

Campus Calama
Coordenação do curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Gestão Ambiental

JANDUIR SILVA FREITAS FILHO

**APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO
SUPERIOR**

**PORTO VELHO
2026**

JANDUIR SILVA FREITAS FILHO

**APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO
SUPERIOR**

Artigo entregue como Trabalho de Conclusão de Curso ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), *Campus* Calama, como requisito parcial para obtenção do grau de especialização em Gestão Ambiental, junto ao Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Gestão Ambiental, sob a orientação do professor Ricardo Teixeira Gregório de Andrade.

PORTO VELHO
2026

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Gerador de Ficha Catalográfica do IFRO.

F866a

Freitas Filho, Janduir Silva.

Aproveitamento de águas pluviais em uma instituição de ensino superior / Janduir Silva Freitas Filho. - Porto Velho, 2026.
25 f. : il.

Orientador(a): Ricardo Teixeira Gregorio de Andrade.

Trabalho de Conclusão de Curso (Pós-Graduação Lato Sensu em Gestão Ambiental) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO, Porto Velho, 2026.

1. Água pluvial. 2. Recursos naturais. 3. Reservatório. I. Andrade, Ricardo Teixeira Gregorio de (orient.). II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia - IFRO. III. Título.

CDD: 333,339

Bibliotecário(a) Responsável: Evandro Silva de Sousa, CRB-11-956

JANDUIR SILVA FREITAS FILHO

**APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO
SUPERIOR**

Artigo entregue como Trabalho de Conclusão de Curso ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia (IFRO), *Campus Calama*, como requisito parcial para obtenção do grau de especialização em Gestão Ambiental, junto ao Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Gestão Ambiental, sob a orientação do professor Ricardo Teixeira Gregório de Andrade.

Aprovado em: 05/10/2026 pela banca examinadora.

Documento assinado digitalmente



RICARDO TEIXEIRA GREGÓRIO DE ANDRADE

Data: 09/10/2026 11:56:27-0300

Verifique em <https://validar.it.gov.br>

Prof. Ricardo Teixeira Gregório de Andrade
Orientador

Coordenador do Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Gestão Ambiental

Aproveitamento de águas pluviais em uma instituição de ensino superior.

Janduir Silva Freitas Filho, Ricardo Teixeira Gregório de Andrade



<https://doi.org/10.36557/2674-9432.2026v5n8p180-201>

Artigo recebido em 5 de Agosto e publicado em 5 de Outubro de 2026

ARTIGO ORIGINAL

RESUMO

O aproveitamento de água pluvial constitui uma alternativa para reduzir parcialmente o consumo de água potável em usos não potáveis. Este estudo teve como objetivo propor a implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial no Instituto Federal de Rondônia, campus Porto Velho Calama, considerando a disponibilidade de precipitação, as áreas de captação, o consumo de água e o dimensionamento dos reservatórios. Foram analisadas as coberturas do ginásio, da praça de alimentação e dos blocos de aulas e administrativo, totalizando 9.323,00 m². Os dados de precipitação foram obtidos no sistema Hidroweb, e o consumo foi determinado a partir das leituras do hidrômetro entre setembro de 2025 e agosto de 2026. Foram definidos três cenários de captação e quatro frações de demanda, correspondentes a 100%, 70%, 50% e 30% do consumo registrado, resultando em 12 alternativas. O dimensionamento foi realizado pelo método de Rippl, em escala mensal. A precipitação média anual considerada foi de 2.159,4 mm, enquanto o consumo total registrado foi de 8.813,35 m³, com média diária de 24,15 m³. As capacidades calculadas variaram entre 55,69 m³ e 3.011,79 m³. O cenário com todas as coberturas apresentou os menores volumes de reservação para todas as frações de demanda, com 1.873,87 m³ para 100% e 55,69 m³ para 30%. Conclui-se que a ampliação da área de captação e a redução da demanda diminuem a capacidade necessária de armazenamento. A definição deve considerar a demanda não potável efetiva, as condições físicas de implantação, a operação e os custos associados ao sistema.

Palavras-chave: água pluvial; aproveitamento; Rippl; reservatório, IFRO

ABSTRACT

Rainwater harvesting represents an alternative for partially reducing potable water consumption in non-potable uses. This study aimed to propose the implementation of a rainwater harvesting system at the Federal Institute of Rondônia, Porto Velho Calama campus, considering rainfall availability, catchment areas, water consumption, and reservoir sizing. The roofs of the gymnasium, food court, classroom buildings, and administrative building were analyzed, totaling 9,323.00 m². Rainfall data were obtained from the Hidroweb system, and water consumption was determined from meter readings collected between September 2025 and August 2026. Three catchment scenarios and four demand fractions, corresponding to 100%, 70%, 50%, and 30% of the recorded consumption, were defined, resulting in 12 alternatives. Reservoir sizing was performed using the Rippl method on a monthly basis. The average annual rainfall considered was 2,159.4 mm, while the total recorded water consumption was 8,813.35 m³, with a daily average of 24.15 m³. The calculated reservoir capacities ranged from 55.69 m³ to 3,011.79 m³. The scenario including all roof areas resulted in the lowest storage volumes for all demand fractions, with 1,873.87 m³ for 100% demand and 55.69 m³ for 30% demand. It was concluded that increasing the catchment area and reducing demand decrease the required storage capacity. The final definition should consider the actual non-potable water demand, physical implementation conditions, system operation, and associated costs.

Keywords: Rainwater harvesting; reuse; Rippl; reservoir, IFRO

Instituição afiliada – Instituto Federal de Rondônia - IFRO Campus Porto Velho, Avenida Calama, nº 4985, Bairro Flodoaldo Pontes Pinto, CEP 76820-441, em Porto Velho - RO.

Autor correspondente: Janduir Silva Freitas Filho (e-mail: janduirfilho@gmail.com)

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



1 INTRODUÇÃO

A conservação da água no ambiente construído envolve a redução de perdas, o controle do consumo e a adequação da qualidade da água às exigências de cada uso. Nesse contexto, o aproveitamento de água pluvial constitui uma alternativa para substituir parcialmente a água potável em atividades que admitem fontes de abastecimento com requisitos de qualidade específicos, como descargas sanitárias, lavagem de pisos e irrigação de áreas ajardinadas. Sua aplicação pode contribuir para reduzir a demanda sobre os sistemas convencionais de abastecimento, desde que sejam consideradas as condições de disponibilidade, tratamento, armazenamento e utilização da água captada (Pu *et al.*, 2025). Essa abordagem pode integrar programas de uso racional da água, associados ao monitoramento do consumo, à manutenção das instalações e à participação dos usuários (Silva; Tamaki; Gonçalves, 2006).

As instituições de ensino superior apresentam características que justificam a investigação de estratégias de conservação da água. A coexistência de salas de aula, laboratórios, instalações sanitárias, restaurantes e áreas externas resulta em demandas heterogêneas, cuja intensidade depende das atividades desenvolvidas e da ocupação das edificações. Carli *et al.* (2013), ao analisarem uma instituição universitária, identificaram oportunidades de racionalização relacionadas ao acompanhamento do consumo e à adequação dos processos que utilizam água. Em restaurantes universitários, Ribeiro, Souza e Almeida (2025) destacaram a importância do monitoramento e da desagregação dos usos para produzir estimativas mais representativas e orientar medidas de gestão. Dessa forma, a identificação das parcelas de consumo que podem ser atendidas por água pluvial constitui uma etapa necessária à avaliação dessa alternativa no ambiente universitário.

Estudos desenvolvidos em instituições de ensino evidenciam possibilidades de substituição parcial da água potável, embora os resultados dependam das condições analisadas. Marinoski e Ghisi (2008) estimaram um potencial de economia de água potável de 45,8% em uma instituição de ensino de Florianópolis, Santa Catarina. Em uma edificação da Universidade Federal de Uberlândia, Salla *et al.* (2013) obtiveram potenciais de economia entre 18,2% e 53,2%, conforme os cenários avaliados. Em uma escola técnica da rede federal localizada em Sapiranga, Rio Grande do Sul, Ruver,

Arnhorl e Zardin (2020) verificaram, mediante monitoramento durante um ano, economia efetiva de 32,06% no consumo de água potável. A distinção entre resultados estimados e medidos, assim como as diferenças entre as edificações, deve ser considerada na interpretação desses percentuais e em sua aplicação a outros contextos.

Além dos aspectos quantitativos, a qualidade da água captada constitui uma condição determinante para seu aproveitamento. Durante o contato com a atmosfera, as superfícies de captação e os componentes do sistema, a água pode incorporar partículas, substâncias químicas e microrganismos. A revisão de Dalpaz *et al.* (2019) identificou diferentes tecnologias de tratamento e variações em sua eficiência, evidenciando a necessidade de selecionar processos compatíveis com as características da água e com os usos pretendidos. Pu *et al.* (2025) também destacaram os riscos associados à contaminação e a importância da filtração, da desinfecção e da gestão operacional. Assim, o aproveitamento para fins não potáveis requer a avaliação das condições sanitárias, a manutenção dos componentes e o acompanhamento da qualidade da água ao longo da operação.

A relevância da investigação no ambiente universitário também decorre da possibilidade de integrar a gestão da infraestrutura às atividades de ensino, pesquisa e extensão. A implantação e o acompanhamento de medidas de eficiência hídrica podem oferecer dados para atividades acadêmicas, apoiar a formação profissional e favorecer a participação da comunidade na conservação da água. Araújo *et al.* (2024) destacaram a articulação entre medidas técnicas, gestão institucional e ações educativas na melhoria da eficiência hídrica em uma instituição de ensino. De modo complementar, Silva, Tamaki e Gonçalves (2006) demonstraram a importância da continuidade das ações de gestão e monitoramento em programas de uso racional da água em campi universitários.

Nesse contexto, o presente estudo tem como objetivo propor uma implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis no Instituto Federal de Rondônia – IFRO, campus Calama. A análise busca subsidiar decisões sobre a utilização dessa fonte alternativa e sua integração às estratégias institucionais de conservação da água.

2 REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1. Aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em instituições de ensino

O aproveitamento de água pluvial compreende a captação, a condução, o tratamento, o armazenamento e a distribuição da água proveniente das precipitações para atendimento de usos compatíveis com sua qualidade. Em edificações institucionais, essa alternativa pode atender atividades como descargas sanitárias, lavagem de pisos e irrigação de áreas ajardinadas, reduzindo parcialmente a utilização de água potável. Seu desempenho depende da disponibilidade de precipitação, das características das superfícies de captação, da demanda e das condições de operação do sistema (Marinoski; Ghisi, 2008; Salla *et al.*, 2013).

A implantação desses sistemas em instituições de ensino requer a identificação dos usos finais da água e de sua distribuição ao longo do calendário acadêmico. A presença de diferentes atividades e a variação da população usuária produzem padrões de consumo que podem diferir entre dias letivos, finais de semana e férias. Almeida *et al.* (2021) demonstraram que a utilização de dados reais de consumo diário interfere nas estimativas de desempenho de sistemas instalados em edifícios universitários, evidenciando a importância de representar essas variações no dimensionamento.

2.2. Dados de precipitação e variabilidade temporal das chuvas

A precipitação constitui a principal variável de entrada para a estimativa da disponibilidade de água pluvial. Sua quantificação é usualmente expressa em altura pluviométrica, medida em milímetros, sendo que uma precipitação de 1 mm sobre uma superfície horizontal de 1 m² corresponde a um volume bruto de 1 litro. Para o aproveitamento em edificações, interessa conhecer tanto o volume precipitado quanto sua distribuição no tempo, uma vez que a água captada precisa estar disponível nos períodos em que ocorre a demanda (Souza; Ghisi, 2012).

A caracterização pluviométrica pode utilizar séries históricas de estações meteorológicas e pluviométricas representativas da área de estudo. No Brasil, o Instituto Nacional de Meteorologia disponibiliza informações climatológicas de referência, enquanto a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico mantém uma rede de monitoramento e disponibiliza dados hidrológicos por meio de seus sistemas de informação (Instituto Nacional de Meteorologia, 2022; Agência Nacional de Águas e

Saneamento Básico, 2023). A seleção da estação deve considerar localização, extensão da série, continuidade dos registros e representatividade das condições de precipitação do empreendimento.

A variabilidade temporal pode ser examinada em diferentes escalas. A escala anual permite identificar anos relativamente secos e chuvosos; a mensal evidencia a sazonalidade; e a diária representa a ocorrência de eventos de chuva e os intervalos sem precipitação. As normais climatológicas sintetizam condições médias de períodos de referência de 30 anos, sendo úteis para a caracterização climática regional. Para simular o funcionamento de reservatórios, entretanto, a sequência dos registros diários permite representar períodos secos que podem ficar ocultos nas médias mensais (Instituto Nacional de Meteorologia, 2022; Amorim; Pereira, 2008).

2.3. Áreas de captação de água pluvial

A área de captação corresponde à superfície que contribui efetivamente para a coleta da água destinada ao sistema. Para coberturas, a ABNT NBR 15527:2019 considera sua projeção horizontal, expressa em metros quadrados (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2019). A delimitação dessa área deve identificar quais parcelas estão conectadas às calhas e aos condutores que encaminham a água ao armazenamento.

O levantamento das áreas pode ser realizado mediante análise de plantas arquitetônicas, medições em campo e recursos de levantamento georreferenciado. Em instituições com diferentes edificações, torna-se necessário identificar separadamente as superfícies contribuintes, os pontos de coleta, as condições de conservação das coberturas e as possibilidades de interligação. A área total construída representa uma informação distinta da área efetivamente disponível para captação, pois depende da configuração das edificações e da conexão de suas coberturas ao sistema (Marinoski; Ghisi, 2008; Rezende; Tecedor, 2017).

As características dos materiais também interferem na quantidade e na qualidade da água coletada. Rugosidade, porosidade, retenção superficial e condições de limpeza influenciam as perdas de água e o transporte de substâncias para o reservatório. A revisão de Dalpaz *et al.* (2019) demonstra que a água pluvial pode apresentar características distintas conforme a superfície de coleta e as condições

ambientais, exigindo processos de tratamento compatíveis com os usos pretendidos.

2.4. Estimativa do volume de água pluvial disponível

O volume bruto precipitado sobre uma superfície resulta do produto entre a altura de precipitação e a área horizontal de captação. Parte desse volume, entretanto, pode ser perdida por retenção superficial, evaporação, descarte do escoamento inicial e funcionamento dos dispositivos de pré-tratamento. A estimativa do volume disponível deve representar essas perdas (Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2019; Rupp; Munarim; Ghisi, 2011).

Para uma superfície de captação, o volume disponível no intervalo de tempo (t) pode ser expresso por:

$$V_{\text{disp},t} = P_t \cdot A \cdot C \cdot \eta / 1000 \quad (1)$$

Onde: ($V_{\text{disp},t}$) = o volume disponível, em m^3 ; (P_t) = a precipitação no intervalo, em mm; (A) = a área de captação, em m^2 ; (C) = o coeficiente de escoamento superficial; e (η) = a eficiência de captação e pré-tratamento. O fator 1.000 converte litros em metros cúbicos.

O coeficiente de escoamento superficial representa a parcela da precipitação que se transforma em escoamento na cobertura, enquanto a eficiência de captação representa perdas adicionais dos dispositivos considerados.

A Equação 1 representa a oferta de água após as perdas consideradas, mas o volume efetivamente utilizado depende do armazenamento e da demanda. Durante eventos de chuva, parte da água pode extravasar quando a capacidade do reservatório é excedida. Em períodos secos, o consumo pode superar a disponibilidade armazenada. Por isso, a estimativa anual do volume captável deve ser complementada por um balanço hídrico sequencial (Rupp; Munarim; Ghisi, 2011; Almeida *et al.*, 2021).

2.5. Métodos de dimensionamento dos reservatórios de armazenamento

O reservatório permite transferir parte da água coletada durante os eventos de precipitação para períodos posteriores de consumo. Sua capacidade influencia o atendimento da demanda, os extravasamentos, os investimentos e as condições

operacionais. O dimensionamento deve, portanto, relacionar oferta, consumo e critérios de desempenho, considerando as características do empreendimento (Amorim; Pereira, 2008; Bezerra *et al.*, 2010).

A edição de 2019 da ABNT NBR 15527 estabelece que o dimensionamento considere área de captação, regime pluviométrico e demanda não potável.

2.5.1. Características, vantagens e limitações dos métodos

Os métodos de dimensionamento diferem quanto aos dados de entrada, à representação das estiagens e aos critérios utilizados para selecionar o armazenamento. Algumas abordagens fornecem estimativas simplificadas; outras permitem simular a operação e comparar capacidades alternativas. Bezerra *et al.* (2010) verificaram diferenças expressivas entre os resultados obtidos para cinco edificações, sem identificar um método universalmente mais adequado.

Quadro 1 – Características dos métodos de dimensionamento de reservatórios de água

Método	Princípio e vantagens	Limitações e condições de aplicação
Rippl	Analisa diferenças acumuladas entre oferta e demanda para determinar o armazenamento necessário à regularização. Permite identificar períodos críticos e examinar a influência da estiagem.	O resultado depende da série e da resolução temporal. A busca de atendimento integral pode produzir volumes elevados. A insuficiência persistente de oferta exige alteração da demanda atendida ou da área de captação.
Simulação do balanço hídrico	Testa capacidades previamente definidas e acompanha entradas, consumo, armazenamento e extravasamentos. Permite incorporar demanda variável e comparar desempenho e custos.	Exige séries consistentes, definição das condições iniciais e descrição das regras de operação. Os resultados dependem das hipóteses adotadas.
Azevedo Neto ou prático brasileiro	Utiliza precipitação anual, área de captação e número de meses de pouca chuva. Apresenta cálculo simples e incorpora uma representação aproximada da sazonalidade.	Não considera diretamente a demanda. A definição dos meses de pouca chuva influencia o resultado e precisa ser justificada.
Prático alemão	Adota uma fração do menor valor entre oferta anual e demanda anual. Sua vantagem é considerar simultaneamente disponibilidade e consumo com poucos dados.	A agregação anual não representa a sequência de períodos secos e chuvosos nem demonstra a confiabilidade do atendimento.

Método	Princípio e vantagens	Limitações e condições de aplicação
Prático inglês	Estima o armazenamento a partir da precipitação anual e da área de captação. É simples e permite obter uma referência preliminar.	Não representa diretamente a demanda nem a distribuição temporal das chuvas. Requer avaliação posterior do desempenho.
Prático australiano	Emprega balanço entre oferta e demanda, considerando perdas e verificando o atendimento para capacidades testadas. Permite associar o volume a um critério de confiabilidade.	A aplicação mensal pode ocultar déficits dentro do mês. As perdas e o critério de atendimento precisam ser definidos explicitamente.
Período de dias consecutivos sem chuva	Relaciona a demanda diária ao período de autonomia pretendido. Possui interpretação física simples e auxilia na análise de estiagens.	Pressupõe disponibilidade de água no início do período considerado. Isoladamente, não representa o enchimento, os extravasamentos e a operação ao longo de toda a série.
Abordagens probabilísticas	Relacionam capacidade, demanda e probabilidade de déficit. Permitem analisar incertezas e comparar níveis de confiabilidade.	Exigem maior tratamento estatístico e avaliação da representatividade dos modelos e cenários utilizados.

Fonte: elaboração o autor, com base em Amorim e Pereira (2008), Bezerra et al. (2010), Rupp, Munarim e Ghisi (2011) e Youn et al. (2012).

2.5.2. Critérios de seleção do volume e aplicação

A seleção do volume deve integrar desempenho hídrico, investimento e operação. Um reservatório maior pode ampliar o atendimento, mas também requerer maior área, intervenções construtivas e despesas de manutenção. A definição da capacidade depende, portanto, do benefício incremental obtido e das condições de implantação (Amorim; Pereira, 2008; Bezerra et al., 2010).

A avaliação deve distinguir o volume útil de armazenamento dos volumes destinados a outras funções operacionais. Quando o sistema inclui reservatórios inferior e superior, sua representação deve considerar a transferência de água entre eles e a estratégia de abastecimento. A água transferida internamente permanece no mesmo sistema e deve ser contabilizada de modo consistente no balanço.

3 METODOLOGIA

3.1. Caracterização da pesquisa e da área de estudo

A pesquisa caracteriza-se como aplicada, de abordagem quantitativa, desenvolvida mediante estudo de caso no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Rondônia — IFRO, campus Porto Velho Calama, localizado no município de Porto Velho, Rondônia. O estudo teve como finalidade subsidiar a proposta de implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis, mediante levantamento das áreas de captação, caracterização do consumo de água, análise da precipitação e dimensionamento de reservatórios para diferentes configurações de atendimento.

O campus possui área territorial de 68.000 m² e infraestrutura composta por dois blocos de salas de aula e laboratórios, um bloco administrativo, uma praça de alimentação e um ginásio. Conforme os dados institucionais referentes a 2025, a população vinculada ao campus compreendia 73 técnicos, 144 docentes e 3.009 estudantes, totalizando 3.226 pessoas. Esse quantitativo caracteriza a comunidade institucional, sem representar necessariamente a ocupação simultânea das edificações.

3.2. Levantamento das áreas de captação

O levantamento das áreas das coberturas foi realizado com o auxílio do software QGIS. As superfícies foram organizadas em três conjuntos: cobertura do ginásio, cobertura da praça de alimentação e coberturas dos blocos de aulas e do bloco administrativo.

As áreas levantadas constituíram a base para a composição dos cenários de captação. A avaliação considerou diferentes combinações dessas superfícies, permitindo analisar a influência da área contribuinte sobre a disponibilidade de água pluvial e sobre o volume necessário de armazenamento.

3.3. Determinação do consumo de água

O consumo de água foi determinado a partir das leituras acumuladas do hidrômetro instalado no campus. Foram utilizados 13 registros, compreendidos entre 1º de setembro de 2025 e 1º de setembro de 2026, correspondentes a 12 intervalos de medição associados aos meses de referência de setembro de 2025 a agosto de 2026.

O volume consumido em cada intervalo foi calculado pela diferença entre duas leituras consecutivas. Como as leituras foram realizadas em datas distintas ao longo dos

meses, o consumo médio diário foi calculado considerando o número efetivo de dias entre os registros, conforme a Equação 2:

$$q_t = V_{\text{cons},t} / \Delta t \quad (2)$$

Onde: (q_t) = o consumo médio diário, em m^3/dia ; ($V_{\text{cons},t}$) = o volume consumido e (Δt) = ao intervalo entre as leituras, em dias.

Esse procedimento permitiu comparar períodos de medição com durações diferentes. Os volumes foram associados aos meses de referência indicados no levantamento, preservando-se a variação observada no consumo. As medições representam o consumo global registrado pelo hidrômetro, sem discriminação dos volumes destinados a cada uso final.

3.4. Caracterização pluviométrica e estimativa do volume precipitado

Os dados de precipitação foram obtidos no sistema Hidroweb, da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico, para o município de Porto Velho. O levantamento abrangeu os períodos de 1961 a 2007 e de 2012 a 2019, sendo utilizadas as precipitações médias mensais apresentadas na base do estudo.

A distribuição das médias mensais permitiu caracterizar a sazonalidade da oferta de água pluvial. Para o dimensionamento, considerou-se um ciclo anual composto pelas médias de janeiro a dezembro, associado aos consumos dos respectivos meses de referência. Dessa forma, a análise relacionou o padrão histórico médio de precipitação ao perfil de consumo observado entre setembro de 2025 e agosto de 2026.

Para a estimativa do volume de água pluvial proveniente das coberturas, adotou-se coeficiente de escoamento superficial, ou coeficiente de runoff, mais o coeficiente de eficiência de captação e pré-tratamento, igual a 0,8 em todos os cenários. Esses coeficientes representam a proporção da precipitação incidente que se transforma em volume potável, correspondendo, no cálculo, a 80% do volume bruto precipitado sobre as áreas consideradas.

O volume mensal estimado foi determinado pela Equação 3:

$$V_{\text{disp},t,s} = P_t \cdot A_s / 1000 \quad (3)$$

Onde: (V) = volume estimado de água pluvial no intervalo (t), em m³; (Pt) = a precipitação média mensal, em mm; (As) = área de captação do cenário, em m².

Os volumes estimados foram relacionados às demandas mensais de cada alternativa para aplicação do método de Rippl. A expressão considera as perdas representadas pelo coeficiente de escoamento superficial; eventuais perdas adicionais nos dispositivos de descarte e pré-tratamento dependem de parâmetros específicos.

3.5. Definição dos cenários de captação e demanda

Foram estabelecidos três cenários de captação. O cenário 1 incluiu as coberturas do ginásio, da praça de alimentação e dos blocos de aulas e administrativo, totalizando 9.323,00 m². O cenário 2 compreendeu as coberturas da praça de alimentação e dos blocos de aulas e administrativo, com 6.371,00 m². O cenário 3 considerou exclusivamente as coberturas dos blocos de aulas e administrativo, correspondentes a 5.501,00 m².

Para cada cenário, foram avaliadas demandas equivalentes a 100%, 70%, 50% e 30% do consumo registrado em cada mês de referência. A combinação das três áreas com as quatro frações de consumo resultou em 12 alternativas de dimensionamento.

Os percentuais constituíram hipóteses de demanda para comparação entre alternativas. Sua aplicação ao consumo global não corresponde à identificação, por medição, da participação dos usos não potáveis. O cenário de 100% representa o limite superior de demanda considerado no cálculo, enquanto a definição dos usos efetivamente atendidos depende de sua caracterização específica no projeto.

3.6. Dimensionamento dos reservatórios e comparação das alternativas

O dimensionamento dos reservatórios foi realizado pelo método de Rippl, em escala mensal. Esse método relaciona a oferta de água pluvial com a demanda, permitindo determinar a necessidade de armazenamento a partir dos déficits acumulados nos períodos críticos de abastecimento (Amorim; Pereira, 2008), conforme equação 4, abaixo.

$$D_t = C_t - Q_t \quad (4)$$

Onde: (Dt) = diferença entre demanda e volume captável no período (t) em m^3 ; (Ct) = demanda de água no período (t) em m^3 ; (Qt) = volume de água pluvial captável no período (t) em m^3 .

Valores positivos indicam que a demanda supera a oferta do intervalo, exigindo utilização da água previamente armazenada. Valores negativos indicam disponibilidade excedente em relação à demanda. A análise da sequência desses saldos permite estabelecer o armazenamento necessário para atravessar os períodos críticos, considerando a recomposição das reservas nos períodos de excedente.

O déficit acumulado é determinado sucessivamente pela Equação 5:

$$S_t = \max [0 ; S_{t-1} + C_t - Q_t] \quad (5)$$

Onde: (St) = déficit acumulado no final do período (t) em m^3 ; $(St-1)$ = déficit acumulado no período anterior em m^3 .

A capacidade mínima teórica do reservatório corresponde ao maior valor do déficit acumulado obtido durante o período analisado, conforme equação 6.

$$VR = \max [S_t] \quad (6)$$

Onde: (VR) = volume mínimo de reservação pelo método de Rippl em m^3 .

Dessa forma, o método de Rippl determina o volume de armazenamento necessário para compensar os períodos em que a oferta de água pluvial é inferior à demanda. Quanto maior a área de captação e o volume precipitado, menor tende a ser o déficit acumulado e, conseqüentemente, menor a capacidade de reservação necessária. Por outro lado, o aumento da demanda provoca maior déficit acumulado e eleva o volume requerido do reservatório.

As capacidades obtidas foram comparadas mantendo-se a mesma fração de demanda entre as configurações de captação e, posteriormente, variando-se a demanda dentro de cada cenário. Essa comparação permitiu examinar separadamente os efeitos da área contribuinte e do volume de consumo atribuído ao sistema.

A interpretação considerou que os resultados dependem das condições

pluviométricas, da demanda e da resolução temporal empregada. Conforme Rupp, Munarim e Ghisi (2011), diferenças nesses parâmetros podem modificar tanto as capacidades dimensionadas quanto o desempenho dos sistemas de aproveitamento de água pluvial.

4 RESULTADOS e DISCUSSÃO

4.1 Áreas disponíveis para captação

O levantamento das coberturas identificou uma área total de 9.323,00 m². Os blocos de aulas e o bloco administrativo apresentaram a maior contribuição, equivalentes a aproximadamente 59,00% do total. O ginásio correspondeu a segunda maior área de captação, enquanto a praça de alimentação apresentou a menor área. A distribuição encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1 – Áreas das coberturas consideradas para captação de água pluvial

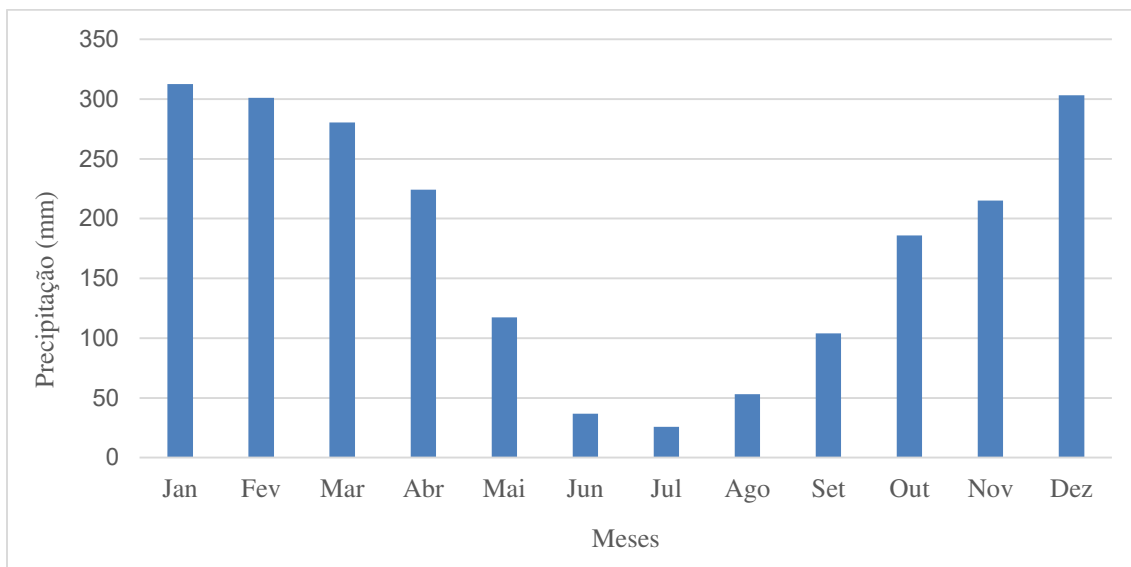
Conjunto de edificações	Área de captação (m²)
Ginásio	2.952,00
Praça de alimentação	870,00
Blocos de aulas e bloco administrativo	5.501,00
Total	9.323,00

Fonte: Elaboração o autor

4.2. Precipitação e disponibilidade bruta de água pluvial

A soma das precipitações médias mensais resultou em 2.159,4 mm anuais. Janeiro apresentou o maior valor médio, com 312,6 mm, seguido por dezembro, com 303,2 mm, e fevereiro, com 301,1 mm. O menor valor ocorreu em julho, com 25,9 mm. Os dados estão apresentados na Figura 1.

Figura 1 – Precipitação mensal média em Porto Velho - RO



Fonte: Elaboração o autor

O período de outubro a abril concentrou 1.822,2 mm, equivalentes a aproximadamente 84,38% da precipitação anual considerada. Em contrapartida, os meses de junho a agosto totalizaram 115,7 mm, correspondentes a 5,36%. Essa distribuição evidencia concentração sazonal da oferta de água pluvial.

Aplicando-se a precipitação média anual de 2.159,4 mm às áreas de captação, foram estimados volumes anuais de água pluvial de 16.105,67 m³ para o cenário 1, 11.006,03 m³ para o cenário 2, e 9.503,09 m³ para o cenário 3. Esses valores correspondem ao volume resultante de água não potável, considerando as perdas representadas pelo coeficiente adotados, incluindo as eventuais perdas adicionais no pré-tratamento.

Os volumes anuais estimados foram superiores ao consumo total de 8.813,35 m³ registrado no período de monitoramento. Entretanto, essa relação anual não demonstra atendimento contínuo da demanda, pois a disponibilidade de água pluvial apresenta distribuição sazonal. A avaliação do armazenamento considera, portanto, os déficits decorrentes da diferença entre oferta e consumo ao longo dos meses, particularmente durante o período de menor precipitação.

4.3. Consumo de água e variação temporal

O consumo acumulado entre as leituras de 1º de setembro de 2025 e 1º de setembro de 2026 foi de 8.813,35 m³. A média dos volumes associados aos meses de

referência foi de 734,45 m³. Considerando os 365 dias do período, o consumo médio diário global correspondeu a 24,15 m³/dia.

A Tabela 2 apresenta os volumes consumidos, a duração dos intervalos de medição e os respectivos consumos médios diários.

Tabela 2 – Consumo de água por mês de referência e média diária nos intervalos de medição

Mês de referência	Intervalo entre leituras (dias)	Volume consumido (m ³)	Consumo médio diário (m ³ /dia)
Setembro/2025	31	907,78	29,28
Outubro/2025	32	792,65	24,77
Novembro/2025	28	508,43	18,16
Dezembro/2025	32	315,86	9,87
Janeiro/2026	31	316,63	10,21
Fevereiro/2026	28	445,44	15,91
Março/2026	31	952,90	30,74
Abril/2026	32	1.093,27	34,16
Mai/2026	28	967,69	34,56
Junho/2026	30	927,25	30,91
Julho/2026	34	813,32	23,92
Agosto/2026	28	772,13	27,58
Total do período / média diária global	365	8.813,35	24,15

Nota: os meses indicam as referências adotadas no levantamento. Os volumes correspondem aos intervalos efetivos entre as leituras, que variaram de 28 a 34 dias.

Fonte: Elaboração o autor

O maior volume consumido foi associado a abril de 2026, com 1.093,27 m³, enquanto o menor correspondeu a dezembro de 2025, com 315,86 m³. Entretanto, ao considerar a duração dos intervalos, o maior consumo médio diário ocorreu em maio de 2026, com 34,56 m³/dia, superior aos 34,16 m³/dia registrados em abril. Essa diferença demonstra a importância de considerar o intervalo efetivo de medição na comparação dos consumos.

A série apresentou redução dos volumes entre novembro de 2025 e fevereiro de 2026, seguida de elevação a partir de março. Os dados disponíveis permitem identificar essa variação, mas não estabelecer sua causa, pois não foram apresentados registros simultâneos de frequência de usuários, atividades desenvolvidas ou ocorrências operacionais.

Na associação entre consumo e precipitação média histórica, os meses de junho a agosto apresentaram demandas de 927,25 m³, 813,32 m³ e 772,13 m³,

respectivamente, enquanto as precipitações médias foram de 36,7 mm, 25,9 mm e 53,1 mm. Essa combinação caracteriza um período relevante para a análise da necessidade de reservação.

4.4. Dimensionamento dos reservatórios pelo método de Rippl

As 12 alternativas apresentaram capacidades de armazenamento entre 55,69 m³ e 3.011,79 m³. Para uma mesma fração de demanda, o cenário 1, com maior área de captação, apresentou os menores volumes de reservação. O cenário 3, com menor área contribuinte, apresentou os maiores volumes em todos os percentuais analisados. Os resultados encontram-se na Tabela 3.

Tabela 3 – Capacidades dos reservatórios pelo método de Rippl para os cenários avaliados

Cenário	Área de captação (m ²)	Demanda de 100% (m ³)	Demanda de 70% (m ³)	Demanda de 50% (m ³)	Demanda de 30% (m ³)
1	9.323,00	1.873,87	896,41	403,81	55,69
2	6.371,00	2.669,99	1.353,54	666,96	203,40
3	5.501,00	3.011,79	1.588,17	747,45	246,93

Nota: os percentuais representam frações do consumo total registrado pelo hidrômetro. Os valores nas quatro últimas colunas correspondem às capacidades dos reservatórios.

Fonte: Elaboração o autor.

Para a demanda equivalente a 100% do consumo registrado, a capacidade calculada foi de 1.873,87 m³ no cenário 1, 2.669,99 m³ no cenário 2 e 3.011,79 m³ no cenário 3. A ampliação da área de 5.501,00 m² para 9.323,00 m² esteve associada à redução de 1.137,92 m³ na capacidade necessária, correspondente a aproximadamente 37,78%.

Na hipótese de demanda equivalente a 50% do consumo, os volumes foram de 403,81 m³, 666,96 m³ e 747,45 m³ para os cenários 1, 2 e 3, respectivamente. Nesse percentual, a diferença entre as configurações com maior e menor área correspondeu a 343,64 m³, representando redução de aproximadamente 45,98% em relação ao cenário 3.

Para a demanda de 30%, o cenário 1 apresentou capacidade de 55,69 m³, enquanto os cenários 2 e 3 resultaram em 203,40 m³ e 246,93 m³. A diferença entre os cenários 1 e 3 foi de 191,24 m³, equivalente a aproximadamente 77,45% da capacidade

calculada para a menor área.

Os resultados evidenciam que o efeito da ampliação da captação sobre o armazenamento variou conforme a demanda atribuída ao sistema. A capacidade necessária depende da relação entre oferta e consumo durante os períodos críticos, e não apenas da precipitação anual ou da área total disponível.

Também foi observada redução da capacidade de armazenamento com a diminuição da demanda em todos os cenários. No cenário 1, por exemplo, a alteração da fração de consumo de 100% para 30% reduziu o volume dimensionado de 1.873,87 m³ para 55,69 m³. Esse comportamento é consistente com a influência conjunta da área de captação, da precipitação e da demanda discutida por Rupp, Munarim e Ghisi (2011).

4.5. Implicações dos resultados para a proposta de implantação

A comparação demonstrou que a inclusão das três superfícies de captação reduziu a capacidade de reserva necessária para todas as frações de demanda avaliadas. Entretanto, a menor capacidade de armazenamento, isoladamente, não determina a alternativa de implantação mais adequada, pois a conexão de coberturas adicionais também depende das condições físicas das edificações, dos percursos de condução e das necessidades operacionais.

A seleção da configuração deve relacionar os volumes calculados aos usos não potáveis efetivamente identificados no campus. Como os percentuais foram aplicados ao consumo global, sua utilização no projeto requer a determinação da demanda das atividades que poderão ser abastecidas pelo sistema.

Os resultados representam estimativas de dimensionamento baseadas em precipitações médias mensais e no perfil de consumo de um período de 12 meses. Essa abordagem permite comparar alternativas sob condições médias, mas não quantifica a confiabilidade do atendimento diante de anos mais secos ou de sequências diárias prolongadas sem chuva. A influência da resolução temporal e da série pluviométrica sobre o dimensionamento é reconhecida por Amorim e Pereira (2008) e por Rupp, Munarim e Ghisi (2011).

Assim, as capacidades calculadas fornecem uma base quantitativa para o desenvolvimento da proposta. A definição final do sistema depende da compatibilização entre demanda não potável, disponibilidade física para instalação, condições de

operação e custos de implantação e manutenção.

5 CONCLUSÃO

O estudo identificou uma área de captação de 9.323,00 m² no IFRO, campus Porto Velho Calama, e precipitação média anual de 2.159,4 mm. O consumo de água registrado entre setembro de 2025 e agosto de 2026 totalizou 8.813,35 m³, com média diária de 24,15 m³. A distribuição sazonal das chuvas evidenciou a necessidade de armazenamento para compensar a menor disponibilidade pluviométrica nos meses secos.

O dimensionamento pelo método de Rippl resultou em capacidades entre 55,69 m³ e 3.011,79 m³ nas 12 alternativas avaliadas. O cenário 1, constituído pelas coberturas do ginásio, da praça de alimentação e dos blocos de aulas e administrativo, apresentou os menores volumes de reservação em todas as frações de demanda. Nessa configuração, foram obtidas capacidades de 1.873,87 m³ para a demanda equivalente a 100% do consumo registrado e de 55,69 m³ para a fração de 30%.

Os resultados demonstraram que a ampliação da área de captação e a redução da demanda atribuída ao sistema diminuíram a capacidade necessária de armazenamento. A configuração que reuniu todas as coberturas apresentou, portanto, a menor exigência de reservação entre as alternativas analisadas para uma mesma demanda.

A análise demonstrou que a utilização conjunta das três superfícies de captação reduz a capacidade de reservação necessária para todas as demandas avaliadas. Contudo, a definição da alternativa mais adequada deve considerar, além do volume do reservatório, a demanda não potável efetiva, as condições físicas de implantação, a operação do sistema e os custos associados.

6 REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS E SANEAMENTO BÁSICO. Agência disponibiliza séries históricas de dados de níveis e vazões de estações em todo o País. Brasília, DF: ANA, 25 out. 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/ana/pt-br/assuntos/noticias-e-eventos/noticias/agencia-disponibiliza-series-historicas-de-dados-de-niveis-e-vazoes-de-estacoes-em-todo-o-pais>.

ALMEIDA, A. P.; LIBERALESSO, T.; SILVA, C. M.; SOUSA, V. Dynamic modelling of rainwater harvesting with green roofs in university buildings. *Journal of Cleaner Production*, [S. l.], v. 312, 127655, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127655>.

AMORIM, S. V.; PEREIRA, D. J. de A. Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 53-66, abr./jun. 2008. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/ambienteconstruido/article/download/5359/3284/0>.

ARAÚJO, H. B.; SOARES, P. V.; ESPUNY, M.; OLIVEIRA, O. J. de. Improving water efficiency in higher education institutions: contributions from the Boa Vista campus of the Federal Institute of Roraima. *Revista de Gestão Social e Ambiental*, Miami, v. 18, n. 4, e08011, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n4-160>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 15527: aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis — requisitos. 2. ed. Rio de Janeiro: ABNT, 2019.

BEZERRA, S. M. da C.; CHRISTAN, P. de; TEIXEIRA, C. A.; FARAHBAKHS, K. Dimensionamento de reservatório para aproveitamento de água de chuva: comparação entre métodos da ABNT NBR 15527:2007 e Decreto Municipal 293/2006 de Curitiba, PR. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 10, n. 4, p. 219-231, out./dez. 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1678-86212010000400015>.

CARLI, L. N.; DE CONTO, S. M.; BEAL, L. L.; PESSIN, N. Racionalização do uso da água em uma instituição de ensino superior – estudo de caso da Universidade de Caxias do Sul. *Revista de Gestão Ambiental e Sustentabilidade*, [S. l.], v. 2, n. 1, p. 143-165, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.5585/geas.v2i1.30>.

DALPAZ, L.; BORGERT, A. E.; VENDRAMI, J. M.; GHISI, E. Tipos e eficiência de unidades de tratamento para água pluvial: revisão de literatura. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 19, n. 3, p. 207-231, jul./set. 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/s1678-86212019000300334>.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Normais climatológicas do Brasil: 1991–2020. Brasília, DF: INMET, 2022. Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/uploads/normais/NORMAISCLIMATOLOGICAS.pdf>.

MARINOSKI, A. K.; GHISI, E. Aproveitamento de água pluvial para usos não potáveis em instituição de ensino: estudo de caso em Florianópolis – SC. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 8, n. 2, p. 67-84, abr./jun. 2008. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/download/5355/3283>.

PU, J.; CHUKWUEMEKA, J.; MOHAMED, R. M. S. B. R.; HAMDAN, R. B.; HANMAIAHGARI, P. R.; MORUZZI, R. The future of rainwater recycling: assessing health risks and

environmental impact. Engenharia Sanitária e Ambiental, [S. l.], v. 30, e20240038, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1413-415220240038>.

REZENDE, J. H.; TECEDOR, N. Aproveitamento de água de chuva de cobertura em edificações: dimensionamento do reservatório pelos métodos descritos na NBR 15527. Revista Ambiente & Água, Taubaté, v. 12, n. 6, p. 1040-1053, nov./dez. 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.4136/ambi-agua.1940>.

RIBEIRO, L. C. da S.; SOUZA, E. de A.; ALMEIDA, R. A. S. de. Monitoramento e estimativa preliminar do consumo de água em restaurantes universitários: estudo de caso em instituição pública de ensino superior. Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais, [S. l.], v. 13, n. 1, p. 89-103, 2025. Edição especial VIII COBESA. Disponível em: <https://periodicos.ufba.br/index.php/gesta/article/download/64681/38171/270345>.

RUPP, R. F.; MUNARIM, U.; GHISI, E. Comparação de métodos para dimensionamento de reservatórios de água pluvial. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 11, n. 4, p. 47-64, out./dez. 2011. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1678-86212011000400005>.

RUVER, C. A.; ARNHORLD, N. G.; ZARDIN, G. Avaliação de economia para diferentes capacidade de cisterna para uma escola técnica da rede federal. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, Florianópolis, v. 9, n. 3, p. 173-201, jul./set. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.19177/rgsa.v9e32020173-201>.

SALLA, M. R.; LOPES, G. B.; PEREIRA, C. E.; MOURA NETO, J. da C.; PINHEIRO, A. M. Viabilidade técnica de implantação de sistema de aproveitamento de água pluvial para fins não potáveis em universidade. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 13, n. 2, p. 167-181, abr./jun. 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S1678-86212013000200013>.

SILVA, G. S. da; TAMAKI, H. O.; GONÇALVES, O. M. Implementação de programas de uso racional da água em campi universitários. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 49-61, jan./mar. 2006. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/download/3679/2045>.

SOUZA, E. L.; GHISI, E. Potable water savings by using rainwater for non-potable uses in houses. Water, [S. l.], v. 4, n. 3, p. 607-628, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/w4030607>.

YOUN, S.; CHUNG, E.; KANG, W. G.; SUNG, J. H. Probabilistic estimation of the storage capacity of a rainwater harvesting system considering climate change. Resources, Conservation and Recycling, [S. l.], v. 65, p. 136-144, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2012.05.005>.