



Universidade de Brasília

**Avaliação do potencial de aproveitamento
de águas pluviais no Pavilhão Anísio
Teixeira (UnB)**

Andre Pulcherio Abdanur

Brasília

2017

Universidade de Brasília

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	3
LISTA DE TABELAS	4
LISTA DE GRÁFICOS	5
1. Introdução	6
1.1 Objetivo	6
1.2 Estrutura do trabalho.....	6
1.3 Justificativa	7
1.4 Materiais e métodos.....	8
2. Revisão bibliográfica	10
2.1 Consumo de água em ambientes universitários	10
2.2 Crise hídrica	11
2.3 Uso racional e conservação dos recursos hídricos.....	11
2.4 Aproveitamento de águas pluviais.....	13
2.4.1 Diretrizes e normas brasileiras.....	15
2.4.2 Componentes e elementos do sistema.....	16
2.4.3 Sistemas isolados.....	18
2.4.4 Sistemas integrados.....	19
2.4.5 Qualidade de águas pluviais.....	21
3. Resultados.....	24
3.1 Características construtivas.....	24
3.2 Fluxo de pessoas	26
3.3 Padrão de consumo de água.....	26
3.3.1 Indicadores de consumo	28
3.4 Aproveitamento de águas pluviais.....	28
3.4.1 Captação.....	29
3.4.2 Tratamento	30
3.4.3 Reservatórios	30
3.4.4 Distribuição e usos finais.....	35
4. Conclusão	37
5. Referências	39

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Sistema Isolado de coleta de água pluvial	19
Figura 2. Sistema integrado de coleta de água pluvial.....	21
Figura 3. Vista aérea do Pavilhão Anísio Teixeira	24
Figura 4. Área de captação.....	29
Figura 5. Filtro VF12 da 3PTechnik.....	30
Figura 6. Localização sugerida para reservatórios de águas pluviais no PAT	35

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Parâmetros de qualidade da água para fins não potáveis.....	23
Tabela 2. Balanço do potencial de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis no Pavilhão Anísio Teixeira considerando que 50% da água consumida é para uso não potável total do edifício.	31
Tabela 3. Balanço do potencial de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis no Pavilhão Anísio Teixeira considerando que 65% da água consumida é para uso não potável total do edifício.	31
Tabela 4. Balanço do potencial de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis no Pavilhão Anísio Teixeira considerando que 80% da água consumida é para uso não potável total do edifício.	32
Tabela 5. Balanço do potencial de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis no Pavilhão Anísio Teixeira considerando que 65% da água consumida é para uso não potável total do edifício no ano de 2017.....	33

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Consumo predial mensal de água do PAT entre 2014 e 2017	27
Gráfico 2. Despesas anuais com serviços de água e esgoto no PAT	27

1. Introdução

O presente estudo consiste em uma avaliação do potencial de aproveitamento de águas pluviais no Pavilhão Anísio Teixeira, localizado na Universidade de Brasília, Campus Darcy Ribeiro.

São descritos a seguir o objetivo, justificativa, metodologia e estrutura do trabalho.

1.1 Objetivo

O presente trabalho tem como objetivo avaliar o potencial de aproveitamento de águas pluviais no Pavilhão Anísio Teixeira.

Os objetivos específicos são:

- Caracterizar o padrão de consumo de água no edifício.
- Calcular indicadores de consumo que permitam a comparação com outras edificações.
- Identificar as intervenções necessárias para permitir o aproveitamento de águas pluviais.

1.2 Estrutura do trabalho

Esse trabalho é composto por quatro capítulos.

No capítulo 1, Introdução, apresenta-se o objetivo, justificativa, metodologia e estrutura do trabalho.

No capítulo 2 apresenta-se uma revisão bibliográfica sobre o consumo de água em ambientes universitários, crise hídrica, uso racional da água e o aproveitamento de águas pluviais

Os resultados da pesquisa são apresentados no capítulo 3, incluindo as características construtivas, padrão de consumo de água e considerações sobre o aproveitamento de águas pluviais no Pavilhão Anísio Teixeira.

Ao final, são descritas as conclusões e referências do trabalho.

1.3 Justificativa

O Distrito Federal passa em 2017 pela pior crise de abastecimento hídrico de sua história. Os principais mananciais de abastecimento chegaram a níveis críticos, culminando na adoção de medidas emergenciais de controle de vazão. Declarações de crise de escassez hídrica por parte da Agência Reguladora de Águas, Energia e Saneamento Básico do Distrito Federal – ADASA, trazem à tona a fragilidade do atual sistema de abastecimento, tornando indispensáveis discussões sobre novas fontes de abastecimento e formas de uso racional dos recursos hídricos.

O aproveitamento de águas pluviais como forma de complemento para o abastecimento de edifícios vem se tornando cada vez mais comum. Nas duas últimas décadas, a procura por sistemas que reduzam a demanda por água vem se intensificando, como alternativa para reduzir os gastos com a tarifa mensal da concessionária. Apesar de não ter a viabilidade ainda comprovada, diversos casos de adoção de sistemas complementares ao abastecimento público podem ser vistos em edificações pelo Brasil, o que abre espaço para um novo modelo de abastecimento descentralizado, que promove a utilização de fontes alternativas de água para usos não potáveis. A adoção de tais sistemas pode trazer diversos benefícios aos usuários, bem como reduzir drasticamente a demanda por água potável proveniente dos mananciais de abastecimento público. (Sant'Ana e Medeiros, 2017).

Para garantir o acesso a água de qualidade para a população do DF, a Política de Recursos Hídricos no Distrito Federal, instituída por meio da Lei 512, de 28 de julho de 1993, define, entre outros, os seguintes princípios:

- Gerenciamento integrado, descentralizado e participativo dos recursos hídricos;
- Compatibilização do gerenciamento dos recursos hídricos com o desenvolvimento regional e com a proteção do meio ambiente;
- Produção e instalação de equipamentos, criação de tecnologia e capacitação de recursos humanos, voltados para a conservação dos recursos hídricos e para a racionalização do uso da água;

- Conscientização pública da necessidade de utilização racional, conservação, proteção e preservação dos recursos hídricos.

A Universidade de Brasília como centro de excelência em pesquisa e desenvolvimento, com a missão de promover a ética, o bem-estar social e a sustentabilidade, tem a oportunidade de encabeçar ações que ajudem a mitigar os efeitos da crise hídrica. Além da atual situação de racionamento e tarifas de contingência no Distrito Federal devido à crise hídrica, a UnB pode passar por dificuldades para pagar despesas básicas como as tarifas mensais de água. Segundo a reitora Márcia Abrahão, em entrevista concedida ao G1 em julho de 2017, “Nós vamos ter que renegociar com vários fornecedores e, a partir de setembro, poderemos ter realmente dificuldades para pagar contas de água [...]”. O edifício selecionado para a apresentação deste trabalho não conta com armazenamento de água, tendo sua alimentação feita diretamente pela rede de distribuição, fazendo com que perdas de pressão e eventuais cortes no abastecimento acarretem maiores problemas para os usuários.

Nesse contexto, esse trabalho apresenta um estudo do potencial de aproveitamento de águas pluviais no Pavilhão Anísio Teixeira (PAT), que pode ser replicado em outros edifícios, como o Pavilhão João Calmon, que apresenta as mesmas características gerais.

1.4 Materiais e métodos

A avaliação do potencial de aproveitamento de águas pluviais no Pavilhão Anísio Teixeira foi realizada com base em pesquisas bibliográficas, vistorias, análise dos padrões de consumo de água e aplicação do método da simulação para determinação do potencial de economia de água e do volume necessário para os reservatórios.

O pavilhão está localizado no Campus Darcy Ribeiro, em Brasília (DF) e foi selecionado para o estudo por possuir características que facilitam a implementação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais.

A área de cobertura e a área verde do edifício foram obtidas por meio da utilização de ferramenta computacional (Google Earth).

A caracterização das instalações prediais foi realizada mediante visita *in loco* e revisão da literatura disponível.

Os dados relativos à demanda de água foram obtidos a partir de leituras mensais realizadas no hidrômetro, e disponibilizados pela Diretoria de Manutenção Predial (DIMAP) no formato de planilha digital, formato XLS. Além do volume consumido mensalmente, as planilhas continham as despesas referentes às faturas de água e esgoto entre janeiro de 2014 e dezembro de 2016.

Considerou-se como consumo médio anual a média entre o consumo anual de 2014, 2015 e 2016.

Os dados de consumo médio diário foram obtidos pela relação entre o consumo médio anual e o número de dias no ano, a partir da equação:

$$CMD = \frac{CMA}{D} = \frac{\text{Consumo médio anual}}{n^{\circ} \text{ de dias por ano}}$$

A partir do consumo médio diário pode-se calcular os indicadores de consumo médio diário por área construída e o consumo diário per capita.

Para obter o consumo médio diário por área construída em litros/m², divide-se o CMD (litros/dia) pela área construída (m²), conforme a equação:

$$CA = \frac{CMD}{AC} = \frac{\text{Consumo médio diário}}{\text{Área Construída}}$$

Para obter o consumo diário per capita em litros/pessoa, divide-se o CMD pelo número de pessoas que frequenta diariamente o edifício, de acordo com a equação:

$$CP = \frac{CMD}{P} = \frac{\text{Consumo médio diário}}{n^{\circ} \text{ de pessoas por dia}}$$

Para os dados de precipitação foram utilizados valores médios referentes as séries históricas registradas pela Companhia de Saneamento Ambiental do

Distrito Federal – CAESB, na Estação de Tratamento de Efluentes – ETE, localizada na Asa Norte.

O potencial de economia de água depende da demanda de água para fins não potáveis e do volume dos reservatórios.

Foram calculados três cenários, onde a demanda para fins não potáveis corresponde a 50%, 65% e 80% do consumo médio registrado nos hidrômetros.

O potencial de aproveitamento de águas pluviais foi obtido com a aplicação do método de simulação, descrito e recomendado pela ABNT, correlacionando índices médios de precipitação, a área de cobertura e a demanda por água não potável mês a mês, para calcular os valores de economia potencial de água, de acordo com diferentes tamanhos de reservatórios.

2. Revisão bibliográfica

Na revisão bibliográfica apresentam-se conceitos e estudos relacionados ao consumo de água em ambientes universitários, crise hídrica, uso racional da água e aproveitamento de águas pluviais.

2.1 Consumo de água em ambientes universitários

A grande movimentação de alunos e docentes, em alguns ambientes universitários, pode dificultar a obtenção de dados concretos sobre o uso da água (NAKAGAWA, 2008).

A literatura apresenta poucas informações sobre o uso de água em edificações universitárias, e para efeito de comparação, serão utilizados dados obtidos em pesquisas de universidades brasileiras, que apresentam maior semelhança com o objeto de estudo. O programa ÁGUAPURA, apresenta valores relativos ao consumo médio per capita na UFBA (Universidade Federal da Bahia), postados como IC (índice de consumo, dado em L/hab.dia) ficam em torno 30 L/hab.dia, antes da implementação do programa de monitoramento. Os valores encontrados possuem diversas variáveis que incluem, fatores sazonais e climáticos, fazendo com que possam variar de acordo com a região abordada. Em uma análise aprofundada de prédios públicos com população fixa em Florianópolis, Kammers 2006, aponta que grande parte do consumo de água em

edifícios públicos é para fins não potáveis, com valores que podem variar entre 52% e 88%.

2.2 Crise hídrica

De acordo com o Atlas Brasil de Abastecimento Urbano de água fornecido pela Agência Nacional de Águas (ANA), o Brasil enfrenta sérios problemas de acesso à água, que afetam principalmente as populações de baixa renda e os habitantes das periferias de centros urbanos.

Apesar da aparente abundância dos recursos hídricos na maior parte do território brasileiro, algumas regiões se encontram em situação de vulnerabilidade no que diz respeito à garantia de abastecimento de água.

Segundo a CAESB, os sistemas de abastecimento vêm operando muito perto da capacidade limite, o que pode intensificar os problemas na distribuição, caso haja alguma alteração no regime de chuvas da região.

O maior reservatório do atual sistema de abastecimento do DF atingiu níveis críticos em 2016 e 2017. Este fato motivou a tomada de medidas drásticas na distribuição de água em diversas regiões administrativas. Em resolução (resolução nº 15, de 16 de setembro de 2016), a ADASA, declarou Situação de Crise de Escassez Hídrica para os principais mananciais de abastecimento do DF.

Face as dificuldades de garantir o abastecimento de água, a ADASA autorizou o regime de racionamento na distribuição de água, a diminuição da pressão nos sistemas de abastecimento, além de tarifas de contingenciamento, causando transtornos aos habitantes do DF.

Em 2017, a Universidade de Brasília passou a fazer parte do rodízio na distribuição de água, que afetou todos os órgãos abastecidos pelos mananciais Descoberto e Santa Maria.

2.3 Uso racional e conservação dos recursos hídricos

O uso racional da água vem sendo discutido em escala global, com objetivo de otimizar a utilização dos recursos hídricos. A manutenção de serviços essenciais à qualidade de vida e o crescimento de atividades econômicas

dependem diretamente da disponibilidade de água. Regiões de grande concentração populacional exercem fortes pressões nos sistemas de abastecimento, comprometendo a qualidade e, em alguns casos, a disponibilidade de água nos mananciais (ANA; FIESP; SINDUSCON-SP, 2005).

A garantia de distribuição de água de qualidade para os centros urbanos no Brasil deve ser tratada como prioridade, pois diz respeito às necessidades básicas da população e influencia diretamente nas perspectivas de desenvolvimento do país (ANA, 2010).

A crescente demanda por água, aliada às condições climáticas regionais, fazem com que o abastecimento hídrico do Distrito Federal possa ficar comprometido durante os longos períodos de estiagem (TCDF, 2010). Diante da situação atual de escassez, a necessidade de se aplicar estratégias de conservação dos recursos hídricos se torna ainda mais evidente (ANA, FIESP, SINDUSCON-SP, 2005).

No DF estão previstas medidas para equilibrar a relação entre oferta e demanda de água que incluem obras nos mananciais da região, como o lago Paranoá, Lago Corumbá IV, e córrego Bananal. As obras preveem o aumento da vazão captada dos mananciais para atender à crescente demanda das regiões administrativas (ANA, 2010). Para efeitos imediatos as modificações previstas podem ter impactos benéficos na distribuição, porém no longo prazo, a gestão de recursos hídricos baseada no aumento do volume extraído dos aquíferos pode acarretar sérios danos ambientais (Sant'Ana, Boerger e Monteiro, 2013).

Buscar maneiras de tornar os sistemas de distribuição e armazenamento mais eficientes pode ser uma resposta para alterar a disponibilidade de água, sem afetar a vazão atual dos mananciais, fazendo com que o sistema regional se beneficie com ações locais pontuais. Entre as possibilidades de redução de demanda no abastecimento, podemos destacar a coleta e armazenamento de águas pluviais e o reuso de águas servidas com baixos níveis de impurezas (Sant'Ana e Medeiros, 2017).

2.4 Aproveitamento de águas pluviais

No decorrer da história o uso de águas pluviais como fonte primária ou complementar de abastecimento foi explorado desde as maneiras mais simples até os sistemas complexos que vemos hoje. Não se sabe ao certo qual é a origem dos primeiros sistemas de armazenamento de águas pluviais, porém foram encontrados indícios do uso de reservatórios na Índia que datam de 3000 AC (GOULD e PETERSEN, 1999). Com os avanços nas tecnologias de distribuição e tratamento de água durante o século XX, a utilização de sistemas de coleta de água da chuva caiu em desuso, dando lugar a sistemas centralizados. Entretanto nas duas últimas décadas, a utilização de sistemas de aproveitamento de águas pluviais tem se intensificado em países desenvolvidos devido a problemas gerados pela centralização excessiva do recurso que dificulta sua distribuição (BUTLER e MENON, 2006).

Sistemas de aproveitamento de águas pluviais captam a chuva que cai sobre áreas impermeabilizadas, canalizam, filtram e armazenam água precipitada em tanques, tornando-a disponível para usos futuros, ao invés de descartá-la diretamente na rede de águas pluviais. Devido a possibilidade de contaminação, o uso da água da chuva é restrito a fins não potáveis, como a lavagem de pisos e automóveis, irrigação de jardins e descargas de bacias sanitárias (NBR 15527, 2007).

A disponibilidade de tanques para armazenar água de chuva pode mitigar efeitos de inundação em áreas urbanas que normalmente acontecem durante os picos de precipitação (ANA, FIESP. SINDUSCON-SP, 2005). A implementação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais em edificações, se adotada em larga escala, pode promover reduções significativas na demanda de água potável, além de garantir o abastecimento contínuo das principais atividades consumidoras de água em caso de falha no abastecimento público (SANT'ANA e MEDEIROS, 2017).

Reservatórios menores e de fácil instalação podem ser encontrados no mercado e atendem bem a demandas residenciais pequenas sem que seja necessária muita manutenção. Em caso de reservatórios de grande porte, algumas medidas devem ser tomadas para garantir que a qualidade da água armazenada seja mantida até o momento de uso. As configurações hidráulicas

de um reservatório de grande porte devem ser feitas de maneira a impedir a contaminação da água e a proliferação de macro e microrganismos, mantendo a água nos níveis estabelecidos para o uso estipulado (SANT'ANA e MEDEIROS, 2017).

A água da chuva em geral possui características aceitáveis para usos diversos, porém perde a qualidade quando entra em contato com gases dissolvidos na atmosfera, e enquanto passa pela superfície de coleta. O acúmulo de sólidos na superfície de coleta, como folhas, galhos e dejetos de animais faz com que a água se torne imprópria para o armazenamento por grandes períodos de tempo, ou até mesmo para a utilização imediata (SANT'ANA 2011).

Para que se possa armazenar somente a água em condições de uso, alguns dispositivos de limpeza e filtração são integrados aos componentes do sistema.

O potencial de coleta de água de um edifício pode ser obtido a partir da área de cobertura e o volume de precipitação local.

Segundo Sant'Ana (2011), o potencial de captação de água pluvial de um edifício pode ser determinado pela seguinte expressão:

$$PAP_t = IP_t \cdot AC \cdot CE \cdot CF$$

Onde,

PAP = Potencial de captação de águas pluviais no intervalo t

IP = Pluviosidade Média no intervalo t (mm)

AC = Área de cobertura (m²)

CE = Coeficiente de escoamento

CF = Coeficiente de filtragem

O coeficiente de escoamento (CE) representa possíveis perdas de água na superfície de captação e nas tubulações de coleta. O coeficiente de filtragem traduz a eficiência dos dispositivos de descarte de primeira água e tratamento.

Na maior parte dos casos adota-se o valor de 0,9 para os dois coeficientes, que representa uma perda de aproximadamente 20% do total da água coletada.

De acordo com Pereira (2017), considerando-se os índices pluviométricos fornecidos pelo INMET, para Brasília, cada metro quadrado de cobertura é capaz de captar cerca de 1250 litros de água por ano. Os dados de precipitação utilizados para os cálculos foram obtidos no portal da CAESB, e são referentes a média histórica (1971 – 2017) registrada no pluviômetro instalado na ETE Norte, por ser o mais próximo do edifício.

2.4.1 Diretrizes e normas brasileiras

Segundo Magalhães, 2011, no Distrito federal a única norma específica que trata de aproveitamento de águas pluviais é a NBR 15.527 (ABNT, 2007). Entretanto, a autora alerta que a implantação de tais sistemas deve ser feita com cautela, devido à ausência de informações sobre contaminação e proliferação de doenças na legislação brasileira.

A Norma Brasileira referida se encontra no ANEXO 1 e define e fornece os requisitos necessários para o aproveitamento de águas pluviais precipitadas em coberturas de áreas urbanas. Aplicada a usos não potáveis de água da chuva, estabelece parâmetros de qualidade de acordo com o tipo de uso final. A norma descreve cada componente do sistema e suas funções, os procedimentos de tratamento e dimensionamento do sistema.

Apesar da existência da NBR 15.527, a concessionária responsável pelo abastecimento público na região onde pretende-se instalar o sistema deve ser comunicada e se necessário, avaliar as proposições do projeto, anteriormente à construção. Com o aval da concessionária o consumidor de água passa a condição de produtor, e é responsável pela qualidade da água e bom funcionamento do sistema. As informações necessárias para a implementação de um sistema de águas pluviais no Distrito Federal fornecidas pela CAESB podem ser encontradas no ANEXO 2.

2.4.2 Componentes e elementos do sistema

Sistemas de aproveitamento de águas pluviais em geral se resumem aos seguintes componentes:

- Superfície de coleta
- Condutores horizontais e verticais
- Cisterna (tanque de armazenamento)

A necessidade de elementos como, dispositivos de descarte, filtros e bombas d'água, deve ser avaliada pelo projetista em acordo com a infraestrutura local e o tipo de uso especificado para cada sistema.

- Superfície de coleta

Segundo May, 2004, qualquer superfície impermeável pode ser utilizada para captação de água, porém a norma brasileira determina que a água não pode ser coletada de áreas onde haja a circulação de pessoas, animais e veículos. Geralmente coberturas como, lajes e telhados são escolhidos como superfície de captação. Devido aos diversos materiais que podem compor o tipo de cobertura, cabe ao projetista determinar se há contaminação da água pelo material da superfície e qual o tratamento adequado para tal. Para evitar o entupimento dos condutores é recomendada a instalação de malhas que impeçam a entrada de galhos e folhas.

- Condutores

Os condutores fazem o transporte da água captada até o tanque de armazenamento, além de poder abrigar elementos filtrantes do sistema. A norma brasileira, especifica os materiais e formas de dimensionamento de condutores horizontais (calhas) e verticais.

- Tanque de armazenamento (cisterna)

O sistema de armazenamento pode ter um ou mais tanques e tem seu volume determinado a partir de características do edifício, fatores ambientais locais e os usos finais da água.

A cisterna é, em geral, o elemento com o maior custo do sistema de aproveitamento de águas pluviais, portanto deve ser dimensionada levando em consideração diversos fatores, a fim de garantir a máxima eficiência. Segundo May 2004, é possível calcular o tamanho mínimo do reservatório para um edifício

desde que, a área de coleta, a precipitação média e a demanda mensais sejam conhecidas. Dependendo do resultado obtido para o volume do tanque, e o regime de precipitações local, o armazenamento de água pode ser realizado para atender as seguintes situações:

- Suprir a demanda por alguns dias;
- Suprir a demanda por 1 a 2 meses;
- Suprir a demanda por 6 meses;
- Suprir a demanda do ano inteiro.

Dependendo do uso da água, estipulado pelo projetista, pode ser necessário utilizar elementos filtrantes integrados no sistema, a fim de alcançar a qualidade desejada.

A fim de armazenar a água com o mínimo possível de impurezas recomenda-se a utilização de dispositivos de filtragem antes que a água chegue no reservatório.

Dispositivos de descarte de primeira água (*first-flush systems*) agem desviando a primeira parte da água que cai sobre a cobertura, permitindo uma “lavagem” da superfície de coleta e descartando a água antes que ela possa chegar ao tanque de armazenamento. Grande parte da contaminação atmosférica e de superfície é carregada com os primeiros milímetros de precipitação. Recomenda-se que estes dispositivos funcionem de maneira automática e devam ter suas dimensões calculadas levando em conta o tamanho da superfície de coleta.

Uma regra geral para o volume de descarte de primeiras águas apresentada por Tomaz (2003), para o município de Guarulhos, é de 1 litro de água por metro quadrado de superfície de coleta. Apesar de existirem dispositivos de descarte à venda em lojas especializadas, pode-se confeccionar um dispositivo simples e eficaz com tubos e conexões padrão, disponíveis no mercado a um custo mais baixo. A ABNT recomenda lavagem mensal do dispositivo de descarte.

Antes que a água chegue ao reservatório principal é preciso remover os sólidos que não foram capturadas pelo descarte de primeiras águas, e para isso é utilizado um filtro que por meio de um material poroso, ou malha fina, impede a passagem de partículas menores. Idealmente a filtração deve ser realizada antes da água atingir o reservatório, evitando que a decomposição de matéria

orgânica e a deposição de poeira afete a qualidade da água armazenada. Estão disponíveis no mercado filtros autolimpantes específicos para águas pluviais, capazes de lidar com o grande volume de água e com os poluentes acumulados no decorrer do tempo, minimizando a necessidade de manutenção.

Mesmo após o descarte e a filtração, as águas da chuva podem conter partículas em suspensão. Sólidos mais densos que a água, decantam e se acumulam no fundo do reservatório, por isso é recomendada a instalação de um freio d'água que age impedindo que a água em queda atinja o fundo do reservatório, evitando que o material decantado retorne a ficar em suspensão. Partículas menos densas flutuam na superfície, e para evitar a extração das mesmas juntamente com a água a ser utilizada, pode-se adicionar uma mangueira flutuante que retira a água logo abaixo da superfície. Para remover as impurezas flutuantes é importante dimensionar o reservatório de modo que ao menos duas vezes por ano o mesmo transborde por um canal de extravasamento, limpando a superfície (SANT'ANA e MEDEIROS 2017).

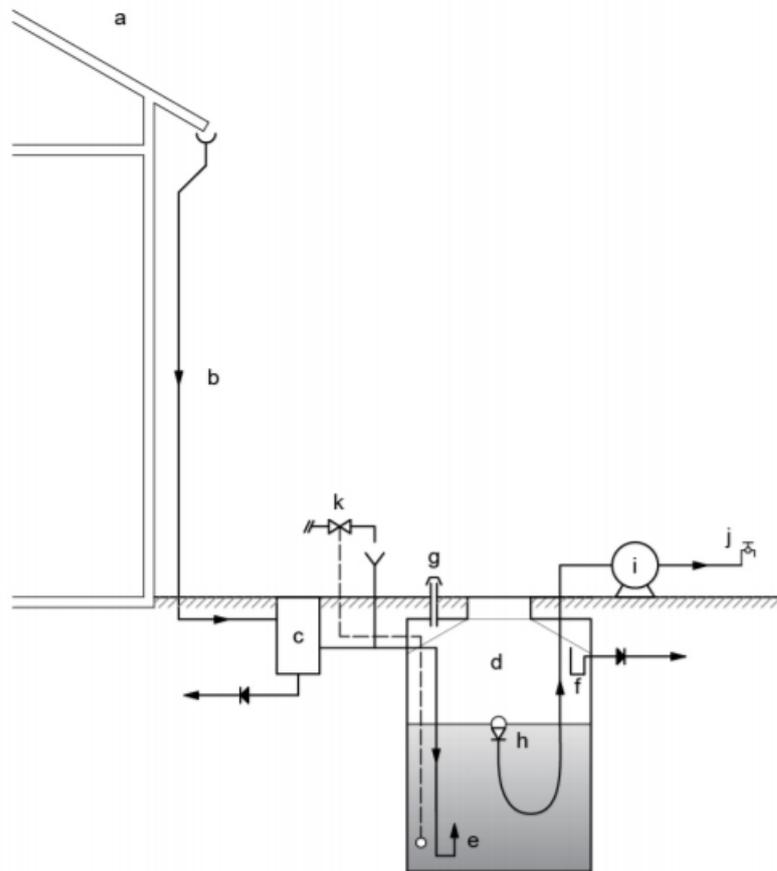
Os sistemas podem ser projetados de maneira isolada ou integrada aos sistemas já existentes em uma edificação, a ser determinado pelo projetista qual a forma mais adequada para cada situação. Em ambos os casos deve-se seguir as normas de instalação disponibilizadas na NBR 15527, 2007.

2.4.3 Sistemas isolados

Sistemas isolados de aproveitamento de água da chuva distribuem a água armazenada diretamente nos pontos de uso externo por meio de bombeamento, não havendo a necessidade de um reservatório elevado de distribuição. A simplicidade de sistemas isolados faz com que o custo seja relativamente baixo e seja de fácil adaptação em prédios já existentes. Porém, o sistema necessita de um dispositivo pressurizador que, dependendo do uso, pode representar o aumento nas despesas com energia. Por serem independentes e possuírem uma rede paralela de distribuição, os usos mais comuns atribuídos a sistemas isolados são: irrigação, lavagem de áreas e veículos e em elementos ornamentais, tais como fontes e espelhos d'água. A Figura 1 ilustra o

funcionamento de um sistema isolado de aproveitamento de água da chuva e seus componentes (SANT'ANA e MEDEIROS, 2017).

Figura 1. Sistema Isolado de coleta de água pluvial



(a) Captação (b) Rede coletora (c) Filtro (d) Cisterna (e) Freio d'água (f) Sifão-ladrão (g) Duto de ventilação (h) Mangueira flutuante (i) Bomba d'água (j) Rede de distribuição de Água não potável (k) Alimentação automática de água potável

A água de chuva captada pela cobertura (a), é transportada por uma rede coletora (b) e tratada inicialmente por um filtro ou dispositivo de descarte (c). Para garantir a qualidade da água armazenada na cisterna (d), recomenda-se o emprego de um freio d'água (e) para evitar o turbilhonamento de sedimentos decantados no fundo do reservatório e de um sifão-ladrão (f) instalado junto ao extravasor para limpeza da superfície da água. A instalação de um duto de ventilação (g) pode ser benéfico para preservar a qualidade da água armazenada, mas este deve ser protegido com tela de mosquiteiro para evitar a entrada de insetos no interior do reservatório. A extração da água é feita em seu ponto mais limpo, logo abaixo da superfície, por uma mangueira flutuante (h), podendo ter em si, um filtro fino antes de seu bombeamento (i) aos pontos de uso não potável (j).

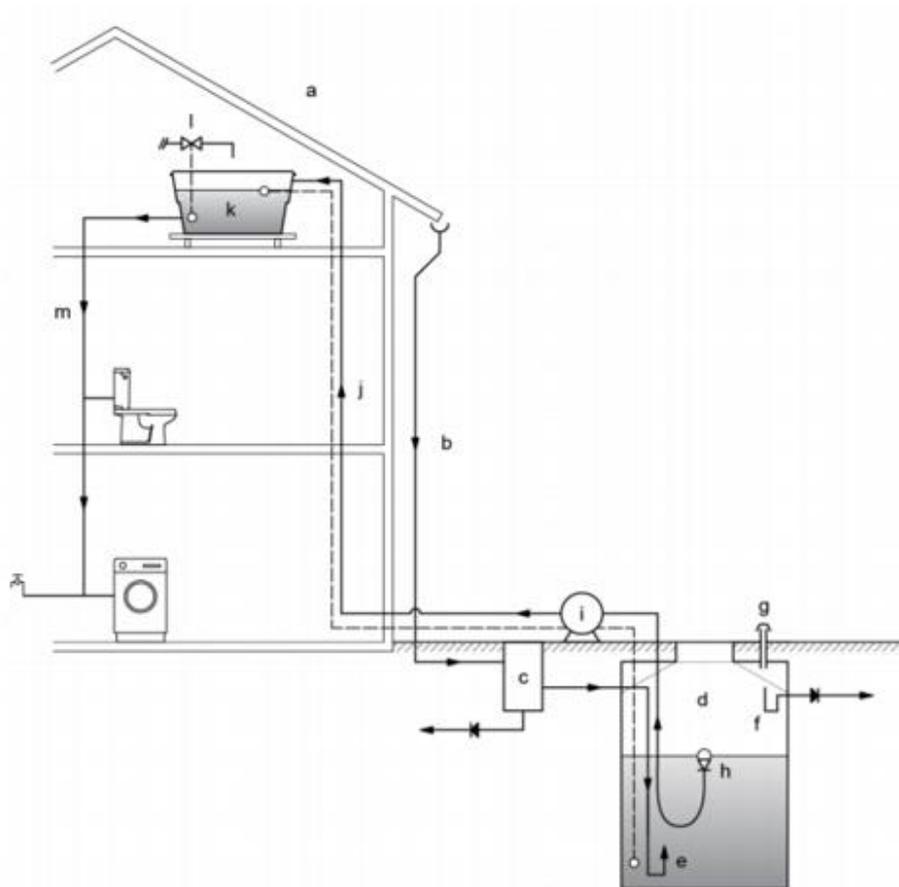
Fonte: Sant'Ana e Medeiros 2017

2.4.4 Sistemas integrados

Sistemas integrados de aproveitamento de águas pluviais geralmente distribuem a água coletada de forma indireta para os pontos de uso, por meio de um reservatório elevado. A água é tratada e armazenada no tanque principal e o próprio sistema realiza o recalque da água para um reservatório menor de

distribuição, normalmente localizado na cobertura do edifício. A distribuição da água pode ser feita por gravidade tanto para pontos internos como para pontos externos de uso. Sistemas integrados são mais indicados em casos de edificações ainda em construção, devido à complexidade das intervenções envolvidas na instalação. Por estarem integrados com os sistemas existentes na edificação, os usos da água são mais abrangentes dos que em sistemas isolados, incluindo recarga de bacias sanitárias, e lavagem de roupas.

Figura 2. Sistema integrado de coleta de água pluvial



(a) Captação (b) Rede coletora (c) Filtro (d) Cisterna (e) Freio d'água (f) Sifão-ladrão (g) Duto de ventilação (h) Mangueira flutuante (i) Bomba d'água (j) Recalque (k) Reservatório de distribuição (l) Alimentação automática de água potável (m) Rede de distribuição de água não potável

A água de chuva captada pela cobertura (a), é transportada por uma rede coletora (b) e tratada inicialmente por um filtro ou dispositivo de descarte (c). Para garantir a qualidade da água armazenada na cisterna (d), recomenda-se o emprego de um freio d'água (e) para evitar o turbilhonamento de sedimentos decantados no fundo do reservatório e de um sifão-ladrão (f) instalado junto ao extravasor para limpeza da superfície da água. A instalação de um duto de ventilação (g) pode ser benéfico para preservar a qualidade da água armazenada, mas este deve ser protegido com tela de mosquito para evitar a entrada de insetos no interior do reservatório. A extração da água é feita em seu ponto mais limpo, logo abaixo da superfície, por uma mangueira flutuante (h), podendo ter em si, um filtro fino para um polimento final da água. Uma bomba de água (i), faz o recalque (j) da água tratada para um reservatório de distribuição (k) que alimenta, por gravidade, pontos de uso não potável usando uma rede de distribuição independente (m), evitando conexão cruzada com a rede de água potável. Na falta de água pluvial, torna-se necessária a alimentação automática de água potável (l) da concessionária de forma segura para evitar a contaminação da rede potável.

Fonte: Sant'Ana e Medeiros, 2017.

2.4.5 Qualidade de águas pluviais

Apesar de ser considerada pura, a água de chuva pode conter impurezas que a tornam imprópria para o consumo humano. A qualidade da água de chuva pode não ser aceitável de acordo com os padrões de consumo humano, porém

pode ser usada para fins não potáveis, muitas vezes sem a necessidade de tratamento (GOULD e PETERSEN, 1999).

Os aspectos estéticos da água, como cor e cheiro afetam a aceitação do usuário, principalmente em se tratando de sistemas de abastecimento não convencionais, entretanto, a ausência de cor e cheiro não determinam se a água está livre de impurezas, tendo em vista que micro-organismos e substâncias inorgânicas só afetarão os aspectos físicos da água após algum tempo de retenção nos tanques de armazenamento (ANA; FIESP, 2005)

Durante os períodos de seca ocorre a deposição de sólidos na superfície de coleta, aumentando a concentração de agentes poluentes que a água pode dissolver e transportar (MAY, 2004). A contaminação microbiológica encontrada na água de chuva, é normalmente relacionada ao acúmulo de dejetos animais depositados durante o período de estiagem. Os excrementos de animais podem conter bactérias, fungos, vírus e protozoários potencialmente prejudiciais à saúde humana (SANT'ANA e MEDEIROS 2017).

A composição físico-química da água pode ser alterada por poluentes de diversas fontes, apresentando um risco de contaminação.

A retirada de sólidos suspensos da água melhora a qualidade da água, além de minimizar os custos com manutenção e lavagem da cisterna.

A água armazenada para uso posterior precisa passar por processos de desinfecção, que podem ser alcançados por meio da adição de cloro, aplicação de raios ultravioleta ou tratamento com ozônio dissolvido (ABNT NBR 15527, 2007). A eliminação dos microrganismos, por meio destes métodos, garante que a água mantenha a sua qualidade ao longo do tempo de armazenamento.

A ABNT estabelece padrões de qualidade de águas de aproveitamentos pluviais de acordo com o fim previsto, como apresentado na tabela 1:

Tabela 1. Parâmetros de qualidade da água para fins não potáveis

Parâmetro	Análise	Valor
Coliformes totais	Semestral	Ausência em 100 mL
Coliformes termotolerantes	Semestral	Ausência em 100 mL
Cloro residual livre ^a	Mensal	0,5 a 3,0 mg/L
Turbidez	Mensal	< 2,0 uT ^b , para usos menos restritivos < 5,0 uT
Cor aparente (caso não seja utilizado nenhum corante, ou antes, da sua utilização)	Mensal	< 15 uH ^c
Deve prever ajuste de pH para proteção das redes de distribuição, caso necessário	mensal	pH de 6,0 a 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado
NOTA 1 Podem ser usados outros processos de desinfecção além do cloro, como a aplicação de raio ultravioleta e aplicação de ozônio.		
^a No caso de serem utilizados compostos de cloro para desinfecção.		
^b uT é a unidade de turbidez.		
^c uH é a unidade Hazen.		

Fonte: ABNT, NBR 15.527, 2007

Por meio de testes de qualidade periódicos, é possível monitorar a qualidade da água armazenada. A periodicidade dos testes pode ser alterada de acordo com o uso final especificado para cada sistema, a fim de garantir a eficiência das medições. Em certos casos é possível a automação das medições e também do tratamento da água no reservatório, fazendo com que a manutenção seja menos trabalhosa.

3. Resultados

São descritos a seguir os resultados da pesquisa, que incluem as características construtivas, os dados relativos ao fluxo de pessoas e informações sobre o padrão de consumo de água do edifício, que serviram de base para a apresentação de considerações sobre o aproveitamento de águas pluviais no Pavilhão Anísio Teixeira (PAT).

3.1 Características construtivas

O Pavilhão Anísio Teixeira foi concebido com intuito de ampliar o número de salas de aula e descentralizar as atividades que eram desenvolvidas somente no ICC.

O fator norteador do projeto foi a economia de recursos, tendo em vista as dificuldades de orçamento que a universidade de Brasília enfrentava na época. Com as limitações de custo impostas pela reitoria da UnB, a edificação foi construída de maneira simples e que possibilitasse a flexibilização do espaço para diferentes usos.

Figura 3. Vista aérea do Pavilhão Anísio Teixeira



Fonte: Arquivo pessoal. Autor: Diogo Pires, 2017.

A estrutura do prédio foi projetada em aço, utilizando medidas que facilitassem o transporte e a confecção das peças por empresas locais,

novamente visando reduzir os custos da obra. As vigas longitudinais que compõem a estrutura do bloco servem também como calhas que captam, filtram e direcionam o escoamento de águas pluviais. Os pilares de aço em formato de H que apoiam as tesouras transversais do telhado acomodam e distribuem as instalações tanto de águas pluviais quanto de água potável. A água coletada pelo telhado é direcionada para canaletas aparentes dispostas de maneira longitudinal ao edifício e descartada no sistema de águas pluviais da cidade (PORTO, 2014).

O edifício possui duas áreas verdes gramadas que totalizam aproximadamente 5.500 m². O jardim costumava ser irrigado durante a seca, porém, devido à gravidade da situação hídrica no DF em 2017, a prefeitura do campus suspendeu a irrigação.

As instalações do prédio foram identificadas por meio de visita ao local. O abastecimento de água é feito a partir de um hidrômetro localizado próximo à pista de acesso ao estacionamento, ao sul do Pavilhão. Assim como alguns edifícios mais antigos do campus, o PAT não possui reservatório de água. O edifício conta com dois sanitários (masculino e feminino), um bebedouro, uma pia e torneiras externas. Durante as visitas pode-se observar que alguns equipamentos não possuem mecanismos de economia de água mais modernos, o que pode ocasionar desperdício.

As instalações das bacias sanitárias foram feitas usando um sistema de válvula de descarga simples que, quando bem regulado, pode liberar até 10L de água por descarga. Sistemas de válvula simples são geralmente encontrados em edificações mais antigas e podem apresentar um alto nível de desperdício se comparados com dispositivos modernos mais econômicos, que possuem válvulas de ação dupla. A diferença de gasto de água entre estes dispositivos pode chegar a 50%, dependendo do fabricante (FECOMERCIO, 2010). As torneiras do banheiro possuem dispositivos de fechamento automático que podem economizar até 20% em relação às convencionais. No banheiro masculino os mictórios também contam com um dispositivo de fechamento automático similar ao encontrado nas torneiras.

A distribuição de água é feita por um mesmo ramal, implicando que toda a água utilizada no edifício seja de qualidade superior à necessária para fins não potáveis.

A parede que acomoda as instalações hidráulicas dos banheiros é constituída por painéis removíveis, que permitem o acesso para manutenção, facilitando a adição de um ramal de água não potável, que serviria para alimentar a descarga das bacias sanitárias, e uma torneira para limpeza.

3.2 Fluxo de pessoas

O edifício abriga aulas de diversos departamentos da UnB e a secretaria do ProIC (Projeto de Iniciação Científica). O fluxo de pessoas no edifício é dinâmico e ocorre durante os turnos da manhã, tarde e noite. Geralmente o tempo de permanência no prédio é curto, cerca de 2 horas, e a rotatividade de usuários é grande. De acordo com a SECOM – UnB o fluxo de alunos pode chegar a aproximadamente 600 alunos por dia.

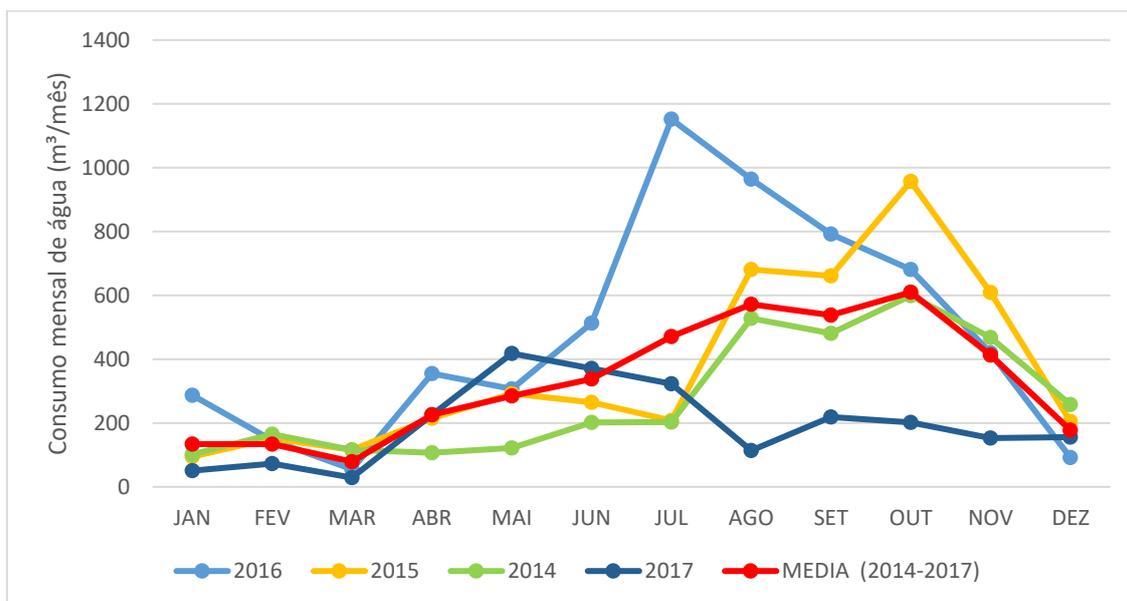
Em um edifício com uma dinâmica de fluxo de pessoas tão intensa é difícil contabilizar com precisão a quantidade de água que pode ser atribuída a cada uso, porém, pode-se calcular a média de litros de água per capita total. Para tal divide-se o consumo médio diário de água do edifício, pela quantidade de usuários, obtendo-se um valor em L /dia /pessoa.

3.3 Padrão de consumo de água

O edifício consome, em média, 3,9 milhões de litros de água por ano, ou 331 metros cúbicos por mês.

Foi possível constatar grande variação na demanda de água entre o primeiro e segundo semestres. Considerando os anos de 2014 a 2016, a demanda de água no segundo semestre foi 184% maior que no primeiro semestre. Em 2017, quando a crise hídrica no Distrito Federal motivou a redução significativa do consumo de água para irrigação e lavagem de pisos, não houve diferença significativa entre a demanda de água no primeiro e no segundo semestres.

Gráfico 1. Consumo predial mensal de água do PAT entre 2014 e 2017

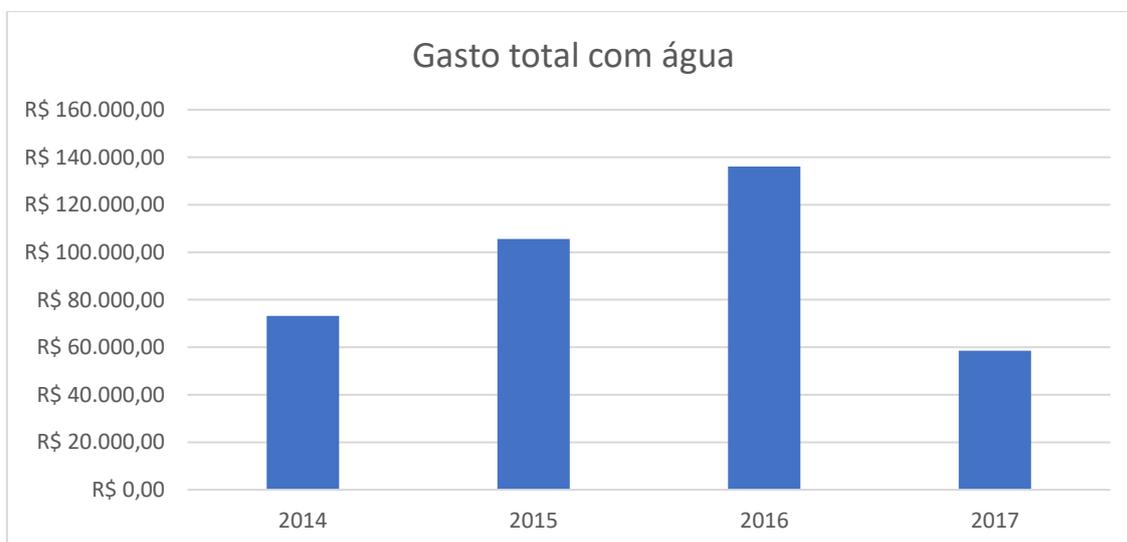


Entre 2014 e 2016 foi possível observar que o consumo de água no PAT aumentou, em média, 31% ao ano, enquanto a tarifa cobrada pela companhia de água e esgoto também aumentou, em média, 13% ao ano.

Apesar do aumento no valor das tarifas em 2017, o volume de água consumido no PAT foi 59% menor que no ano anterior, proporcionando redução nas despesas relativas aos serviços de água e esgoto.

O Gráfico 2 apresenta as despesas anuais com água no PAT corrigidas pelo Índice Geral de Preços de Mercado (IGP-M) acumulado até 12/2017.

Gráfico 2. Despesas anuais com serviços de água e esgoto no PAT



3.3.1 Indicadores de consumo

Os indicadores de consumo foram calculados com base no consumo médio diário (CMD), correspondente ao consumo médio anual (CMA) dividido por 365 dias.

$$CMD = \frac{3.976.375 \text{ litros}}{365 \text{ dias}} = 10.894 \text{ litros/dia}$$

O índice de consumo diário por unidade de área (CA) foi calculado pela razão entre o consumo médio diário (CMD) e a área construída (AC):

$$CA = \frac{CMD}{AC} = \frac{10.894 \text{ litros/dia}}{2800 \text{ m}^2} = 3,9 \text{ litros/m}^2$$

Para o cálculo do consumo diário per capita (CP), o número de pessoas (P) foi multiplicado por um fator de ajuste, correspondente à razão entre o número de dias úteis (DU) e o número total de dias em um ano (D).

$$CP = \frac{CMD}{P \cdot (DU/D)} = \frac{10.894 \text{ litros/dia}}{550 \text{ pessoas/dia} \cdot \left(\frac{262}{365}\right)} = 27,6 \text{ litros/pessoa}$$

Levando em consideração a diferença percebida no consumo de água no ano de 2017, em que não houve utilização de água para irrigação, foram calculados valores de consumo per capita separadamente para este ano, a fim de comparar os valores obtidos com a média dos anos de 2014-2017. O valor obtido foi de 8,3 litros/pessoa que é cerca de 70% menor se comparado com a média analisada para os anos anteriores.

3.4 Aproveitamento de águas pluviais

Nesse tópico são apresentadas considerações sobre a captação, tratamento, reservatórios, distribuição e usos finais de águas pluviais no Pavilhão Anísio Teixeira.

3.4.1 Captação

Com 28 metros de largura e 100 metros de comprimento de cobertura em telhas de aço corrugado, a área de captação totaliza 2.800 metros quadrados.

Figura 4. Área de captação



Fonte: Google Earth, 2017.

Os elementos de condução de água foram projetados em conjunto com a estrutura, durante a concepção do edifício. A água é coletada na superfície do telhado, passa por uma malha de aço fina instalada sobre a calha, e é direcionada pelos condutores para duas canaletas de piso com grelha, instaladas, uma de cada lado, na direção longitudinal do edifício.

Atualmente, as canaletas direcionam a água para a rede pública de águas pluviais. Para permitir o aproveitamento de água da chuva, é necessário construir um desvio, de modo a canalizar a água para um filtro, e em seguida para um reservatório.

Como forma de minimizar a contaminação da água na canaleta, sugere-se a instalação de tubos e conexões ao longo das canaletas até o dispositivo de tratamento (filtro).

3.4.2 Tratamento

Podem ser encontrados no mercado diversos modelos de filtros para o aproveitamento de água da chuva. As especificações de cada filtro variam de acordo com cada fabricante. Alguns filtros comercialmente disponíveis eliminam a necessidade de um dispositivo de descarte das primeiras águas, por possuírem o mesmo embutido no próprio equipamento.

O filtro VF 12, produzido desenvolvido pela empresa 3P Technik e comercializado no Brasil, possui características compatíveis com o Pavilhão Anísio Teixeira. O modelo apresenta elementos de filtração por cascata e tela (malhas de 0,39mm a 0,98mm) e encaminha as impurezas para descarte na rede pública. O sistema de filtro é autolimpante e tem a capacidade de filtrar volumes de água referentes a áreas de coleta de até 3000m² (ACQUASAVE, 2017).

Figura 5. Filtro VF12 da 3PTechnik



Fonte: 3Ptechnik.

Além de filtrada a água deve passar por um processo de desinfecção que pode ser feita a partir da adição periódica de pastilhas de cloro diretamente no reservatório, observando os valores recomendados pela norma brasileira.

3.4.3 Reservatórios

Para o dimensionamento dos reservatórios de águas pluviais, foram considerados três cenários onde a demanda para usos não potáveis varia entre 50%, 65% e 80% do consumo médio mensal registrado nos hidrômetros no período que compreende os anos de 2014 a 2017.

Em virtude da grande diferença encontrada nos padrões de consumo em 2017, optou-se por analisar um balanço deste ano separadamente, apresentado na tabela 5.

Tabela 2. Balanço do potencial de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis no Pavilhão Anísio Teixeira considerando que 50% da água consumida é para uso não potável total do edifício.

Meses	Precipitação média mensala (mm)	Consumo mensal de água não potável 50% ^b (m ³)	Volume potencial de água captada no telhadoc (m ³)	Volume do reservatório instalado (m ³)	Armazenamento do reservatório no fim do mês (m ³)	Volume de água da chuva - não aproveitadod (m ³)	Água potável utilizada para fins não potáveis (m ³)
Jan.	210	67	530	10	10	453	0
Fev.	165	67	415	10	10	348	0
Mar.	190	40	478	10	10	439	0
Abr.	99	113	249	10	10	136	0
Mai.	27	142	69	10	0	0	63
Jun.	5	169	14	10	0	0	155
Jul.	4	236	11	10	0	0	225
Ago.	14	286	35	10	0	0	251
Set.	40	269	100	10	0	0	169
Out.	138	305	348	10	10	33	0
Nov.	223	206	563	10	10	357	0
Dez.	226	89	570	10	10	481	0
Total	1342	1988	3382			2247	863

^a Média histórica de precipitação registrada no pluviômetro da ETE Norte; ^b Valor médio estimado referente a 50% do consumo de água para uso não potável em cada mês (média 2014 – 2017); ^c Volume potencial total que pode ser coletado em toda a superfície do PAT; ^d Volume de água da chuva que não é aproveitado durante cada mês; ^e Volume referente à quantidade de água potável proveniente da rede pública de abastecimento que seria utilizado a cada mês.

Tabela 3. Balanço do potencial de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis no Pavilhão Anísio Teixeira considerando que 65% da água consumida é para uso não potável total do edifício.

Meses	Precipitação média mensala (mm)	Consumo mensal de água não potável 65% ^b (m ³)	Volume potencial de água captada no telhadoc (m ³)	Volume do reservatório instalado (m ³)	Armazenamento do reservatório no fim do mês (m ³)	Volume de água da chuva - não aproveitadod (m ³)	Água potável utilizada para fins não potáveis (m ³)
Jan.	210	87	530	10	10	433	0
Fev.	165	87	415	10	10	328	0
Mar.	190	51	478	10	10	427	0
Abr.	99	147	249	10	10	102	0
Mai.	27	185	69	10	0	0	106
Jun.	5	219	14	10	0	0	205
Jul.	4	306	11	10	0	0	295
Ago.	14	372	35	10	0	0	337
Set.	40	350	100	10	0	0	250
Out.	138	396	348	10	0	0	48
Nov.	223	268	563	10	10	285	0
Dez.	226	116	570	10	10	454	0
Total	1342	2584	3382			2029	1241

^a Média histórica de precipitação registrada no pluviômetro da ETE Norte; ^b Valor médio estimado referente a 65% do consumo de água para uso não potável em cada mês (média 2014 – 2017); ^c Volume potencial total que pode ser coletado em toda a superfície do PAT; ^d Volume de água da chuva que não é aproveitado durante cada mês; ^e Volume referente à quantidade de água potável proveniente da rede pública de abastecimento que seria utilizado a cada mês.

Tabela 4. Balanço do potencial de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis no Pavilhão Anísio Teixeira considerando que 80% da água consumida é para uso não potável total do edifício.

Meses	Precipitação média mensala (mm)	Consumo mensal de água não potável 80% ^b (m ³)	Volume potencial de água captada no telhadoc (m ³)	Volume do reservatório instalado (m ³)	Armazenamento do reservatório no fim do mês (m ³)	Volume de água da chuva - não aproveitadod (m ³)	Água potável utilizada para fins não potáveis e (m ³)
Jan.	210	107	530	10	10	413	0
Fev.	165	107	415	10	10	308	0
Mar.	190	63	478	10	10	415	0
Abr.	99	181	249	10	10	68	0
Mai.	27	228	69	10	0	0	149
Jun.	5	270	14	10	0	0	256
Jul.	4	377	11	10	0	0	366
Ago.	14	457	35	10	0	0	422
Set.	40	431	100	10	0	0	331
Out.	138	488	348	10	0	0	140
Nov.	223	330	563	10	10	223	0
Dez.	226	142	570	10	10	428	0
Total	1342	3181	3382			1855	1664

^a Média histórica de precipitação registrada no pluviômetro da ETE Norte; ^b Valor médio estimado referente a 80% do consumo de água para uso não potável em cada mês (média 2014 – 2017); ^c Volume potencial total que pode ser coletado em toda a superfície do PAT; ^d Volume de água da chuva que não é aproveitado durante cada mês; ^e Volume referente à quantidade de água potável proveniente da rede pública de abastecimento que seria utilizado a cada mês.

Tabela 5. Balanço do potencial de aproveitamento de águas pluviais para fins não potáveis no Pavilhão Anísio Teixeira considerando que 65% da água consumida é para uso não potável total do edifício no ano de 2017.

Meses	Precipitação média mensal ^a (mm)	Consumo mensal de água não potável 65% ^b (m ³)	Volume potencial de água captada no telhado ^c (m ³)	Volume do reservatório instalado (m ³)	Armazenamento do reservatório no fim do mês (m ³)	Volume de água da chuva - não aproveitado ^d (m ³)	Água potável utilizada para fins não potáveis ^e (m ³)
Jan.	210	33	530	10	10	487	0
Fev.	165	47	415	10	10	368	0
Mar.	190	19	478	10	10	459	0
Abr.	99	147	249	10	10	102	0
Mai.	27	272	69	10	0	0	193
Jun.	5	241	14	10	0	0	227
Jul.	4	210	11	10	0	0	199
Ago.	14	74	35	10	0	0	39
Set.	40	142	100	10	0	0	42
Out.	138	131	348	10	10	207	0
Nov.	223	99	563	10	10	464	0
Dez.	226	101	570	10	10	469	0
Total	1342	1517	3382			2555	700

^a Média histórica de precipitação registrada no pluviômetro da ETE Norte; ^b Valor médio estimado referente a 65% do consumo de água para uso não potável em cada mês (média 2014 – 2017); ^c Volume potencial total que pode ser coletado em toda a superfície do PAT; ^d Volume de água da chuva que não é aproveitado durante cada mês; ^e Volume referente à quantidade de água potável proveniente da rede pública de abastecimento que seria utilizado a cada mês.

Os resultados obtidos com a aplicação do método da simulação mostram que, para abastecer os vasos sanitários e torneiras de uso geral somente com água da chuva, seriam necessários reservatórios com capacidade para 897 m³, 1310 m³ e 1732 m³, para os casos em que a demanda de água para usos finais corresponde a 50%, 65% e 80% do consumo predial médio dos anos de 2014 à 2017.

Pode-se verificar nas tabelas 2, 3 e 4 que um reservatório de 10 m³ é capaz de atender, em média, a 50,3% da demanda para fins não potáveis, o que corresponde a 1.281,4 m³ de água por ano. Também foi possível constatar que um reservatório com o dobro da capacidade ofereceria potencial de aproveitamento 0,8% maior, enquanto reservatórios com 100 m³ possibilitariam uma economia de água 6,1% maior.

Na tabela 5 pode-se observar que a redução no consumo de água identificada no ano de 2017 não promove grandes alterações na eficiência do

sistema, porém, diminui de maneira significativa o volume de água potável utilizado para fins não potáveis em relação à média dos anos de 2014 a 2017.

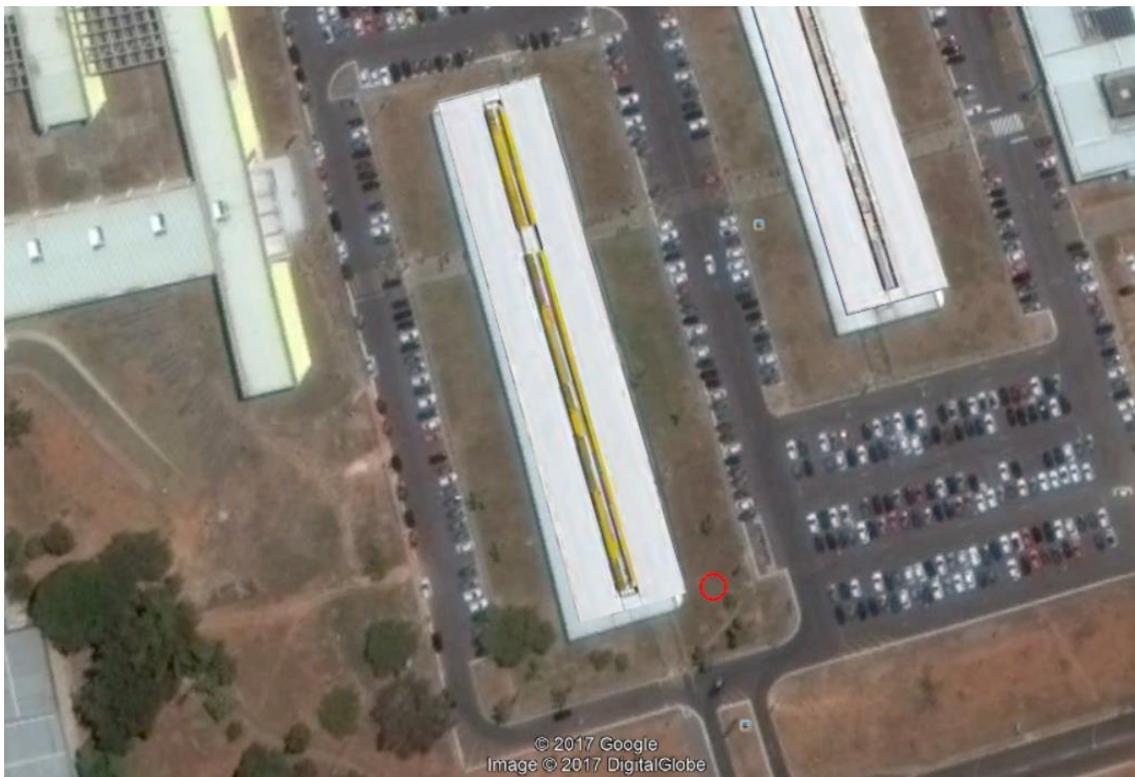
O sistema está sujeito a inconstância pluviométrica da região, o que faz com que o desempenho do sistema varie durante as estações. Mesmo estando sujeito as variações pluviométricas existe um grande potencial de economia de água.

O PAT é rodeado por canteiros gramados que totalizam aproximadamente 5.500 m². Essa área é mais do que o suficiente para a instalação dos reservatórios para águas pluviais.

Para buscar as alternativas mais vantajosas para a localização dos reservatórios foram considerados o aproveitamento das instalações já existentes no edifício e os impactos na paisagem nas imediações do Pavilhão Anísio Teixeira.

Com base nas considerações anteriores, sugere-se a instalação de reservatório subterrâneo com capacidade de 10m³, indicado na Figura 6 localizado na extremidade sul do edifício, localização privilegiada pela topografia local e pela proximidade com a rede pública e instalações prediais de águas pluviais.

Figura 6. Localização sugerida para reservatórios de águas pluviais no PAT



Fonte: Google Earth, 2017.

Os reservatórios podem ser construídos no local, com alvenaria e/ou concreto armado, ou pré-fabricados, em fibra de vidro reforçada ou polietileno de alta densidade (PEAD). Existem no mercado diversos modelos de cisterna para armazenamento de águas pluviais. Como exemplo, apresenta-se um modelo pré-fabricado em PEAD com capacidade de 10.000 litros, com 316 cm de altura e diâmetro de 222 cm, que atenderia à aproximadamente 50% da demanda de água para fins não potáveis do Pavilhão Anísio Teixeira e pode ser instalada enterrada. A adoção de um reservatório como o do exemplo permite a ampliação do sistema de armazenamento caso seja necessário no futuro.

3.4.4 Distribuição e usos finais

A água da chuva armazenada nos reservatórios pode ser distribuída diretamente aos pontos de consumo, ou de forma indireta, por gravidade, com a utilização de um reservatório superior.

Considerando a utilização da água para descarga em vasos sanitários, a distribuição direta com utilização de bomba automatizada (controlada por pressostato) apresenta as desvantagens de um custo maior dos equipamentos de bombeamento e a impossibilidade de utilização da água em caso de falta de energia.

Por outro lado, observou-se a disponibilidade de espaço para instalação de reservatórios superiores na cobertura do edifício. Nessas condições, a água armazenada no reservatório principal, enterrado, pode ser bombeada para caixas de distribuição menores, localizadas na cobertura, e em seguida, ser distribuída por gravidade até os pontos de uso.

No entanto, é importante verificar se a estrutura é capaz de suportar a carga adicional dos reservatórios. A fim de aliviar o peso sobre a estrutura do prédio, recomenda-se a instalação dois ou mais reservatórios superiores, distribuídos na cobertura do edifício.

Em relação aos equipamentos de recalque, estão disponíveis no mercado diversos tipos de bombas. A princípio, os modelos de bombas submersas são mais adequados para o projeto, pois permitem que o componente fique protegido dentro do reservatório, não havendo a necessidade de se construir uma casa de máquinas ao lado da cisterna e evitando problemas de vandalismo.

Não são permitidas conexões cruzadas entre as instalações de água potável e não potável. Portanto, sugere-se que a adaptação do prédio para o aproveitamento de águas pluviais consista na instalação de novas tubulações destinadas a atender somente os vasos sanitários e torneiras de uso geral, que totalizam 17 pontos de uso: seis torneiras de uso externo, nove descargas sanitárias e duas torneiras internas de limpeza.

Os pontos de utilização de água da chuva devem ser identificados por uma placa que especifica que o recurso não é potável. Recomenda-se a utilização de torneiras com trava de segurança, para prevenir o uso indevido.

4. Conclusão

Sistemas de aproveitamento de águas pluviais tem o potencial de aliviar a pressão sobre os mananciais da rede pública de distribuição, fazendo com que o sistema público seja complementado pelo próprio edifício e promovendo mais autonomia e segurança, com um abastecimento descentralizado.

Pode-se observar nos dados de consumo nos anos de 2014 - 2016 apresentados que o pavilhão possui uma grande demanda anual por água, cerca de 3,9 milhões de litros, e varia consideravelmente ao longo do ano, sendo que, em média, o consumo no segundo semestre é 184% maior que no primeiro semestre. No ano de 2017 em que a irrigação foi suspensa, a variação do consumo entre os dois semestres foi de apenas 1m³.

A crescente demanda por água potável provinda do abastecimento público acarreta grandes despesas aos cofres da universidade, e promove o desperdício de água em fins que não necessitam desse nível de qualidade.

Verificou-se que nos anos de 2014 - 2016, em média, houve aumento na demanda por água igual a 31% ao ano, acompanhado pelo aumento das despesas com serviços de abastecimento e tratamento de esgoto. Em 2017 pode-se identificar uma redução significativa no consumo do edifício, concentrada principalmente no período de seca, devido a suspensão da irrigação dos jardins.

Apesar de não ter sido possível contabilizar a demanda por água não potável especificamente, baseando-se em estudos realizados em edificações similares, estima-se que grande parte da demanda atual por água não exija atendimento aos padrões de potabilidade, e, conseqüentemente, pode ser atendida por um sistema de aproveitamento de águas pluviais.

Após análise dos componentes construtivos do edifício, pode-se dizer que a implementação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais pode ser realizada de forma fácil e pouco invasiva, e ainda promover economias significativas de água.

Verificou-se que um sistema de aproveitamento de águas pluviais instalado no Pavilhão Anísio Teixeira teria o potencial de atender em média a cerca de 50% da demanda por água não potável estimada durante o ano. Um sistema não é capaz de suprir toda a demanda por água não potável do edifício.

No entanto, em todos os cenários projetados, a economia de água nos períodos chuvosos é relevante, e pode promover redução significativa na demanda por água potável proveniente da rede pública de abastecimento, além de favorecer a segurança hídrica no cenário atual de escassez.

A grande diferença observada no consumo anual em 2017 pode ser atribuída a mudanças de hábitos de consumo e pode servir de estímulo para adoção de mais medidas que ajudem a mitigar os efeitos da crise hídrica. Verificou-se que, se mantido o padrão de consumo de 2017 para os anos subsequentes a economia de água alcançada por um sistema de 10m³ seria em média 29% do consumo total de água no edifício.

Não foi abordado no trabalho o custo de implementação e manutenção do sistema de aproveitamento de águas pluviais, porém o trabalho pode servir de base para estudos futuros mais aprofundados do tema.

O aproveitamento de águas pluviais não é a única alternativa para complementar o abastecimento público, nem exclui outras estratégias de uso racional da água, como adoção de dispositivos economizadores, políticas de conscientização e adoção de paisagismo com espécies nativas, mais adaptadas ao clima local, com menor demanda de água para irrigação. A manutenção e/ou substituição de equipamentos antiquados e obsoletos que compõem o sistema hidráulico do edifício também podem contribuir para evitar o desperdício de água.

5. Referências

3P TECHNIK. Manual de instalação do filtro VF12. Brasil, 2017 Disponível em: http://acguasave.com.br/wp-content/uploads/2016/04/Manual_VF12.pdf

Acessado em: 20/11/2017

ABNT, NBR. 15527: Água de chuva—aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis—Requisitos. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS Rio de Janeiro, 2007.

ABNT, NBR. 5626: “Instalação predial de água fria”. Rio de Janeiro, 1998.

ACQUALIMP. Características da cisterna subterrânea 10m³, Brasil 2017.

Disponível em: <http://www.acqualimp.com/produto/cisterna-acqualimp/>

Acessado em: 20/11/2017

ANA, Fiesp. SindusCon-SP. Conservação e Reúso de água em Edificações. São Paulo, 2005.

Auditoria operacional na gestão de recursos hídricos do Distrito Federal: relatório/Cons. Relator: Manoel Paulo de Andrade Neto. Brasília, 2013.

BRASIL. Atlas; DE ÁGUA, Abastecimento Urbano. Agência Nacional de Águas. Resultados por Estado. Agência Nacional de Águas, v. 2, 2010.

BRASIL. Lei 512, de 28 de julho de 1993. Política de Recursos Hídricos no Distrito Federal.

BRASIL. Resolução ADASA Nº 15, de 16 DE setembro de 2016. Disponível em: https://www.caesb.df.gov.br/images/seca_DF/Resolucao15_2016.pdf

Acessado em: 20/11/2017

BRASIL. Resolução ADASA Nº. 20 de 07 DE novembro de 2016. Disponível em: https://www.caesb.df.gov.br/images/seca_DF/ResAdasa20_2016.pdf

Acessado em: 20/11/2017

BUTLER, D.; MENON, F. A. Water demand management. Londres, 2006.

CAESB. Companhia de saneamento e ambiental do Distrito Federal.

Informações sobre a crise hídrica no Distrito Federal, 2017. Disponível em:

<https://www.caesb.df.gov.br/8-portal/noticias/550-informacoes-referentes-a-crise-hidrica-no-distrito-federal.html> Acessado em: 20/11/2017

CAESB. Companhia de saneamento e ambiental do Distrito Federal. Tarifas e Preços. 2017 Disponível em: <https://www.caesb.df.gov.br/tarifas-e-precos.html> Acessado em: 20/11/2017

FECOMERCIO. O uso racional de água no comercio. São Paulo 2010.

Disponível em

http://www.fecomercio.com.br/arquivos/arquivo/Cartilha_Agua_n3mqcba0aa.pdf
Acessado em: 20/11/2017

GOULD, J.; PETERSEN, E. Rainwater Catchment Systems for Domestic Supply: Design, Construction and Implementation. 1999

KAMMERS, P. GHISI, E. Usos finais de água em edifícios públicos localizados em Florianópolis, SC. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 75-90, 2006.

MAY, S. Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações. 2004. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

NAKAGAWA, A. Caracterização do Consumo de Água em Prédios Universitários: o Caso da UFBA. Salvador, 2008.

PEREIRA, M. Análise de viabilidade técnica de sistemas de aproveitamento e reuso de água em edifícios de escritórios no Distrito Federal. Brasília, DF. 2017

PORTO, C. Pavilhão Anísio Teixeira. A Paranoá mudou de endereço-
<http://periodicos.unb.br/index.php/paranoa>, n. 1, p. 57-70, 2014.

RAMOS, A. M.; DOS SANTOS, L. A.; FORTES, L. T. (Ed.). Normais climatológicas do Brasil, 1961-1990. Instituto Nacional de Meteorologia-INMET, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento-MAPA, 2009. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=clima/normaisclimatologicas>
Acessado em: 20/11/2017

SANT'ANA, D. A social-technical study of water consumption. Oxford. 2011

SANT'ANA, D.; MEDEIROS, L. Aproveitamento de Águas Pluviais e Reúso de Águas Cinzas em Edificações. Brasília, DF, 2017

SOARES, D. A. F.; ROESNER, L. A.; GONÇALVES, O. M. Sizing a rainwater reservoir to assist toilet flushing. In: Proceedings of the CIB W62 Seminar. 2000.

TOMAZ, P. Previsão de consumo de água: interface das instalações prediais de água e esgoto com os serviços públicos. Navegar, 2000.

UnB tem déficit de R\$ 100 milhões e prevê 'dificuldades' em setembro, diz reitora. G1. Disponível em: <https://g1.globo.com/distrito-federal/noticia/unb-tem-deficit-de-r-100-milhoes-e-preve-dificuldades-com-contas-em-setembro-diz-reitora.ghtml> Acessado em: 20/11/2017

VON SPERLING, M. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Editora UFMG, 1996.

MAGALHÃES, L. Automação e controle em sistema de aproveitamento de água de chuva para fins não potáveis. UniCeub, 2011 Acessado em: 06/01/2018

<http://www.repositorio.uniceub.br/bitstream/123456789/3285/2/20218432.pdf>

CAESB. Companhia de saneamento e ambiental do Distrito Federal. Dados do pluviômetro da ETE Norte. Acessado em: 06/01/2018

<https://atlas.caesb.df.gov.br/Hidrometeorologia/Relatorios/#!/mensal/pluviometria/1547009>