SISPRED 2023
XV SIMPÓSIO NACIONAL DE SISTEMAS PREDIAIS
BOAS PRÁTICAS, INOVAÇÃO, DESEMPENHO E SUSTENTABILIDADE
19 E 20 DE OUTUBRO DE 2023 - JOINVILLE - SC

ANÁLISE DA VIABILIDADE TÉCNICO-ECONÔMICA DE SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS (SAAP) E A INFLUÊNCIA NO IPTU-VERDE EM UM EMPREENDIMENTO DO PROGRAMA DE HABITAÇÃO POPULAR DA CAIXA ECONÔMICA FEDERAL NA CIDADE DE LIMEIRA/SP

Analysis of the technical-economic feasibility of rainwater harvesting systems (RWHS) and the influence on IPTU-Verde in a development of the popular housing program of Caixa Econômica Federal in the city of Limeira/SP

Daniel Henrique da Silva Souza[1]; Barreto, Douglas[2]

Recebido em 31 de maio de 2023, aprovado em 10 de julho de 2023, publicado em 19 de outubro de 2023

Palavras-chave:

Sistema de aproveitamento de águas pluviais

IPTU VERDE

Habitação popular

Keywords:

Rainwater harvesting system

Green Tax

Popular Housing

RESUMO: O sistema de aproveitamento de águas pluviais (SAAP) é uma alternativa à crise hídrica, pois minimiza a demanda por água potável, entretanto o custo pode restringir a implantação em habitações de interesse social (HIS). Assim, é importante avaliar implantação do SAAP nesta tipologia habitacional, associada a instrumentos de incentivo às práticas sustentáveis, como o IPTU–Verde. O objetivo deste trabalho é avaliar, por meio de análise computacional, a implantação de um SAAP e conjuntamente os requisitos de desconto previsto em IPTU-Verde da cidade de Limeira/SP em empreendimento de prédios faixa 3 do Programa Minha Casa, Minha Vida. Para a implantação do SAAP foram analisados três cenários, identificando-se aquele que apresentou maior viabilidade às diretrizes de empreendimento, que preveem o uso de água de chuva para rega de jardins e lavagens de áreas comuns. O SAAP e demais itens de sustentabilidade previstos no empreendimento, resultaram num desconto de 50 % no IPTU-Verde, sendo 10% pelo SAAP. Os custos estimativos de implantação do sistema resultaram numa relação entre o benefício tributário de 85%, concluindo-se pela viabilidade de implantação do SAAP no empreendimento.

ABSTRACT: The rainwater harvesting systems (RWHS) is an alternative to the water crisis, as it minimizes the demand for potable water, however the cost can restrict the implementation in social housing (HIS). Thus, it is important to evaluate the implementation of the RWHS in this housing typology, associated with incentive instruments for sustainable practices, such as IPTU–Verde (green tax). The objective of this work is to evaluate, through computational analysis, the implementation of a RWH and jointly the discount requirements foreseen in IPTU-Verde in the city of Limeira/SP in a development of buildings Range 3 dwellings of the Minha Casa, Minha Vida Program (Brazilian Housing Program). For the implementation of the RWH, were analyzed three scenarios, identifying the one that presented the greatest viability to the enterprise guidelines, which foresee the use of rainwater for watering gardens and washing common areas. The SAAP and other sustainability items provided for in the development resulted in a 50% discount on the IPTU-Verde, 10% for the RWHS. The estimated costs of implementing the system resulted in a ratio between the tax benefit of 85%, concluding the viability of implementing the RWH in the enterprise.

CONTATO DOS AUTORES:

[1] **SOUZA, Daniel Henrique da Silva;** Engenharia Civil; Engenheiro; Egresso; UFSCar - Universidade Federal de São Carlos - DECIV, Rod. Washington Luiz, km 235. São Carlos - SP, danielhss@estudante.ufscar.br.

[2] **BARRETO, Douglas,** Eng. Civil; Doutor; Docente da Universidade Federal de São Carlos. dbarreto@ufscar.br.

1 INTRODUÇÃO

O aproveitamento da água da chuva de telhados para regar plantas e lavar pisos é uma prática comum que vem sendo utilizada há alguns anos como alternativa para a redução de gastos em muitas residências brasileiras (SANT'ANA; MEDEIROS e ALVARES, 2017).

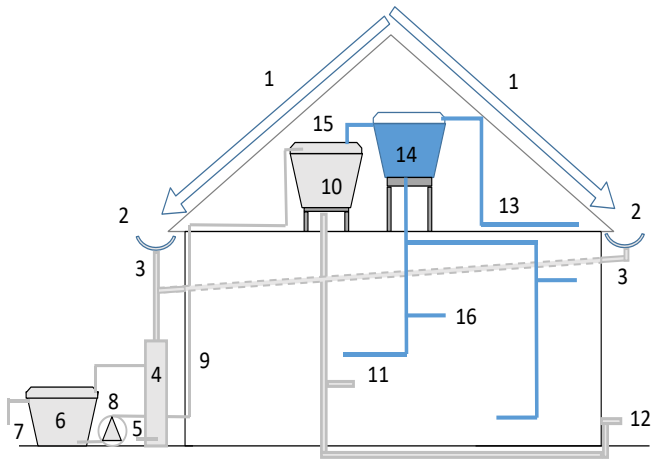
No âmbito municipal, Limeira tem um projeto de Lei para a criação de um IPTU-Verde, para as unidades habitacionais que adotarem medidas de sustentabilidade concedendo desconto no valor do IPTU, conforme as medidas implantadas (LIMEIRA,2020).

Este trabalho tem como objetivo analisar a implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais (SAAP) em um empreendimento compreendido no Programa de Habitação Popular da Caixa Econômica Federal e verificar o atendimento das diretrizes da legislação e a pontuação para a obtenção de desconto no IPTU Verde, da Cidade de Limeira – SP.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Os sistemas de coleta de água de chuva em habitações são compostos por basicamente três etapas: coleta; armazenamento; e aproveitamento da água da chuva (OLIVEIRA, 2007). Para Marinoski (2007), após a captação da água precipitada, esta é encaminhada por meio de calhas e tubulações, passando por equipamentos de filtração e um dispositivo de descarte de águas de primeiras chuvas com impurezas. Em seguida, a água é armazenada em um reservatório no solo e bombeada para outro reservatório superior, de onde saem as tubulações de distribuição devidamente identificadas para os locais de consumo de água não potável, conforme apresentado na Figura 1.

Figura 1 - Representação do sistema de aproveitamento de águas pluviais (SAAP)



1. Área de coleta: o volume de águas pluviais armazenado está diretamente relacionado à área de coleta, para efeito de cálculos é considerada como a projeção do telhado da edificação;
2. Calhas: que encaminham a água da área de coleta ao condutor vertical, pode conter uma grelha de filtro para folhas;
3. Condutor vertical: encaminha a água da chuva para o sistema de filtragem e descarte da água do início da chuva;
4. Sistema filtragem e descarte de água do início da chuva: por conta de acesso de animais nos telhados e contato direto com poeira, galhos e folhas, se faz necessário o descarte dessa água que realiza a limpeza da área de coleta;
5. Ponto de saída da água do início da chuva;
6. Armazenamento e tratamento: sistema composto por reservatório com objetivo de armazenar e tratar a água captada;
7. Extravasão do excedente de água captada;
8. Bomba de recalque;
9. Tubulação d recalque da água de chuva;
10. Reservatório, superior, de água de chuva;
11. Rede de distribuição da água de chuva para uso interno na edificação;
12. Rede de distribuição da água de chuva para uso externo à edificação;
13. Alimentação de água potável;
14. Reservatório de água potável;
15. Alimentador do reservatório de água de chuva para períodos de captação insuficiente;
16. Rede de distribuição de água potável para uso interno à edificação.

Fonte: Autores (2023)

O cálculo de dimensionamento de reservatórios é fundamental para instalação de um sistema de captação de águas pluviais e a NBR 15.527 (ABNT, 2007), indicava para dimensionamento os seguintes métodos:

- Rippl;
- Simulação;
- Azevedo Neto;
- Prático Alemão;
- Prático Australiano;
- Prático Inglês.

Entretanto, após a revisão de 2019, a NBR 15 527 (ABNT, 2019), não prescreve métodos específicos de dimensionamento, apenas, no item "4 - Considerações Gerais", apresenta a estimativa da disponibilidade teórica de água de chuva, por meio da Equação 1, a seguir.

$$V_{disp} = P \times A \times C \times \eta \qquad \text{(Eq.1)}$$

Sendo:
V_{disp}: volume disponível anual, mensal ou diário de água de chuva, expresso em litros (L);
P: precipitação média anual, mensal ou diária, expressa em milímetros (mm);
A: área de coleta, expressa em metros quadrados (m^2);
C: coeficiente de escoamento superficial da cobertura (*runoff*);
H: eficiência do sistema de captação, levando em conta o dispositivo de descarte de sólidos e desvio de escoamento inicial, caso este último seja utilizado. Estes dados podem ser fornecidos pelo fabricante ou estimados pelo projetista. Na falta de dados, recomenda-se o fator de captação de 0,85.

Esta nova redação da norma permite ao projetista a escolha do método de dimensionamento do reservatório, inclusive adotando-se métodos de permitam a simulação computacional que permitam explorar cenários de aproveitamento de água, variando parâmetros que são considerados para o dimensionamento.

O Departamento de Engenharia Civil da Universidade Federal de Santa Catarina, por meio do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, desenvolveu um software, o NETUNO-4, para o dimensionamento de sistema de armazenamento de águas pluviais, que faz análises econômicas de acordo com os dados da simulação possibilitando gerar estimativas precisas dos custos e economias envolvidas no sistema simulado (GHISI e CORDOVA, 2014).

Este *software* possibilita a avaliação por meio de gráficos comparativos entre os cenários desejados em relação à potencialidade de economia para diferentes volumes de reservatórios; e executa os cálculos do algoritmo em base diária considerando a demanda e a disponibilidade de águas pluviais (RUPP; MUNARIM e GHISI, 2011).

O IPTU – Verde visa de fomentar medidas de preservação do meio ambiente, mediante o benefício tributário ao contribuinte, e o Projeto de Lei nº 162/2020 da Câmara Municipal de Limeira, prevê desconto a partir de uma série de itens que promovam a sustentabilidade e que estejam presentes nas edificações a serem construídas, ou já existentes, em três âmbitos ambientais: gestão sustentável de águas (41 pontos), energia e alternativas energéticas (19 pontos); e construção sustentável (54 pontos), distribuídos por 27 requisitos no total, sendo o benefício do desconto calculado pela soma da pontuação, limitado à 50% (LIMEIRA, 2020).

3 MATERIAL E MÉTODOS

O tipo de pesquisa realizado baseia-se na simulação computacional de um sistema de aproveitamento de água de chuva (SAAP) num empreendimento de habitação social, faixa 3, na cidade de Limeira-SP, considerando as diretrizes de projeto e os requisitos do IPTU-Verde.

A simulação computacional pelo NETUNO-4 visou identificar a melhor relação entre aproveitamento de água de chuva e tamanho do reservatório, de modo que fosse viável a execução e custos envolvidos, em seguida foram considerados os requisitos para pontuação no IPTU-Verde de modo a se verificar o quanto se pode obter de desconto.

O NETUNO-4 permite modelar o SAAP, apresentando como resultados como a relação entre o potencial de economia de água potável por meio do uso de água pluvial e a capacidade do reservatório, o volume extravasado de água pluvial, entre outros. O método de cálculo considera modelos comportamentais, onde os dados de entrada são variáveis conhecidas, como precipitação, consumo per capita, entre outras. No Netuno também é possível realizar simulações que permitem a análise econômica de uma determinada simulação, bem como permite a simulação de cenários onde se pode fazer combinações entre as variáveis, reduzindo-se o tempo de simulação e análise (GHISI; CORDOVA, 2014).

O estudo de caso foi feito para um empreendimento habitacional e contém as características apresentadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Características do empreendimento

Características do empreendimento	Quantidade ou valor específico ou relativo	Unidade
Área total	6.775,94;	m²
Área total computável	12.249,81	
Área total de captação	709,31	
Área de jardim	851,60	
Área total permeável	1.632,62	
Coeficiente de aproveitamento	1,81	-o-
Coeficiente de permeabilidade	24,09	%
Número de apartamentos (*)	180	unidades
Taxa de ocupação:	0,42.	-o-

(*) apartamentos de área de 69,7 a 84,95 m² distribuídas em 8 tipologias de área construída

Fonte: Autores (2023)

Os parâmetros considerados para dimensionamento do SAAP; os dados de entrada no NETUNO e cenários de análise do aproveitamento de água de chuva, estão apresentados nos Quadros 2 e 3.

Quadro 2 – Consumo *per capita* equivalente de água não-potável

Parâmetro	Q^{tdade}	Unidade
Rega de jardim	2,0	L/dia/m²
Jardim	851,60	m²
Frequência rega	12	vezes/mês
Volume rega	20.438,40	L/mês
Lavagem área comum	50,0	L/dia
Frequência lavagem	20	vezes/mês
Volume lavagem	1.000,0	L/mês
Volume total	21.438,40	L/mês
População total	540	pessoas
Volume total per capita	1,32	L per capita/dia

Fonte: Autores (2023)

Quadro 3 – Cenários analisados no Netuno

Cenários	Utilização das águas pluviais	Reservatório superior (m³)
1	Uso interno às unidades (sanitários, máquina de lavar roupa e tanque)	5,0
2	Uso externo às unidades (rega de jardins e lavagem de áreas comuns)	Sem
3	Uso externo às unidades (rega de jardins e lavagem de áreas comuns)	5,0

Fonte: Autores (2023)

De posse destes dados foi possível realizar a simulação do SAAP e da verificação da pontuação obtida e os resultados estão apresentados no item a seguir.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos cenários estudados estão apresentados no Quadro 4.

Quadro 4 – Resultado do dimensionamento dos reservatórios para o SAAP

Cenários	Reservatório inferior (m³)	Reservatório superior (m³)	Atendimento da demanda total (%)	Potencial de utilização de água de chuva (%)
1	18,5	5,0	0,00	1,80
2	69,5	-o-	99,63	99,70
3	10,0	5,0	79,05	79,95

Fonte: Autores (2023)

Para efeito do dimensionamento do SAAP, conforme os componentes apresentados na Figura 1, foi considerado o Cenário 3, pois resultou no menor reservatório inferior, bem como atendeu às diretrizes de projeto do empreendimento estabelecidos pela construtora. Para efeito do levantamento do custo total do SAAP, foi utilizada a tabela SINAPI (FEDERAL, 2023), e está apresentado no Quadro 5.

Quadro 5 – Resumo do levantamento de custo total de implantação do SAAP

Item	Descrição	Valor total (R$)
1	Reservatório	7.698,00
2	Equipamentos	7.210,16
3	Acessórios e conexões	6.159,34
4	Tubulações	14.369,41
5	Válvulas	543,17
6	Estruturas de apoio	35.273,58
7	Escavação	760,50
Total		72.014,16

Fonte: Autores (2023)

O custo total de implantação do SAAP no empreendimento foi rateado pela área total das unidades habitacionais, resultando em R$ 5,54/m^2. O resultado do custo para cada unidade está apresentado no Quadro 6.

Quadro 6 – Valores do custo de implantação por m² construído das unidades

Categoria	Área construída total (m²)	Valor do custo de implantação (R$)
1	84,95	470,32
2	72,45	401,11
3	69,7	385,89
4	82,2	455,09
5	70,1	388,10
6	82,6	457,31
7	70,02	387,66
8	82,52	456,86

Fonte: Autores (2023)

Com base nas características do empreendimento e de acordo com os requisitos exigidos no Projeto de Lei nº 162/2020 (LIMEIRA-SP (2020). Os Quadro 7 e 8 apresentam respectivamente a pontuação obtida e o valor do desconto no IPTU.

Quadro 7 – Requisitos atendidos pelo empreendimento

Requisito	Pontuação
Captação água da chuva de, no mínimo, 50% da área de cobertura e/ou área com atividade externa e armazenagem em reservatório para utilização no próprio imóvel.	10
Permeabilidade do solo de 50,1 a 100,0% acima da exigida no Artigo 55, da Lei Municipal nº 3.877/2004 e suas alterações.	6
Sistemas temporizadores em todas as cozinhas e sanitários do imóvel.	1
Uso de descargas com duplo acionamento em todos os banheiros do imóvel.	1
Uso de eletrodomésticos eficientes na casa (classificação A no selo PROCEL), valendo 0,5 ponto por equipamento, com limite máximo de 2 pontos.	2

Continua....

Quadro 8 – Requisitos atendidos pelo empreendimento (Continuação)

Requisito	Pontuação
Instalação de lâmpadas de LED de baixo consumo em todo imóvel.	1
Emprego de elementos e sistemas de controle de insolação: brise-soleil, cobogós e vegetação com esta finalidade.	2
Reuso de entulho na obra	1
Manutenção da declividade natural sem movimentações relevantes de corte/aterro.	5
Árvores nativas de até 5 metros (por unidade).	2
Árvores nativas de 5 metros até 10 metros (por unidade).	3
Árvores nativas acima de 10 metros (por unidade).	5
Para cada árvore nativa extra presente no passeio público (limite de 4 árvores).	8
A presença de uma árvore nativa em frente ao imóvel e sua manutenção.	2
Espaço Árvore – Conforme Lei 5999, 2018 de arborização urbana	2
Total	**51**

Fonte: Autores (2023)

Quadro 9 – Valores anuais devidos de IPTU referentes à cada categoria de unidade do empreendimento com o benefício da redução do IPTU Verde

Categoria	Área construída total (m²)	Valor do IPTU anual – sem desconto (R$)	Benefício tributário (R$)		Valor do IPTU anual (R$) – com desconto de 50%
			Implantação do SAAP – 10%	Demais itens de sustentabilidade – 40%	
1	84,95	799,05	79,91	319,62	399,53
2	72,45	681,48	68,15	272,59	340,74
3	69,7	655,61	65,56	262,24	327,80
4	82,2	773,19	77,32	309,27	386,59
5	70,1	659,37	65,94	263,75	329,69
6	82,6	776,95	77,69	310,78	388,47
7	70,02	658,62	65,86	263,45	329,31
8	82,52	776,20	77,62	310,48	388,10

Fonte: Autores (2023)

O benefício tributário obtido por meio dos itens sustentáveis atendidos pelo empreendimento, com destaque para o SAAP, alcançou o desconto no IPTU de 50%, que é o máximo possível previsto na legislação, sendo que 10% pela implantação do SAAP e 40% pelos demais itens.

Em termos de valores, a redução de 50% no IPTU, variou de R$ 327,80 a R$ 399,53, de acordo cada categoria de unidade do empreendimento. O custo de implantação, também avaliado de acordo com as categorias, resultou entre R$ 385,89 e R$ 470,32. Assim, o valor de desconto ficou 84,95% do valor do custo de implantação.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos pelo *software* Netuno, o cenário 3, apresentou as melhores condições para se seja vencido o desafio da relação entre área de captação x custo de implantação, pois substituindo o uso interno às unidades pelo uso em áreas comuns (rega de jardins e lavagem de áreas externas), resultou no aumento no potencial de utilização de águas pluviais, em aproximadamente 80%.

Os resultados apontam a viabilidade da instalação do sistema proposto, visto que para a construtora, o impacto em cada unidade (valor venal) é de 0,56%, que pode ser plenamente incorporado no valor final do imóvel.

Também, a redução de 50% no IPTU, que representa aproximadamente 85% do valor investido no SAAP, visto que as demais medidas já estão incorporadas no valor da unidade.

Além disso, ressalta-se que que haverá um grande benefício aos proprietários das unidades habitacionais, visto que o desconto aplicado, é mantido no decorrer dos anos, decorrendo a uma economia significativa frente ao investimento feito no SAAP e demais medidas de sustentabilidade.

Assim, pode-se concluir que a instalação do SAAP é viável, mesmo sendo em um empreendimento vertical, e pelo fato de ter sido considerado o cenário onde foi aplicado o uso de águas pluviais apenas para rega de jardins e lavagem de áreas comuns.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Construtora ADN que colaborou com o desenvolvimento da pesquisa fornecendo as informações completas sobre o empreendimento estudado.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.527:** Água de chuva - aproveitamento de água de chuva de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis. Rio de Janeiro, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15.527:** Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis — Requisitos. Rio de Janeiro, 2019.

FEDERAL, Caixa Econômica. SINAPI – Índice da Construção Civil. Brasil, Governo Federal. Disponível em: https://www.caixa.gov.br/site/Paginas/downloads.aspx#categoria_664. Acesso em: 12 de abr. 2023.

GHISI, E; Cordova, M.M. **Netuno-4 – Manual do Usuário**. Florianópolis. 64 p. 2014. Disponível em < https://labeee.ufsc.br/pt-br/downloads/softwares/netuno >. Programa computacional, 2004. Acesso em maio/2023

LIMEIRA (SP). Projeto de Lei nº 162, de 17 de agosto de 2020. Fica instituído, no âmbito do Município de Limeira, o IPTU Verde. Limeira: Câmara Municipal de Limeira, 2020. Disponível em: http://consulta.limeira.sp.leg.br/arquivo?Id=261353. Acesso em: 05 de nov. 2022.

MARINOSKI, A. K. **Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituição de ensino: Estudo de caso em Florianópolis-SC.** Dissertação (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.

OLIVEIRA, L, H et al. Levantamento do estado da arte: Água. Projeto Tecnologia para construção habitacional mais sustentável. Finep 238/06. São Paulo, 2007.

RUPP, R.F.; MUNARIM, Ulisses; GHISI, E. Comparação de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial. Ambiente Construído, v. 11, p. 47-64, 2011.

SANT'ANA, Daniel Richard; MEDEIROS, Lídia Batista Pereira; ALVARES, Karla Cristina Ferreira. Reúso-DF: princípios de políticas tarifárias baseados em uma análise de viabilidade ambiental e econômica para o aproveitamento de águas pluviais e o reúso de águas cinzas em edificações residenciais do Distrito Federal: relatório técnico 3/2017. Brasília: Universidade de Brasília, 2017. 74p.