso em: 11 out. 2018.
- _____. Lei nº 13.501, de 30 de outubro de 2017. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 31 out. 2017. Seção 1, p. 39-46. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2017/Lei/L13501.htm. Acesso em: 12 dez. 2018.
- CONCEIÇÃO, J. S. **Projeto de um sistema para aproveitamento de água da chuva para fins não potáveis no Núcleo de Meio Ambiente (NUMA) da Universidade Federal do Pará (UFPA) – Campus Guamá [monography]**. Belém: Faculdade de Engenharia Sanitária e Ambiental/UFPA. 2014.
- DE LIMA, J. A. et al. Potencial da economia de água potável pelo uso de água pluvial: análise de 40 cidades da Amazônia. **Eng Sanit Ambient**, v. 16, n. 3, p. 291-298, 2011.
- DO BRASIL, SERVIÇO GEOLÓGICO. Companhia de Pesquisa de Recursos

- Minerais - CPRM. **Coisas que você deve saber sobre a água**. 2018. Disponível em: <http://www.cprm.gov.br/publique/Redes-Institucionais/Rede-de-Bibliotecas---Rede-Ametista/Canal-Escola/Coisas-que-Voce-Deve-Saber-sobre-a-Agua-1084.html>. Acesso em: 09 out. 2018.
- DO NASCIMENTO, T. V.; FERNANDES, L. L.; YOSHINO, G. H. POTENCIAL DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA NA UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ-BELÉM/PA. **Revista Monografias Ambientais**, v. 15, n. 1, p. 105-116, 2016.
- FARRENY, R. et al. Roof selection for rainwater harvesting: quantity and quality assessments in Spain. **Water research**, v. 45, n. 10, p. 3245-3254, 2011.
- FASOLA, G. B. et al. Potencial de economia de água em duas escolas em Florianópolis, SC. **Ambiente Construído**, v. 11, n. 4, p. 65-78, 2011.
- FEITOSA, E. R.; YADA, M. M.; SOARES, N. M. USO DE CISTERNAS NA CAPTAÇÃO DA ÁGUA DA CHUVA PARA USO ANIMAL. **Revista Interface Tecnológica**, v. 15, n. 1, p. 305-314, 2018.
- FLORES, R. A. et al. Potencial de captação de água de chuva para abastecimento: o caso da cidade de Belém (PA, Brasil). **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, v. 8, n. 2, 2012.
- GHISI, E. Potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of Brazil. **Building and Environment**, v. 41, n. 11, p. 1544-1550, 2006.
- GHISI, E.; SCHONDERMARK, P.N. Investment feasibility analysis of rainwater use in residences. **Water resources management**, v. 27, n. 7, p. 2555-2576, 2013.
- GOUVEIA, D. A. **Forçante radiativa, propriedades ópticas e físicas das nuvens cirrus na Amazônia**. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.
- HAGEMANN, S. E. et al. **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso**. 2009.
- OBREGÓN, P. L. et al. ELEVADAS CONCENTRAÇÕES DE METAIS EM ÁGUAS DO CÓRREGO SÃO JOSÉ, CASCAVEL (PR), E POSSÍVEIS RISCOS À SAÚDE. **Saúde e Pesquisa**, v. 12, n. 1, p. 51-61, 2019.
- RIBEIRO, P. G. et al. Sistema de abastecimento e qualidade da água de consumo do alojamento IAREM em Lavras-MG. **Sustentare**, v. 2, n. 1, p. 1-19, 2018.
- SALOMÃO, P.E. A. et al. Rainwater reuse: case study at presidente Antônio Carlos-Teófilo Otoni-MG University. **Research, Society and Development**, v. 8, n. 5, p. 985914, 2019.
- SOARES, A. A. S. et al. Fundamentos para a gestão das inundações periódicas nas planícies de Belém (Pará-Brasil) com vistas ao seu desenvolvimento local. **Contribuciones a las ciencias sociales, Málaga**, v. 39, p. 37-56, 2018.
- SILVA, R.A. et al. XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 2013, Rio de Janeiro. **Potencial de Uso de água de chuva para abastecimento: o campus básico da UFPA**. Rio Grande do Sul: ABRH, 2013. 8 p.