



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO
PRÓ-REITORIA DE GRADUAÇÃO
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA
CURSO BACHARELADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA

LUCAS DASSAEV MARINHO DE FREITAS

**APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA USO EM UMA CHÁCARA NA
ZONA RURAL DE APODI-RN**

CARAÚBAS

2022

LUCAS DASSAEV MARINHO DE FREITAS

**APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA USO EM UMA
CHÁCARA NA ZONA RURAL DE APODI-RN**

Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Semiárido como requisito para obtenção do título de Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Orientadora: Profa. Ma. Márcia Yara de Oliveira Silva - UFERSA

CARAÚBAS

2022

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

M862a Marinho de Freitas, Lucas Dassaev.
APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA USO EM
UMA CHÁCARA NA ZONA RURAL DE APODI-RN / Lucas
Dassaev Marinho de Freitas. - 2022.
51 f. : il.

Orientadora: Márcia Yara Oliveira Silva.
Monografia (graduação) - Universidade Federal
Rural do Semiárido, Curso de Ciência e
Tecnologia, 2022.

1. águas pluviais. 2. captação de água da
chuva. 3. Semiárido. I. Oliveira Silva,
Márcia Yara, orient. II. Título.

Ficha catalográfica elaborada por sistema gerador automático em conformidade com AACR2 e os
dados fornecidos pelo autor(a).

Biblioteca Campus Caraúbas Bibliotecária: Dalvanira
Brito Rodrigues CRB: 15/700

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Biblioteca da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

LUCAS DASSAEV MARINHO DE FREITAS

**APROVEITAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS PARA USO EM UMA
CHÁCARA NA ZONA RURAL DE APODI-RN**

Monografia apresentada à Universidade
Federal Rural do Semi-Árido como
requisito para obtenção do título de
Bacharel em Ciência e Tecnologia.

Defendida em: 13 / 06 / 2022.

BANCA EXAMINADORA

MARCIA YARA DE OLIVEIRA SILVA
Assinado digitalmente por
MARCIA YARA DE OLIVEIRA
SILVA: 85103363-777
Foxit PDF Reader Versão:
11.2.2

Prof.^a Ma. Márcia Yara de Oliveira Silva (UFERSA)
Presidente

Rokátia Lorrany
Nogueira
Assinado de forma digital
por Rokátia Lorrany
Nogueira Marinho
Data: 2022.06.20 10:38:15

Marinho
-03'00'
Prof.^a
Esp. Rokátia Lorrany Nogueira Marinho (UFERSA)
Membra Examinadora



Documento assinado digitalmente
THAYNON BRENDON PINTO NORONHA
Data: 21/06/2022 09:59:53-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Me. Thaynon Brendon Pinto Noronha (UFERSA)
Membro Examinador

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus por ter dado essa oportunidade e coragem para superar os desafios.

À minha família, principalmente a minha mãe e vó Arlete, por não deixar eu desistir.

Agradeço também a Doriedson e Isadora, pelo apoio na construção desse TCC.

Agradeço à Orientadora pela condução, paciência e excelentes contribuições para a elaboração desse trabalho.

Agradeço à Banca Examinadora pela leitura atenta e excelentes contribuições para a melhoria desse trabalho.

RESUMO

Os sistemas de captação e aproveitamento de águas pluviais são dispositivos importantes para atenuar a escassez de água e diminuir o consumo de água potável. O presente trabalho tem como objetivo principal desenvolver um projeto de aproveitamento de águas pluviais em uma chácara na zona rural do município de Apodi-RN. Esta pesquisa tem como método o estudo de caso envolvendo o processo de elaboração de um projeto de captação de águas pluviais por meio de telhado em uma residência unifamiliar situada na comunidade rural de Apodi-RN, para fins de irrigação de plantas. Os procedimentos empregados seguiram o passo a passo da norma NBR-10844/1989 para elaboração do projeto de captação águas pluviais, em ordem: análise do regime pluviométrico, dimensionamento dos componentes hidráulicos (vazão, área de contribuição, calhas, condutores e reservatório). Com o desenvolvimento desse sistema de coleta e armazenamento da água de chuva, contribuiu-se para ampliar a disponibilidade de água na residência ao longo do ano, com utilização direta para irrigação de plantas.

Palavras-chave: captação de águas pluviais; semiárido; edificação rural.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquemas para cálculos de áreas de contribuição de vazão.....	19
Figura 2 - Seções de calhas mais usuais.	20
Figura 3 - Município de Apodi-RN.	25
Figura 4 - Planta baixa.....	25
Figura 5 - Planta de cobertura.....	26
Figura 6 - Fachadas.....	26
Figura 7 - Condição de chuvas para os meses de abril, maio e junho de 2017.	27
Figura 8 - Banco de dados da Hidroweb/ANA. Estação Apodi, 537029.	30
Figura 9 - Área de contribuição.	31
Figura 10 - Área máxima de cobertura para condutores verticais de seção circular.....	33
Figura 11 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular.....	35
Figura 12 - Intensidade pluviométrica do município de Apodi-RN.....	36
Figura 13 - Projeto final da cobertura.....	39
Figura 14 - Projeto final das fachadas.	40
Figura 15 - Planta baixa com projeto de aproveitamento de água completa.....	42

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Cálculo das áreas de contribuição para as calhas.....	37
Tabela 2 - Cálculo para área de contribuição dos condutores.....	38
Tabela 3 – Resultados obtidos.....	41

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
2	OBJETIVOS	14
2.1	Objetivo geral.	14
2.2	Objetivos específicos.	14
3	REFERENCIAL TEORICO.	15
3.1	Semiárido brasileiro e escassez de água	15
3.2	Formas alternativas de captação de águas pluviais.....	16
3.3	Procedimentos da técnica de dimensionamento.	18
3.4	Sistemas de irrigação convencionais.	21
4	METODOLOGIA.....	24
4.1	Área de estudo.	24
4.2	Software AutoCAD	28
4.3	Componentes hidráulicos para o dimensionamento	29
4.4	Irrigação por gotejamento.....	35
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
7	REFERÊNCIAS.....	44
8	APÊNDICES	47

1 INTRODUÇÃO

A água é evidentemente o recurso natural mais importante para a sobrevivência e desenvolvimento da humanidade. É notório que campanhas de conscientização sobre a importância da água e o seu consumo ampliaram consideravelmente nos últimos tempos, tendo em vista problemas de escassez de água. Mas o descaso com esse recurso persiste e preocupa e, por isso, é importante medidas para minimizar o seu consumo excessivo.

Uma das alternativas para minimizar os efeitos do consumo excessivo de água e consequentemente, amenizar a sua escassez, é o reaproveitamento de águas pluviais. Muitas vezes, a escassez é ocasionada por longas secas, até mesmo em lugares não muito comuns como sudeste e sul do Brasil. (CARVALHO *et.al.*, 2020).

Quando falamos de região Nordeste, os períodos de estiagens são mais comuns. A carência de água é um problema recorrente no Nordeste, agravado não só pela falta de chuva, mas também pelo mal uso e manejo inadequado da água. Este problema crônico impacta milhares de pessoas, permanecendo em um cenário onde a população não tem acesso à água potável para uso doméstico. Para superar esses problemas de escassez de água, frequentemente, encontramos cisternas para armazenar águas de chuvas, principalmente, em residências rurais. Em 2003 foi criado o Programa Um Milhão de Cisternas (P1MC) pelo Governo Federal e executado por organizações da sociedade civil, como a Articulação do Semiárido (ASA), para mobilização de famílias rurais em favor da construção de cisternas de captação de água da chuva que é um programa nacional com efeito direto no local (ASA, 2019).

Mas em se tratando de reservas hídricas, no estado do Rio Grande do Norte, especificamente, no município de Apodi, de acordo com informações publicadas em 16 de maio de 2022, no site do IGARN (Instituto de Gestão das Águas do Estado do Rio Grande do Norte), a barragem de Santa Cruz, segundo maior manancial do estado potiguar, “acumula 252.711.380 m³, correspondentes a 42,14% da sua capacidade total, que é de 599.712.000 m³” (ALECRIM, 2022).

Embora o cenário atual no município de Apodi-RN, em termos de reservas hídricas seja positivo, a captação de águas pluviais se expressa como um caminho alternativo para o controle de consumo e perda de água potável. É preciso, pois, entender como funcionam os mecanismos de captação de água de chuva considerando os tipos de reservatório, forma de utilização e captação. Conforme Conterato, Espartel e Simionato (2017), é importante

compreender como funcionam os mecanismos que recebem, captam e direcionam a água que cai sobre as coberturas das residências.

Iniciativas públicas de alcance nacional, regional e local como construção de barragens, cisternas como o programa PIMC, dentre outras, são estratégias privilegiadas de promoção do acesso à água. Mas a existência de ações do poder público não torna menos necessárias os incentivos e a adoção de projetos de captação de água de chuva no contexto privado. Assim, uma das medidas tomadas para amenizar a falta do recurso hídrico, é a captação das águas pluviais pelo telhado das residências. Percebendo a importância desse recurso natural e a necessidade de se buscar medidas para a convivência com a seca, a nossa pesquisa buscou desenvolver um projeto de reaproveitamento de águas pluviais em uma chácara na zona rural do município de Apodi-RN.

A nossa problemática de pesquisa se justifica pela necessidade de utilizar conscientemente as riquezas naturais em uma realidade de ausência de serviço de abastecimento de água pluvial, como o caso em estudo. O reaproveitamento de águas pluviais é um dos modelos mais eficazes de lutar contra o desperdício do recurso hídrico. Além de proteger esse bem substancial em nossas vidas, é primordial para o desenvolvimento sustentável.

A água é um recurso natural de relevância imensurável. Seja qual for a atividade humana, o uso da água será sempre necessário. Ela está presente em todas as funções básicas da vida, como bem disseram Fernandes, Medeiros Neto e Mattos (2007, p. 3): “[...] em praticamente todas as ações humanas a água está envolvida, desde para usos domésticos como lavar roupa, descargas, banho, lavagem de automóvel; até mesmo na produção de diversos bens industriais como alimentos e têxteis”.

Os usos da água são variados. De acordo com Nascimento (2019 apud SIQUEIRA *et.al.* 2020), entre os principais usos da água estão o abastecimento humano (urbano e rural) e animal, a indústria, a mineração, a termoeletricidade, e a irrigação. Essa consciência sobre a importância da água, muitas vezes, não acompanha ações e atitudes que evitem o seu desperdício, que em muitos casos poderiam ser evitados. Estima-se que o desperdício de água no Brasil chegue a 38,8% do volume total de água tratada (PENA, 2019 apud SIQUEIRA *et.al.* 2020). Isso significa que a quantidade de água desperdiçada não chega onde necessita, principalmente, nas residências. É importante mencionar que o desperdício de água não está apenas relacionado ao uso doméstico. Há desperdício até mesmo nas formas de distribuição,

abastecimento, indústria, por exemplo. O fato é que onde há uso de água, o desperdício tende a acompanhar.

Dai a necessidade de adotar medidas para diminuir o desperdício de água, evitando o gasto além dos limites aceitáveis. Mas o desperdício não é o único efeito negativo que dificulta a conservação da água. Há ainda a estiagem, a escassez e a poluição de reservatórios, do mar, dos lagos e dos rios. Quando poluída, a água não serve para consumo humano e a escassez de água potável é iminente. Outro fator de impacto negativo para a conservação da água é o desmatamento por comprometer a renovação do ciclo da água, fortemente afetada pelas condições de clima, do tempo, pelo efeito de elevação da temperatura, dentre outros.

É importante destacar que a escassez de água, pois segundo Olivo e Ishiki (2014, p. 43), pode se tornar um fator determinante para o próprio desenvolvimento, pois se países como o Brasil, “[...] insistirem em manter o modelo tecnológico baseado apenas na exploração dos recursos naturais, enfrentará problemas de ordem econômica, política e social”. Devido a escassez de água de boa qualidade, em muitas localidades há necessidade de transportá-la por longas distâncias, elevando os custos e impactando diretamente as economias locais. Para esses autores, a diminuição das reservas de água limpa é gerada, principalmente, em decorrência do mau uso, aliado a crescente demanda por água potável.

Como exemplos de mal uso da água, Olivo e Ishiki (2014) destacam o consumo exagerado do setor industrial, o desperdício da água de boa qualidade por meio de ineficientes processos de irrigação, o desordenamento urbano e o elevado crescimento da população, principalmente em regiões áridas mais pobres e menos desenvolvidas. Diante desse contexto, é preciso pensar em ações que possam contribuir para o melhor manejo e uso da água por meio de formas alternativas de captação e armazenamento, a exemplo das águas pluviais.

A reutilização de águas pluviais por meio de sistema de coleta e armazenamento tem se mostrado uma prática importante em termos econômicos e ambientais. Oferece a oportunidade de diminuir despesas, economizar água potável e entre outros fatores. Percebendo a importância desse recurso natural e a necessidade de se buscar medidas para a convivência com a seca, o atual trabalho desenvolveu um projeto de reaproveitamento de águas pluviais em uma chácara na zona rural de Apodi-RN. Com esse estudo, espera-se desenvolver um sistema de captação e armazenamento de água de chuvas simples e eficiente, evitando o desperdício e potencializando o seu reaproveitamento para aguação de plantas. O uso desse sistema contribuirá para reduzir o desperdício de água tratada, além de apresentar economia nos custos de seu fornecimento na residência.

O trabalho foi dividido em quatro partes. Na primeira, a introdução, foi apresentado o tema, a problemática, os objetivos e a justificativa da nossa pesquisa. Na segunda parte, discutiu-se sobre o referencial teórico destacando a importância da água, as condições de escassez de recursos hídricos, as formas alternativas de captação e sistemas de uso de águas pluviais. Na terceira, foi apresentado a metodologia, definindo os procedimentos e a área de estudo. Na quarta parte, apresenta-se os resultados descrevendo o projeto elaborado de captação de águas pluviais. Por último, as considerações finais com a síntese e principais contribuições da pesquisa.

2 OBJETIVOS

Para o desenvolvimento dessa pesquisa sobre sistema de captação e armazenamento de águas pluviais, definimos os objetivos geral e específicos.

2.1 Objetivo Geral

Desenvolver um projeto de aproveitamento de águas pluviais, em uma chácara na zona rural do município de Apodi-RN.

2.2 Objetivos Específicos

- Estimar a precipitação na região do município de Apodi-RN;
- Dimensionar os componentes hidráulicos de captação e acumulação de águas pluviais;
- Desenvolver o projeto de armazenamento de águas pluviais para aproveitamento na irrigação de plantas.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta pesquisa abordou-se o tema do semiárido brasileiro e a escassez de água, bem como a necessidade de construir alternativas viáveis para lidar com as particularidades dessa região, a exemplo da captação e armazenamento de águas pluviais. Além disso, é feita uma revisão sobre o dimensionamento do sistema de captação de águas pluviais e do sistema de irrigação convencional.

3.1 Semiárido brasileiro e escassez de água

A região semiárida brasileira é caracterizada por uma área geográfica que abrange os nove estados nordestinos, além da região norte do estado de Minas Gerais e Espírito Santo. Com fator de destaque para o clima, o semiárido apresenta características específicas, resumidas da seguinte forma, segundo Araujo (2011): a) temperaturas altas, acima dos 20° C de médias anuais; b) precipitações escassas, entre 280 a 800 mm; c) déficit hídrico. Para esse autor, o clima da região é responsável pela variação dos outros elementos que compõem a paisagem, como a vegetação, o solo, a formação de relevo, temperatura, dentre outros. Soma-se a isso, o predomínio, a depender da época do ano, de períodos chuvosos ou de períodos secos. Nessa região, "[...] os rios são, “na maioria, intermitentes e condicionados ao período chuvoso, quando realmente se tornam rios superficiais, ao passo que no período seco parecem se extinguir e na realidade estão submersos nas aluviões dos vales, ou baixadas, compondo o lençol freático já com pouca reserva de água” (ARAÚJO, 2011, p. 91).

Essa condição faz com que a região semiárida seja caracterizada, principalmente, pela escassez de água. Para Garjulli (2003), essa característica é decorrente da incidência de chuvas apenas em curtos períodos de três a cinco meses por ano, irregularmente distribuídas no tempo e no espaço. Ocorre que essa característica causa “[...] dependência da intervenção do homem sobre a natureza, no sentido de garantir, por meio de obras de infra-estrutura hídrica, o armazenamento de água para abastecimento humano e demais usos produtivos”. (GARJULLI, 2003, p. 38).

De um modo geral, o semiárido é uma região que se caracteriza pela irregularidade de chuvas e dotada de relativa vulnerabilidade, “[...] uma vez que a que precipitação fica em média entre 250 e 800 mm por ano, por conta da proximidade com o equador, das consequentes altas temperaturas durante o ano todo e de uma evaporação potencial de até 3

.000 mm por ano” (NERI *et.al.*, 2004, p. 132). Por consequência, é uma região com grande escassez de água, predominando na maior parte do ano, uma massa de ar seco e quente.

Essa realidade adversa e heterogênea, exige conhecimento e estratégias capazes de reverter os efeitos devastadores da escassez de água na região. Portanto, é preciso aprender a conviver com essa realidade e lidar com as particularidades dessa região, construindo alternativas viáveis que provoquem melhorias necessárias. Uma dessas alternativas seria a captação e armazenamento de águas pluviais.

3.2 Formas alternativas de captação de águas pluviais

A captação da água pluvial é uma estratégia antiga que está longe de ser superada, dada sua eficiência e fácil acesso, realizada das mais diferentes formas. O processo de captação e o aproveitamento das águas pluviais, segundo Giacchini (2010 *Apud* GUIMARÃES *et.al.* 2015), caracterizam-se como atividades milenares adotadas por civilizações como Astecas, Maias e Incas. Há registros, inclusive, até mais antigos do aproveitamento da água da chuva datando de 850 a.C. e inscrições em Pedra no Oriente Médio, indicando que os governantes da época sugeriam a construção de reservatórios de água da chuva em cada residência (GUIMARÃES *et.al.*, 2015).

A captação de água de chuva já foi a única forma de abastecimento de água potável. Mas hoje, os sistemas públicos de fornecimento de água são as principais formas de abastecimento. No caso do estado do Rio Grande do Norte, a Companhia de Águas e Esgotos do Rio Grande do Norte (CAERN) detém a concessão dos serviços públicos de saneamento básico, captação, tratamento e distribuição de água no estado. Para Fernandes, Medeiros Neto e Mattos (2007), isso coloca a captação da água de chuva na condição de uma estratégia alternativa quanto ao aspecto de abastecimento.

De acordo com Fernandes, Medeiros Neto e Mattos (2007), a captação de chuva, além de contribuir para o uso racional da água, minimiza o impacto das precipitações pluviais, podendo, em regiões de maior impermeabilização dos solos, ser enquadrada no conceito de medida não-estrutural da drenagem urbana de Canholi (1995 *apud* FERNANDES, MEDEIROS NETO, MATTOS, 2007). Esse conceito se refere a toda e qualquer ação que busca reduzir os danos ou consequências das inundações não por intervenções constituídas por obras, mas fundamentalmente pela introdução de normas, regulamentos e programas que visem, por exemplo, o disciplinamento do uso e ocupação do solo, a implementação dos

sistemas de apoio à conscientização da população à manutenção dos diversos componentes do sistema de drenagem e outros (FERNANDES, MEDEIROS NETO, MATTOS, 2007, p. 05).

O fato é que a captação de água pluvial para além do abastecimento, segundo Fernandes, Medeiros Neto e Mattos (2007), minimiza o impacto das precipitações das chuvas, principalmente em locais de maior impermeabilidade e gera maior conscientização do uso adequado da água. Como posto no documento da Articulação Semiárido Brasileiro (ASA, 2019, p. 05), não é possível discutir a água na região semiárida sem debater o lugar da água de chuva e, mais importante, “[...] não ser tratada apenas como um limite da natureza, mas como uma característica que precisa ser respeitada e considerada na construção das soluções”.

O desenvolvimento de estratégias de armazenamento e acesso à água permitiu uma significativa evolução por meio de reservatórios, de adutoras, barragens subterrâneas, barragens sucessivas, cisternas e poços que aproveitam águas de chuvas, dos rios e do lençol freático. Mesmo com o aparecimento de tecnologias e técnicas mais sofisticadas e avançadas de armazenamento, a coleta e o aproveitamento da água da chuva permanecem necessária. Das estratégias e tecnologias de captação e manejo de água de baixo custo, Barbosa (2012, p. 03) cita:

[...] cisternas de placas, cisternas de produção com áreas de captação em solos (cisternas de enxurradas), captação em calçadas (cisternas calçadão), captação em telhados (cisternas telhadão), barragens subterrâneas, tanque de pedras/caldeirões, barreiros, barreiros trincheiras, cacimbas, poços rasos e amazonas, barraginhas, caxios, pequenos açudes, mandalas....

As estratégias citadas são pautadas na cultura da estocagem (água, alimentos, sementes) e tem eficiência comprovada por aumentar a oferta de água, como afirmou Barbosa (2012). Mas sem dúvida, a estratégia que mais se popularizou no Nordeste foi a cisterna (alvenaria e placas) com as iniciativas da ASA, que tem desenvolvido o Programa de Formação e Mobilização Social para a Convivência com o Semiárido, abrigando todas as ações executadas pela rede como os programas Um Milhão de Cisternas (P1MC), Uma Terra e Duas Águas (P1+2), Cisternas nas Escolas e Sementes do Semiárido (ASA, 2019).

Quanto às formas de captação das águas de chuvas, o telhado se mostra como uma das formas mais simples de sistemas de coleta e aproveitamento de água da chuva. E por quê? “A água da chuva cai nos telhados e escoar por condutores verticais e horizontais (calhas) que direcionam a água para um reservatório, o qual pode ser construído a partir de diferentes materiais, dentre eles a alvenaria de tijolo, aço, polietileno ou o concreto armado” (FERNANDES, MEDEIROS NETO, MATTOS, 2007, p. 05).

A quantidade de água coletada depende de vários fatores: tamanho do telhado, precipitação do local, dimensão do reservatório, destino e utilização da água, dentre outros aspectos. Por isso, é importante elaborar um projeto de captação de águas pluviais com base nos procedimentos de redimensionamento e na sua utilização, que no nosso caso, servirá para pequenas irrigações de plantas.

3.3 Procedimentos da técnica de dimensionamento

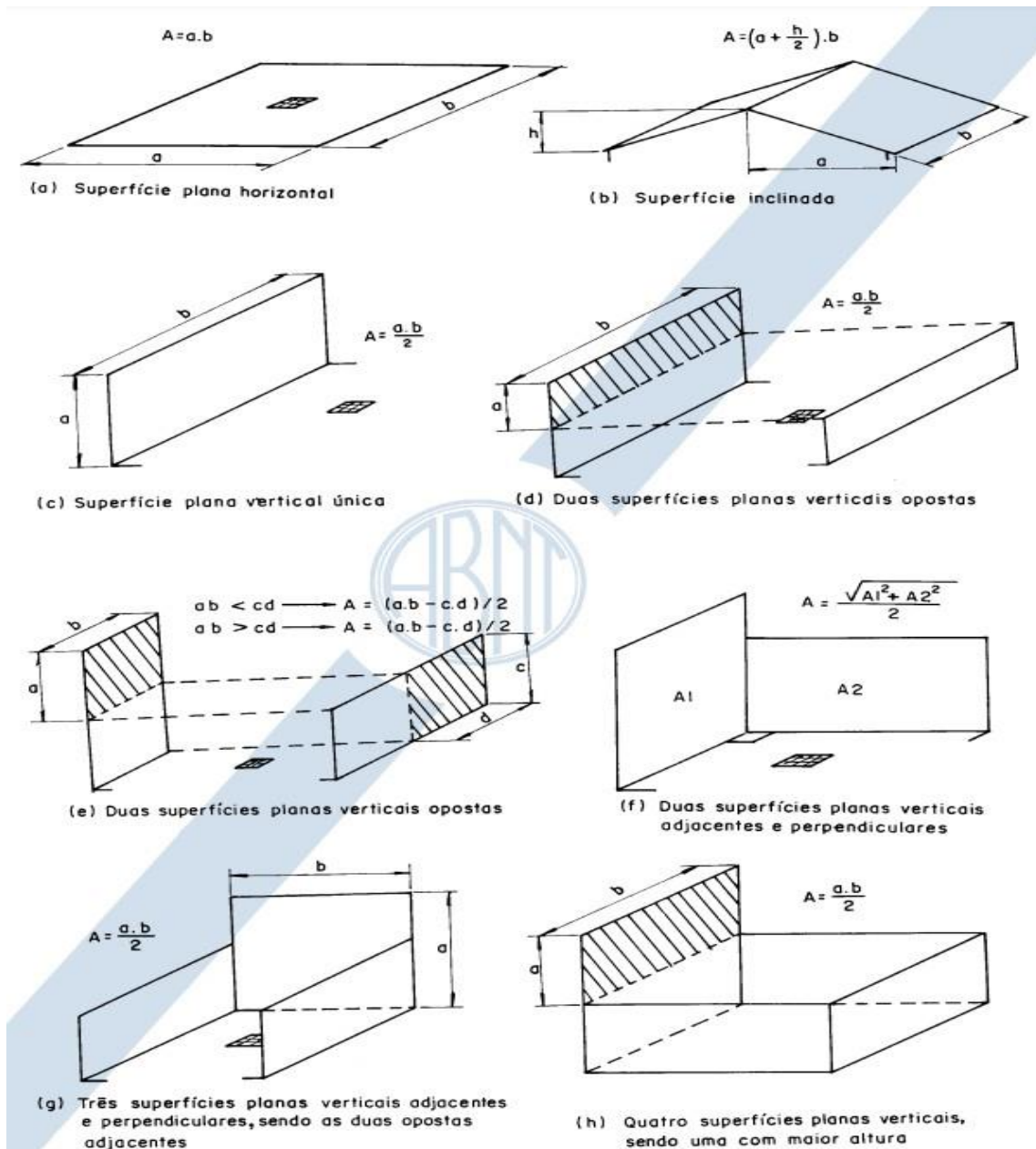
O desenvolvimento de um projeto de aproveitamento de águas pluviais para uso de irrigação requer aprofundamento teórico sobre o processo de captação e de armazenamento da água. Para sua elaboração, é preciso compreender os seguintes aspectos: estimativas de precipitação, estudo dos componentes hidráulicos, armazenamento de águas pluviais e manejo final por meio do sistema de irrigação por gotejamento (CARVALHO JUNIOR, 2020).

A precipitação pode ocorrer pelo encontro de massas de ar sob condições diferentes com interferência orográficas ou não, as mais comuns precipitações são as chuvas, a neve, o granizo, a geada e o orvalho. O método mais empregado para obter dados de precipitação é a construção e a manutenção de uma rede de postos pluviométricos, onde os aparelhos mais utilizados são o pluviômetro e o pluviógrafo. O pluviômetro é o instrumento usado na medição da precipitação, onde fornece o total precipitado ao final de um determinado intervalo de tempo. Com base nesses dados pluviométricos locais determina-se a intensidade pluviométrica, para fins de projeto, os valores da duração de precipitação e o período de retorno devem ser fixados (MACINTYRE, 2020).

Outros componentes hidráulicos importantes são a vazão do projeto e a sua área de contribuição. Segundo Veról, Vazquez e Miguez (2018), a cobertura deve drenar as águas pluviais para os ralos, e em seguida, para as tubulações, que encaminharão ao destino final. A cobertura deve ser dividida em áreas de contribuição, isto é, áreas das superfícies que interceptam a chuva, distribuindo o escoamento uniforme por estes elementos.

Levando em conta que as chuvas não caem horizontalmente, a NBR 10844 (INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUAS PLUVIAIS, 1989, p.5) proporciona critérios para determinar a área de contribuição. De acordo com a norma, no cálculo da área de contribuição, devem-se considerar os acréscimos devidos à inclinação da cobertura e às paredes que interceptam água de chuva que também deve ser drenada pela cobertura, segundo mostra a Figura 1.

Figura 1 - Esquemas para cálculos de áreas de contribuição de vazão.



Fonte: ABNT, 1989.

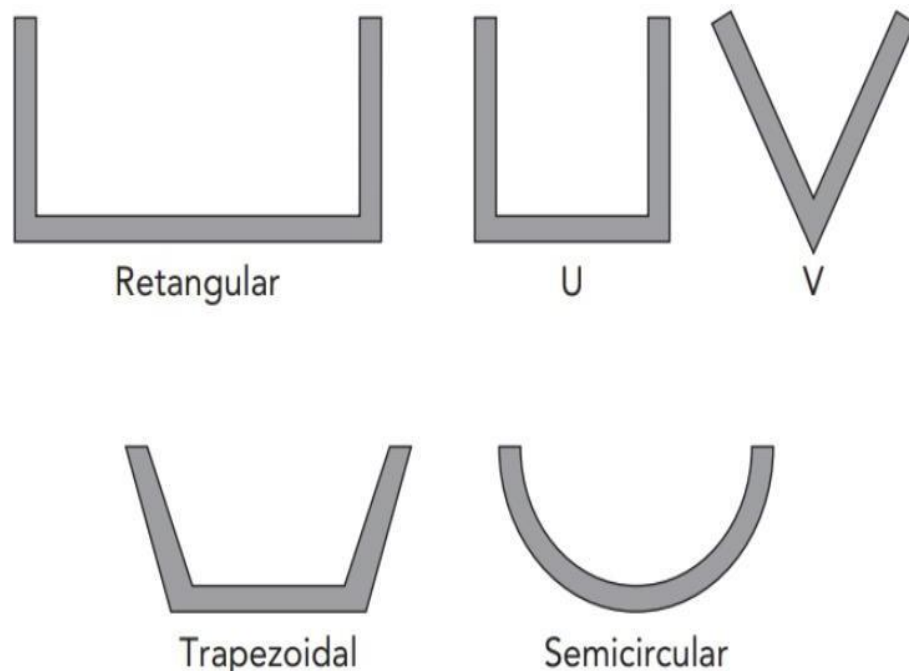
É importante determinar a vazão do projeto com um certo nível de segurança, para que se possa manter o projeto funcionando corretamente, em geral definido pelo tempo de recorrência, associado ao evento de chuva e também ao tempo de duração da precipitação (CARVALHO JUNIOR, 2020).

De acordo com Carvalho Junior (2020), as calhas e condutores devem suportar a vazão do projeto, e ser calculados a partir da intensidade de chuva adotada para o local e para certo período de retorno.

A calha é um canal que recolhe a água da cobertura e a leva até um ponto de destino. Sua principal função é escoar a água do telhado, evitando que a mesma escoe pelas superfícies verticais ou se acumule em planos horizontais. De acordo com a NBR 10844 (INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUAS PLUVIAIS, 1989, p.2), as calhas devem ter capacidade para escoar a água da chuva correspondente a cinco anos do período de retorno sobre a área de contribuição de um plano de telhado.

As calhas podem apresentar diferentes seções, que dependem do projeto e dos materiais empregados na sua confecção. A Figura 2, apresenta as seções mais usuais.

Figura 2 - Seções de calhas mais usuais.



Fonte: Carvalho Junior, 2020.

A declividade das calhas é de fundamental importância para que não ocorra o acúmulo de águas em seu interior. Segundo Roberto de Carvalho Junior (2020), a declividade das calhas deve ser a mínima possível e no sentido dos condutores, a fim de evitar o empoçamento das águas quando parar a chuva. As inclinações das calhas devem ser uniformes, com valor mínimo de 0,5%.

Os condutores conduzem as águas pluviais dos telhados/terraços ao local de lançamento dos coletores, na qual, pode ser um rio, caixa de ralo, canal e outros. Existem dois tipos de condutores: condutores verticais e condutores horizontais.

De acordo com Macintyre (2020), o condutor vertical pode ser ligado diretamente a uma calha para evitar a obstrução do condutor por folhas, papéis e outros. O condutor normalmente não deve ser calculado como um encanamento a plena seção, e o formato dos ralos e suas grelhas implica uma perda de carga de entrada que só experimentalmente pode ser determinada. Por essa razão se justifica o emprego de tabelas e ábacos consagrados pelo uso e os bons resultados obtidos em função dos diâmetros dos condutores verticais, já levando em conta as consequências da obstrução da grelha dos ralos.

Macintyre (2020) Ainda, os condutores horizontais devem ser projetados, sempre que possível, com declividade uniforme, com valor mínimo de 0,5 %. O dimensionamento dos condutos horizontais de seção circular deve ser feito para escoamento livre com lâmina d'água com altura igual a $\frac{2}{3}$ do diâmetro interno (D) do tubo, conforme a Fig. 3.9, com a declividade necessária e suficiente para escoar com velocidade aconselhável, vencendo a perda de carga.

Outro componente importante é o reservatório, segundo Carvalho Júnior (2020), para dimensionar os reservatórios é preciso determinar a capacidade volumétrica que atenda o máximo possível a demanda exercida com um menor custo de implantação.

Na NBR 15527 (Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – requisitos, 2019, p. 6), existem vários métodos de dimensionamento de reservatórios que resultam em diferentes volumes, cabe escolher o método mais adequado e importante para a viabilidade técnico-econômica de uma implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial.

No dimensionamento dos reservatórios pretende-se estabelecer que a capacidade volumétrica cumpra ao máximo possível a demanda empreendida com o menor custo de implantação. Porém a maioria dos projetos com o objetivo de aproveitamento de águas pluviais com fins não potáveis, como um sistema de irrigação para plantas, origina de critérios puramente empíricos.

3.4 Sistemas de irrigação convencionais

A irrigação é um método sólido e indispensável para a produção de alimentos, estando presente em todas as civilizações. Historicamente as grandes civilizações se inseriram e desenvolveram às margens de grandes rios, onde se garantiam água para a sua sobrevivência, para os animais e também para irrigação das plantas. Há indicações que a irrigação já era utilizada no Egito em meados de 6000 a.C. as margens do rio Nilo. Na América do Sul e no

México as civilizações incas e maias já desenvolviam irrigação há mais de 2000 anos (ANA, 2017).

No Brasil, a irrigação tem seu princípio no estado do Rio grande do Sul, no decorrer da sua colonização. Nos anos de 1970 e 1980 a irrigação no Brasil começou a ser desenvolvida por meio de proventos governamentais, e assim, passou a ocupar maiores áreas no país. Atualmente, segundo o Atlas Irrigação da Agência Nacional de Águas (ANA, 2017), os estados do Rio Grande do Sul, São Paulo, Minas Gerais, Goiás e Bahia são os estados que possuem as maiores áreas irrigadas, contribuindo para que a área irrigada no Brasil atingisse 8,2 milhões de hectares. A irrigação é primordial em regiões áridas e semiáridas, onde a produção agrícola é altamente impactada pela escassez constante de água, onde é minimizada entre os meses de janeiro a maio. (ANA, 2017)

Segundo Testezlaf (2017), a irrigação é definida como técnicas, formas ou meios utilizados para aplicar água artificialmente às plantas, procurando satisfazer suas necessidades e visando a produção ideal para o seu usuário. Engloba todas as formas de irrigar uma planta desde aquela realizada em uma mangueira até o equipamento de irrigação mais sustentado.

De acordo com o Atlas Irrigação, publicado pela Agência Nacional de Águas (ANA, 2017), os métodos de irrigação podem ser agrupados de acordo com a forma de aplicação da água, destacando-se quatro métodos principais: irrigação por superfície, subterrânea, por aspersão e localizada. No primeiro método a água é disposta na superfície do solo e seu nível é controlado para aproveitamento das plantas. No método subterrâneo (ou subsuperficial), a água é aplicada abaixo da superfície do solo, formando ou controlando o lençol freático, na região em que pode ser aproveitada pelas raízes das plantas. Na irrigação por aspersão, a água é aplicada sob pressão acima do solo, por meio de aspersores ou orifícios, na forma de uma chuva artificial. O método localizado consiste na aplicação em uma área bastante limitada, utilizando pequenos volumes de água, sob pressão, com alta frequência.

No método localizado existem diferentes sistemas, na qual destaca-se o sistema de gotejamento. A irrigação por gotejamento se caracteriza por aplicar pequenos volumes de água, na forma de gotas, com alta frequência, nas áreas localizadas na zona radicular das plantas, molhando uma fração da superfície do solo, reduzindo as perdas e apresentando maiores valores de eficiência de aplicação quando comparada aos sistemas de aspersão e superfície. Tendo em vista o problema da escassez hídrica, ter esse sistema tornou-se um dos melhores recursos para esse transtorno, afinal, a quantidade de água é calculada de acordo

com a necessidade da planta causando menos desperdício (VICENTE, RUSIN, OLIVEIRA *et.al.*, 2021).

4. METODOLOGIA

Esta pesquisa tem como método, o estudo de caso por se tratar de uma investigação em profundidade de um dado objeto de pesquisa singular e específico, situado em seu contexto (GIL, 2002). O estudo de caso investigado envolve o processo de elaboração de um projeto de captação de águas pluviais por meio de telhado em uma residência situada na comunidade rural de Apodi-RN, para fins de irrigação de plantas, para redução do consumo de água potável. A escolha por esse local de pesquisa foi motivada pelo fato de ser uma região com precipitação pluviométrica abaixo de 800 mm/ano.

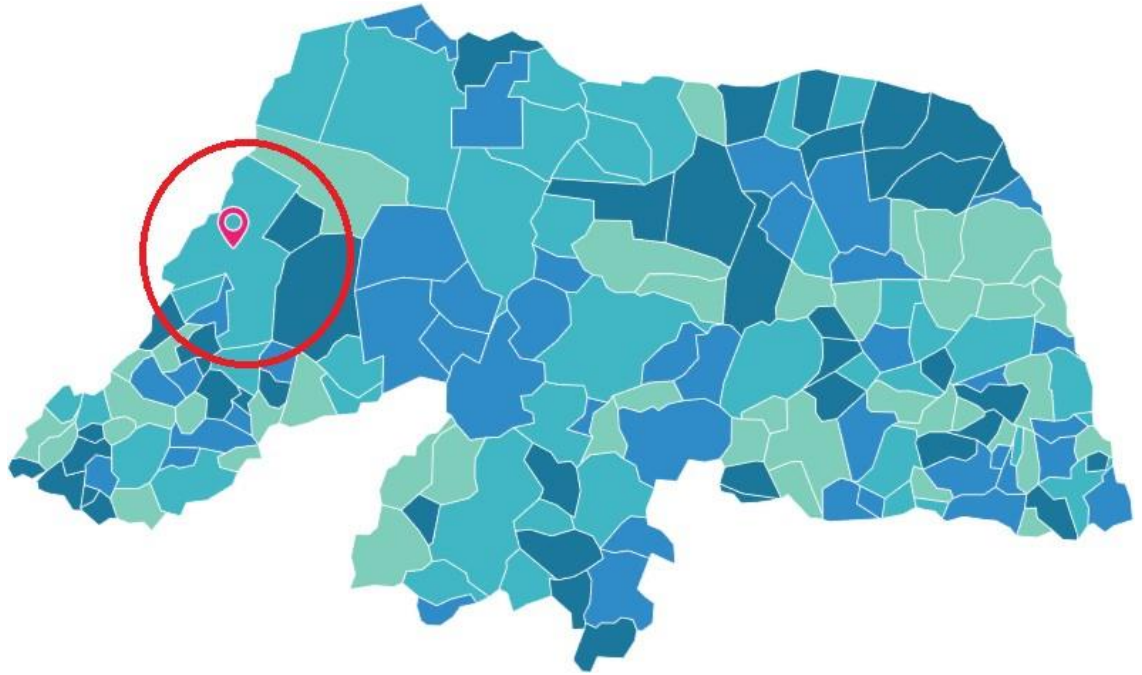
Foi realizada a descrição do estudo com os detalhes e soluções contextualizadas, analisando e correlacionando os dados coletados. Primeiramente, identificamos plantas arquitetônicas da residência já existentes para utilização em nosso desenho pelo *software* AutoCAD. Posteriormente, foram identificados nas plantas a área de captação, a localização de calhas, condutores de drenagem pluvial e o sistema a ser implantado no local.

Os procedimentos empregados neste trabalho seguiram o passo a passo da norma ABNT NBR 10844 – Instalações Prediais de Água Pluvial (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 1989). Para elaboração do projeto de captação águas pluviais, em ordem: análise do regime pluviométrico e dimensionamento dos componentes hidráulicos (vazão, área de contribuição, calhas, condutores e reservatório).

4.1 Área de estudo

O estudo foi desenvolvido por meio de um projeto técnico de reaproveitamento de águas pluviais em uma chácara na zona rural do município de Apodi-RN. Tal município, situado na região nordeste do Brasil, estado do Rio Grande do Norte, está localizado a 352 km de Natal, capital do estado. O referido município compreende uma área de 1.556,1 km². Em relação às coordenadas geográficas situa-se a 05° 39' 51" Latitude Sul e 37° 47' 56" Longitude Oeste, segundo o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2022).

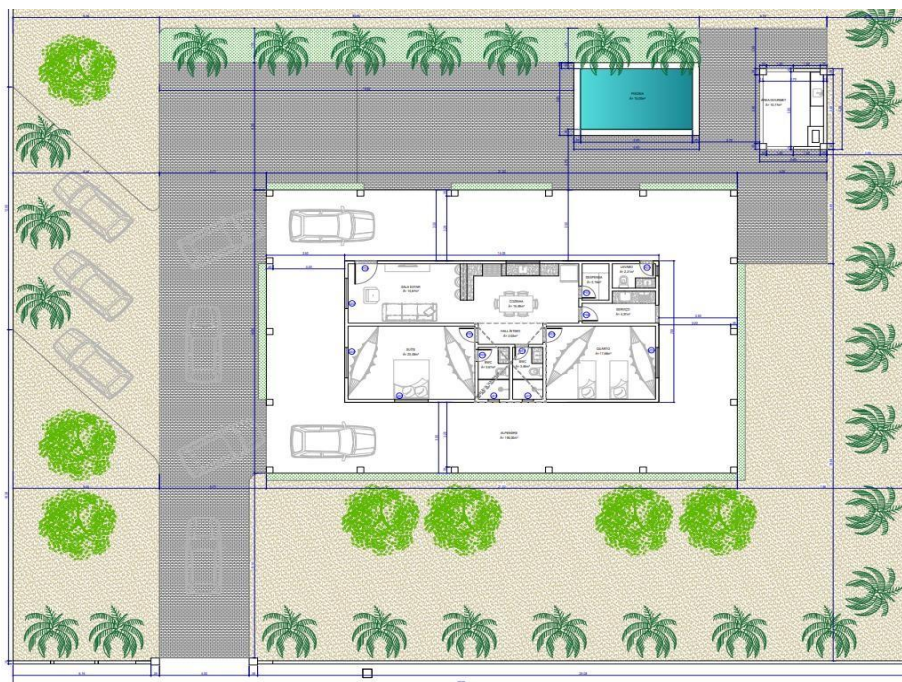
Figura 3 – Município de Apodi-RN.



Fonte: IBGE, 2022.

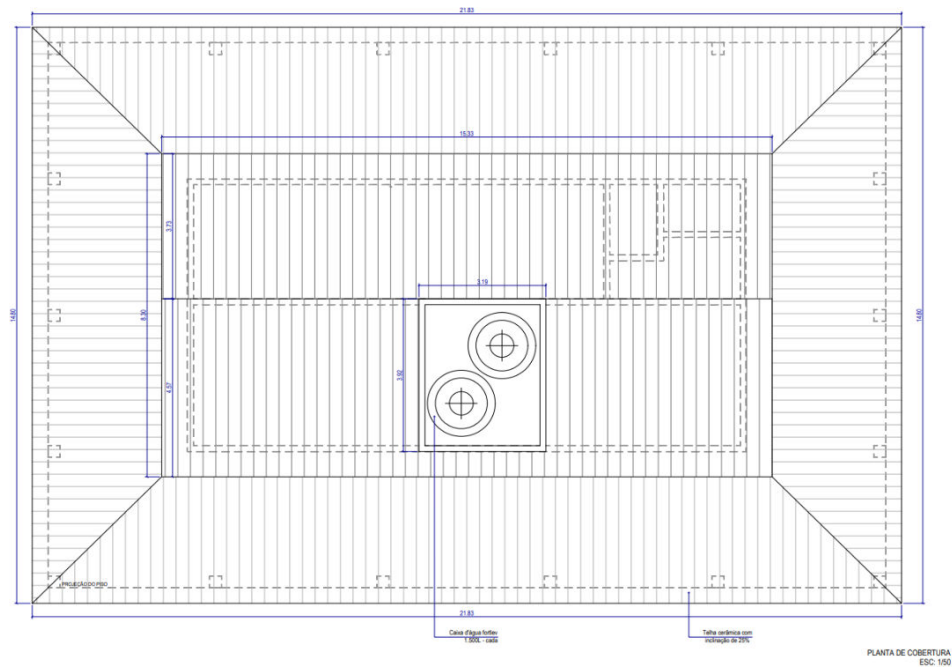
A edificação está localizada na zona rural de Apodi, ocupando uma área de 3.200 m². Com isso, utilizou-se projetos já existentes da residência com o objetivo de implementar um sistema de aproveitamento de águas pluviais. Os projetos utilizados foram planta baixa, de cobertura e as de elevação.

Figura 4 – Planta baixa.



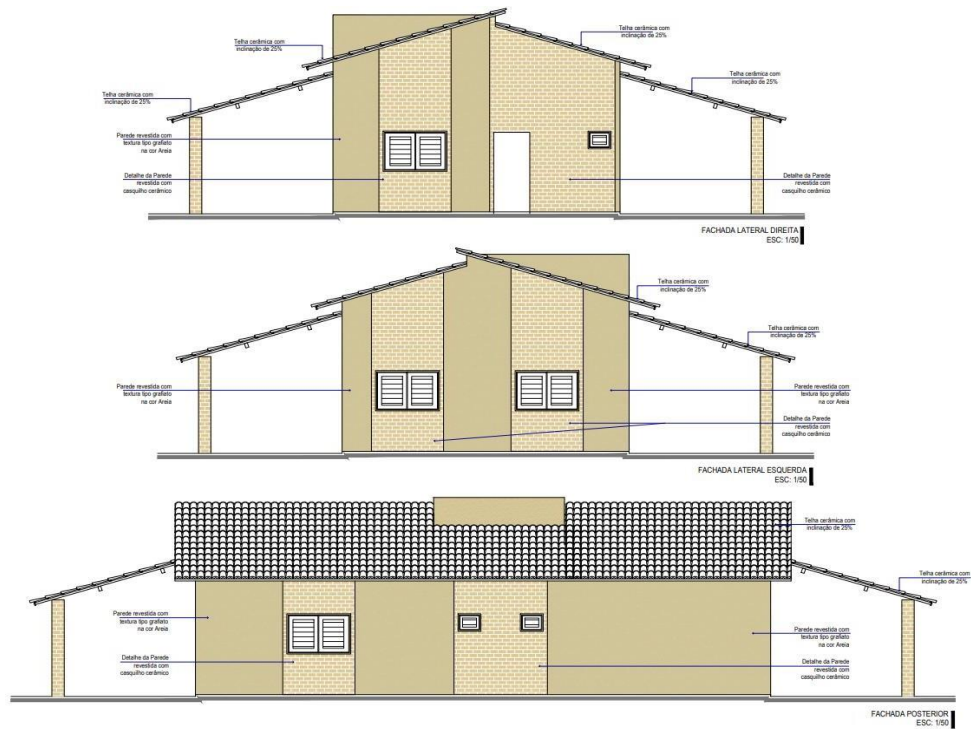
Fonte: Arquivo cedido.

Figura 5 – Planta de cobertura.



Fonte: Arquivo cedido.

Figura 6 – Fachadas.

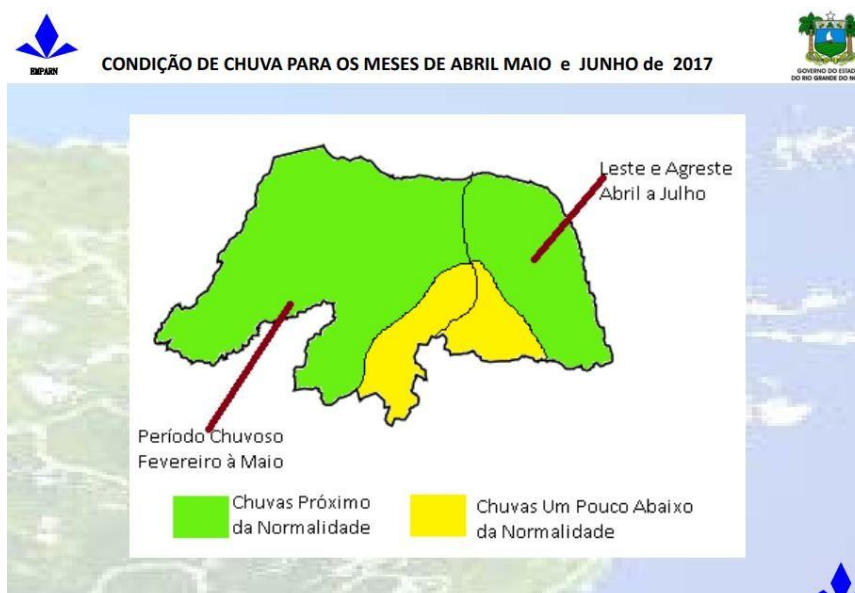


Fonte: Arquivo cedido.

Quanto ao clima, é semiárido quente, tipo BSw'h', de acordo com a classificação de Köppen, com “chuvas de verão se retardando para o outono, com temperatura média anual de aproximadamente 28°C e precipitação acumulada média anual de 500 a 800 mm, distribuídas geralmente entre três a seis meses (LIMA JÚNIOR, 2014; VELLOSO et al., 2002 *Apud* OLIVEIRA et.al. 2021, p. 2448).

Com precipitações abaixo de 800 mm, no município de Apodi-RN há um déficit hídrico pronunciado na maior parte do ano, com chuvas concentradas entre os meses de fevereiro a maio, de acordo com dados meteorológicos para o RN, informados pelo IGARN (Instituto de Gestão das Águas do Estado Rio Grande do Norte). Na figura 7 é possível observar a condição de chuva entre os meses de abril a junho de 2017.

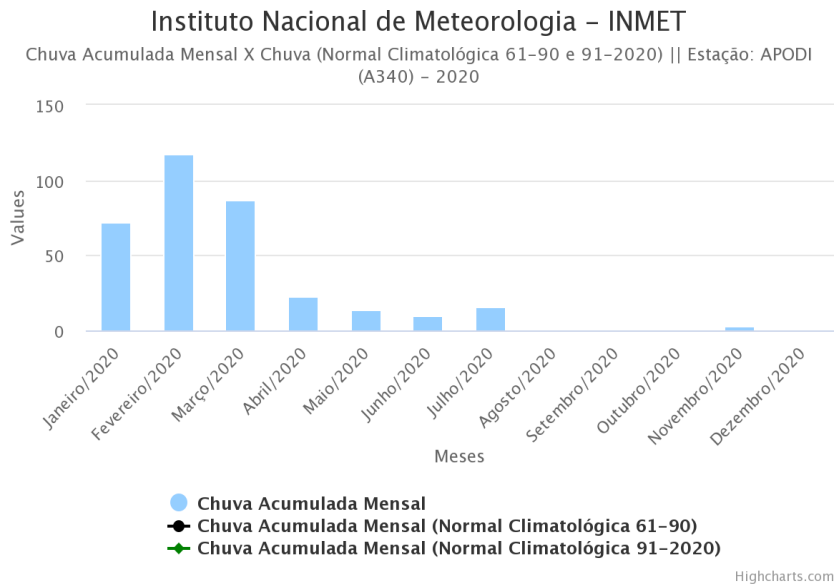
Figura 7 - Condição de chuvas para os meses de abril, maio e junho de 2017



Fonte: EMPARN, 2017.

Considerando a realidade do município de Apodi, em termos de dados mais atuais, no ano de 2020 constatou-se o acúmulo de chuvas, entre os meses de janeiro a julho, com a maior concentração nos meses de janeiro, fevereiro e março, conforme os dados do Gráfico 1.

Gráfico 1 - Chuvas acumuladas mensalmente no ano de 2020.



Fonte: INMET, 2020.

Com os dados do Gráfico 1, observa-se que a realidade local investigada apresentou índices maiores de chuvas nos meses de janeiro a março, favorecendo o acúmulo nos reservatórios. Essa realidade não minimiza a necessidade de boas alternativas de captação de água de chuvas para os meses subsequentes, uma vez que está lidando com um clima, como o semiárido, sujeito às condições mais adversas de escassez de água. Além disso, para elaboração do sistema de captação teve que considerar os elementos hidráulicos para dimensionamento.

4.2 Software AutoCAD

O projeto de captação e armazenamento de águas pluviais foi conduzido com o auxílio do software AutoCAD. O AutoCAD é uma ferramenta de engenharia utilizado para resolução de problemas nessa área. É um programa desenvolvido e comercializado pela Autodesk, desde 1982, com capacidade de criar e manipular projetos e desenhos arquitetônicos de forma prática e eficiente, reduzindo as chances de erros (SILVA, 2019). Com esse tipo de software na área da engenharia, “[...] nasce o conceito CAD (do inglês, Computer Aided Desing), desenho assistido por computador” (SILVA, 2019, p. 128). Para Silva (2019), os diversos recursos desses softwares permitem a execução de projetos de forma ágil e precisa, acelerando e aperfeiçoando o desenvolvimento de desenhos e projetos técnicos nas diversas áreas da engenharia, arquitetura, dentre outras. Em outras palavras, segundo o

autor, o que antes era executado com o uso do papel, caneta, esquadros, régua, dentre outras ferramentas, software AutoCAD executa por meio de desenho assistido por computador. Em nosso projeto, utilizamos a versão universitária na qual a liberação é gratuita no site oficial da Autodesk.

4.3. Componentes hidráulicos para o dimensionamento

As instalações prediais de águas pluviais seguem a norma NBR 10844 (ABNT,1989) - Instalações Prediais de águas pluviais. Esses componentes que formam o sistema de águas pluviais são formados pelo conjunto de calhas, condutores, grelhas, reservatórios e outros dispositivos que são encarregados de receber águas de chuva e de lavagem de pisos e transporte de rotas adequadas.

a) Intensidade pluviométrica

Para se estimar a precipitação pluviométrica da região de Apodi-RN, foram utilizados bancos de dados, da ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico), e do INMET (Instituto Nacional de Meteorologia).

Para obter os resultados da intensidade pluviométrica na região de Apodi foi utilizado o banco de dados hidrológicos da ANA, o Hidroweb, que é uma ferramenta que contém todas as informações coletadas pela Rede Hidrometeorológica Nacional (RHN), reunindo dados fluviais, vazões, chuvas, climatologia, qualidade da água e sedimentos. Foi extraído os dados da estação de APODI, com o código de 537029, como pode-se observar na Figura 8.

Figura 8 - Banco de dados da Hidroweb/ANA. Estação Apodi, 537029.

Calibre

11

A

Fonte: Hidroweb, ANA.

Com destino a ler esses resultados da Figura 8, para a obtenção do índice pluviométrico, foi operado o *software* GAM-IDF (Genetic Algorithm Methodology for IDF). Na qual foram aplicados os parâmetros Regionais da cidade de Apodi, na Equação 1. Posteriormente, transferiu-se os dados do excel para o *software* GAM-IDF, que apresenta como ponto forte, é a possibilidade de importar arquivos de chuva do Hidroweb/ANA sem a necessidade de processamento prévio. Com isso, os dados foram guiados para o aplicativo, na qual se obteve o resultado do índice pluviométrico de Apodi-RN.

O índice pluviométrico é calculado de acordo com a Equação 1:

$$I = \frac{a \times T_r^b}{(t + c)^d} \quad \text{Equação 1.}$$

Em que:

I = intensidade pluviométrica (mm/h);

Tr = tempo de retorno (ano);

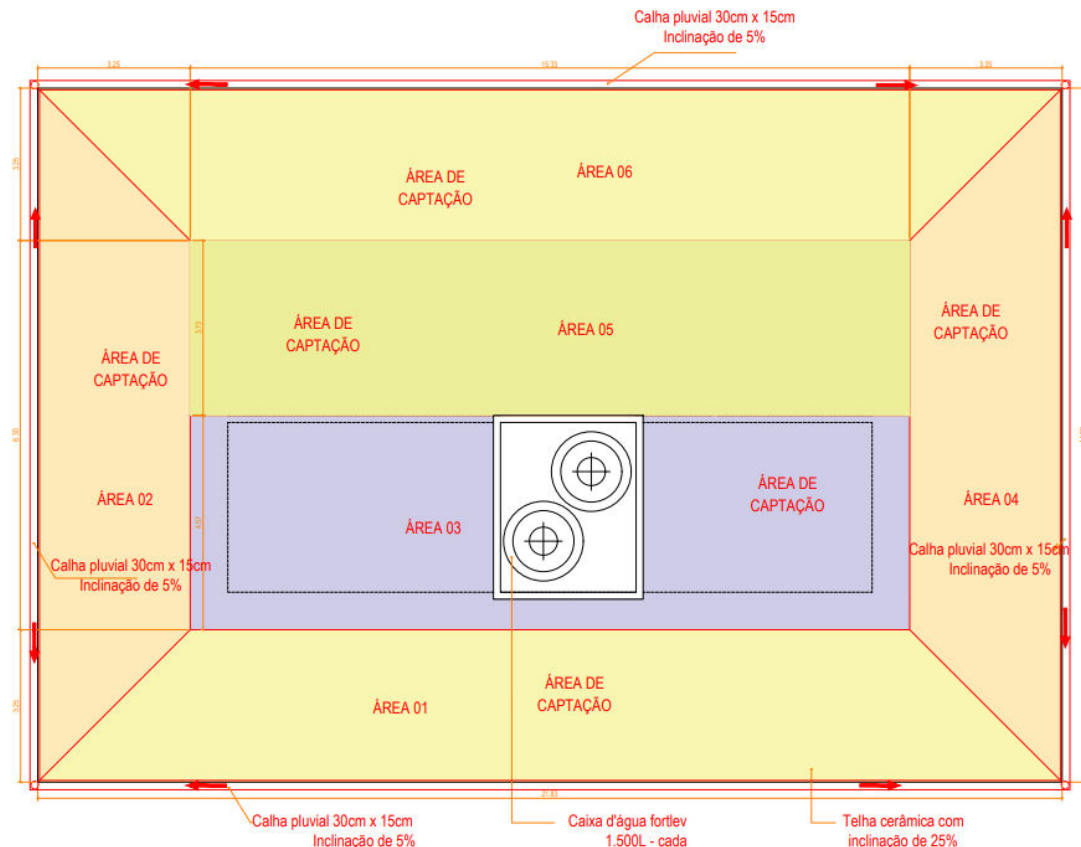
t = duração da chuva (min);

a, b, c e d parâmetros locais.

b) Vazão do projeto e a área de contribuição

No método para o dimensionamento da área de contribuição do telhado, foi utilizada a Figura 1 da norma. Como mostra a Figura 9, a área de contribuição foi dividida em partes, de modo que as vazões que escoam nos componentes hidráulicos, sejam resultantes dessa divisão de áreas.

Figura 9 – Área de contribuição.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Na Figura 9, demonstra também o sentido do escoamento na calha para cada condutor e a declividade da calha.

Para cada área, foi utilizada a Equação 2.

$$A = \left(a + \frac{h}{2}\right) b \quad \text{Equação 2.}$$

A área total de contribuição do projeto é a soma de todas essas áreas.

Posteriormente, sabendo-se da intensidade pluviométrica e a área de contribuição de vazão, a vazão do projeto pode ser calculada pela Equação 3:

$$Q = \frac{I \times A}{60} \quad \text{Equação 3}$$

Sendo:

Q = Vazão de projeto (L/Min);

I = Intensidade pluviométrica (mm/h);

A = Área de contribuição (m²).

c) Calhas

Utilizou-se calhas de aço galvanizado, de forma retangular e com medidas de 30cm de largura e 15cm de altura. Para o dimensionamento de vazão das calhas utilizou-se a Equação de Manning-Strickler.

$$Q = K \frac{S}{n} \times R_h^{\frac{2}{3}} \times i^{\frac{1}{2}} \quad \text{Equação de Manning – Strickler}$$

Sendo:

Q = vazão de projeto da calha, em L/min;

S = área da seção molhada, em m²;

N = coeficiente de rugosidade;

RH = S/P raio hidráulico, em m;

P = perímetro molhado, em m;

I = declividade da calha, em m/m;

K = 60.000 (coeficiente para transformar a vazão em m³/s para L/min).

Para o coeficiente de rugosidade, o quadro 1 mostra os coeficientes de rugosidade dos materiais utilizados nas calhas.

Quadro 1 - Coeficiente de rugosidade.

Material	Coefficientes de rugosidade (n)
plástico, fibrocimento, aço, metais não ferrosos	0,011
ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012
cerâmica, concreto não alisado	0,013
cerâmica, concreto não alisado	0,015

Fonte: ABNT, 1989.

Como o material usado foi o PVC, o coeficiente de rugosidade foi 0,011.

d) Condutores de águas pluviais

Para dimensionar os condutores foi utilizado o método prático. Segundo Carvalho Junior (2020), na ausência de um critério rigoroso para o dimensionamento dos condutores verticais, apresenta-se como sugestão para o pré-dimensionamento um critério simplificado muito utilizado por alguns projetistas, salvo em casos especiais, e que correlaciona a área do telhado com a seção do condutor de acordo com a Figura 10.

Figura 10 – Área máxima de cobertura para condutores verticais de seção circular.

Diâmetro (mm)	Vazão (L/s)	Área máxima de cobertura (m²)
50	0,57	14
75	1,76	42
100	3,78	90
125	7,00	167
150	11,53	275
200	25,18	600

Fonte: Carvalho Junior, 2020.

Para se calcular o dimensionamento dos condutores horizontais de seção circular emprega-se a Equação de Manning-Strickler, que deve ser feito para escoamento com lâmina de altura igual a 2/3 do diâmetro interno segundo a norma. Na Figura 11, retirada da norma NBR 10844 (INSTALAÇÕES PREDIAIS DE ÁGUAS PLUVIAIS, 1989, p.9), proporciona a

capacidade de condutores horizontais de seção circular para vazões em L/min em função da declividade, do diâmetro e da rugosidade.

Figura 11 - Capacidade de condutores horizontais de seção circular.

	Diâmetro interno (D) (mm)	$n = 0,011$				$n = 0,012$				$n = 0,013$			
		0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %	0,5 %	1 %	2 %	4 %
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	50	32	45	64	90	29	41	59	83	27	38	54	76
2	75	95	133	188	267	87	122	172	245	80	113	159	226
3	100	204	287	405	575	187	264	372	527	173	243	343	486
4	125	370	521	735	1.040	339	478	674	956	313	441	622	882
5	150	602	847	1.190	1.690	552	777	1.100	1.550	509	717	1.010	1.430
6	200	1.300	1.820	2.570	3.650	1.190	1.670	2.360	3.350	1.100	1.540	2.180	3.040
7	250	2.350	3.310	4.660	6.620	2.150	3.030	4.280	6.070	1.990	2.800	3.950	5.600
8	300	3.820	5.380	7.590	10.800	3.500	4.930	6.960	9.870	3.230	4.550	6.420	9.110

Fonte: ABNT, 1989.

e) Reservatório de acumulação de águas pluviais

O Material utilizado para o reservatório, foi uma cisterna de PVC, que será dimensionada de acordo com métodos empíricos. Existem inúmeros métodos empíricos para o dimensionamento desses reservatórios, como: método de Rippl, método prático brasileiro ou método de Azevedo Netto, método prático Alemão, Inglês e Australiano e programa computacional Netuno. O método aplicado nesse projeto foi o de Azevedo Netto, que é o primeiro método empírico apresentado na NBR 15527:2019. O volume do reservatório de água pluvial se dá por meio da Equação 4:

$$V_{an} = 0,0042 \times P_a \times A \times T \quad \text{Equação 4.}$$

onde:

V_{an} = volume do reservatório (litros);

P_a = precipitação pluviométrica anual média (mm/ano = litro/m² por ano);

A = área de captação (m²);

T = número de meses de pouca chuva ou seca (adimensional).

4.4 Irrigação por gotejamento

A irrigação por gotejamento é um procedimento de irrigação controlado e específico como qualidade ao racionamento de recursos hídricos. Tendo em vista, destaca-se por aumentar 90% a eficiência no uso da água e diminuição nas perdas por evaporação.

No projeto em questão, já existe um sistema de irrigação por gotejamento utilizando tubos de polietileno de baixa densidade, também conhecido por “mangueira preta”, com diâmetro de $\frac{3}{4}$ de polegadas, com furos de pequenos diâmetros. Nesse sistema, é utilizado água potável que causa o aumento do consumo e, ao mesmo tempo, o desperdício dessa água. Com o desenvolvimento desse projeto, utilizou-se as águas das chuvas para aguação das plantas.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Parâmetros regionais obtidos de acordo com o GAM-IDF:

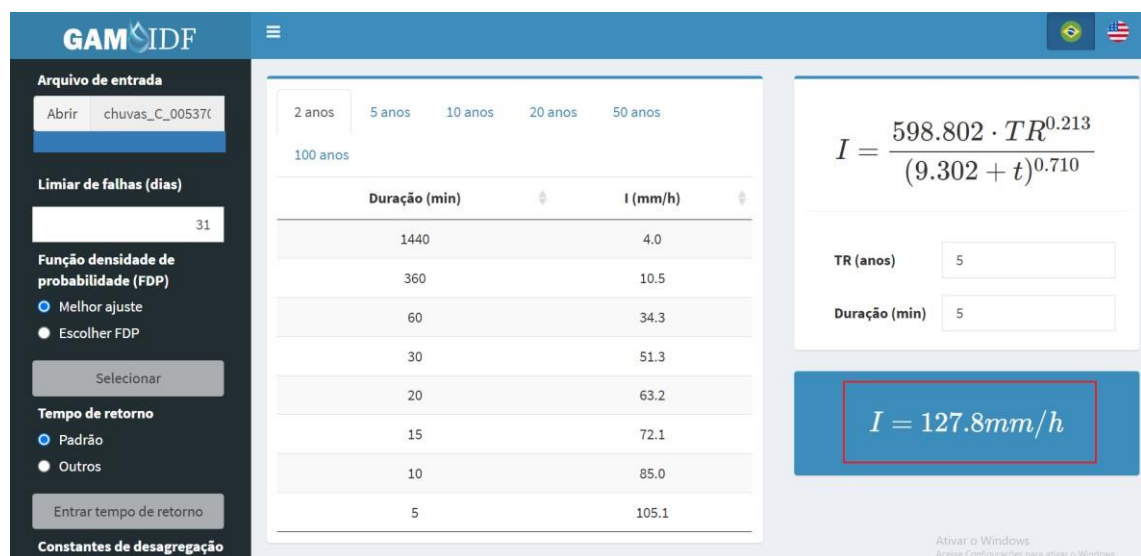
$K = 598,802$;

$a = 0,203$;

$b = 9,302$;

$c = 0,710$.

Figura 12 - Intensidade pluviométrica do município de Apodi-RN.



Fonte: GAM – IDF.

O valor do índice pluviométrico de Apodi, é 127.8 mm/h no período de retorno de 5 anos e duração de precipitação de 5 min. Para esse retorno de 5 anos, é possível que esse índice pluviométrico seja igual ou maior a cada ano, ou seja, há probabilidade de erro de 20%.

Já para a área de contribuição da chácara, foi utilizada a Equação 1, sobre a superfície inclinada. Desta forma, destacamos os principais pontos de área de contribuição, que foi dividido em 6 partes para o cálculo da área, na qual o resultante total seja a soma desses valores, como se pode ver na Figura 8 as áreas destacadas. A Tabela 1 mostra os cálculos de cada área de contribuição.

Tabela 1 – Cálculos das áreas de contribuição para as calhas.

Área	h (altura do telhado)	b (comprimento)	a (largura)	Ac (Área de contribuição)
Área 1	1,22 m	21,83 m	3,55 m	48,13 m ²
Área 2	1,10 m	14,80 m	3,55 m	32,19 m ²
Área 3	1,5 m	15,35 m	4,98 m	34,92 m ²
Área 4	1,10 m	14,80 m	3,55 m	32,19 m ²
Área 5	1,15 m	15,35 m	3,80 m	33,575 m ²
Área 6	1,22 m	21,83 m	4,05 m	48,13 m ²
Total de área de contribuição				229,14 m²

Fonte: Autor, 2022.

Ao obter os resultados de cada área de contribuição, o valor da área de contribuição total do projeto foi de 229,14 m².

Já com os valores da intensidade pluviométrica e da área de contribuição, obteremos o resultado da vazão do projeto, de acordo com a Equação 3.

$$Q = \frac{229,14 \times 127,8}{60} = 488,06 \text{ L/m}$$

As calhas representam a primeira etapa no dimensionamento das instalações prediais de águas pluviais, pois são elas que recebem as águas dos telhados. Para dimensionar as calhas utilizamos a Equação de Manning-Strickler, onde obteremos a vazão de projeto da calha.

$$Q = 60000 \times \frac{0,0225}{0,011} \times 0,05^{\frac{2}{3}} \times 0,005^{\frac{1}{3}} = Q = 1177,80 \frac{\text{L}}{\text{m}}$$

Como a vazão das calhas foi maior que a vazão de projeto, o dimensionamento da calha está correto. Portanto, temos uma calha projetada com valores de segurança para suportar até anos mais chuvosos do que o previsto no cálculo.

Para calcular o dimensionamento dos condutores, calculamos a vazão de cada condutor que receberá as águas das calhas. Como no projeto temos 4 condutores verticais, é necessário estimar quanto de vazão cada condutor suportará em relação ao seu diâmetro e sua área, de acordo com a Figura 10.

Cada condutor receberá vazão de três áreas de contribuição, portanto, a resultante dessa soma é a área total de captação. Os resultados estão explícitos na Tabela 2.

Tabela 2 – Cálculo para área de contribuição dos condutores (valores em m²).

	Área 1 m²	Área 2 m²	Área 3 m²	Área 4 m²	Área 5 m²	Área 6 m²	Área total m²
Condutor 1		32,19			33,575	48,13	113,89
Condutor 2	48,13	32,19	34,92				115,24
Condutor 3	48,13		34,92	32,19			115,24
Condutor 4				32,19	33,575	48,13	113,89

Fonte: Autor, 2022.

De acordo com a Equação 3, e utilizando a maior área de contribuição para a vazão de cada condutor e intensidade pluviométrica de 127,8 mm/h, temos:

$$Q = \frac{127,8 \times 115,24}{3600} = 4,09 \frac{L}{s} = 245,4 \text{ L/min}$$

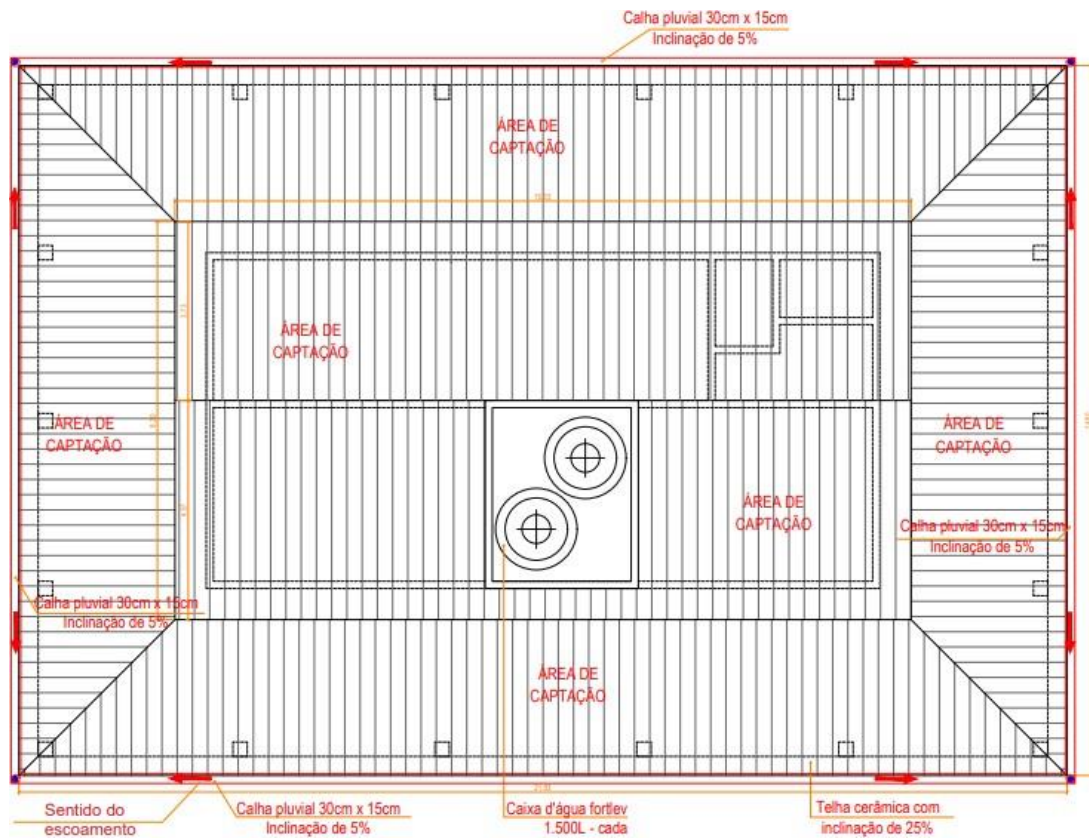
Empregando o método prático da Figura 10, para uma vazão de 4,09 L/s e uma área de contribuição de 115,24 m², utilizaremos 125 mm de diâmetro para o condutor vertical.

Já para dimensionar os condutores horizontais, a Figura 11 mostra dimensionamento de acordo com a sua declividade e material. Como cada condutor receberá 245,4 L/min, conforme a tabela, utilizou-se um diâmetro de 125 mm, com uma declividade de 0,5% e de material PVC.

Como pode ver, tanto pra o condutor vertical, quanto para o condutor horizontal, utilizou valores bastantes satisfatórios, minimizando as falhas que podem ocorrer, sempre priorizando a segurança.

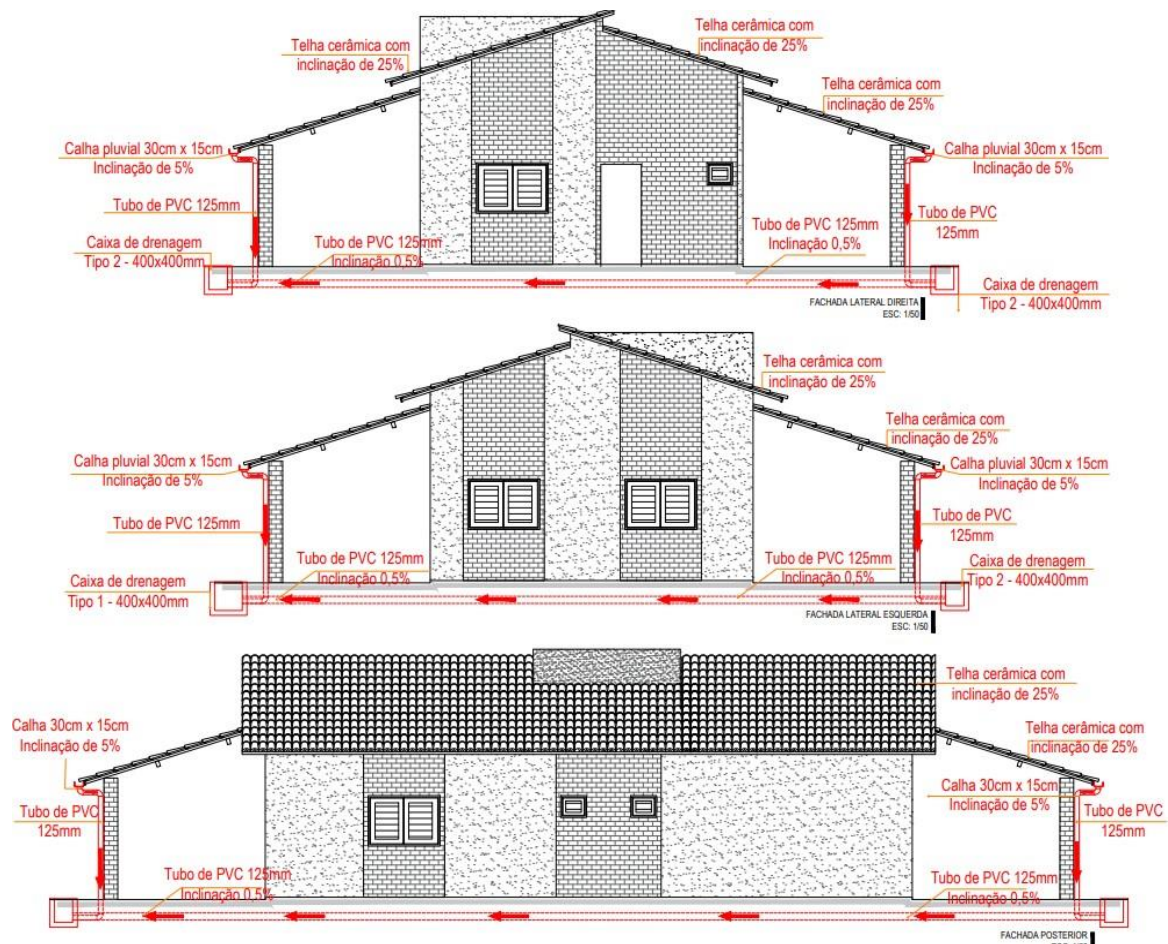
Já com todos os parâmetros calculados e definidos, foi possível elaborar o desenho dos componentes hidráulicos, conforme a Figura 13 e 14.

Figura 13 – Projeto final na cobertura.



Fonte: Autor, 2022.

Figura 14 – Projeto final das fachadas



Fonte: Autor, 2022.

As Figuras 13 e 14 representam os conjuntos dos componentes hidráulicos projetados nas plantas. Visualmente temos o sistema completo de captação de águas pluviais com as suas localizações e dimensões.

Para o dimensionamento do reservatório, foi utilizado o método brasileiro ou método de Azevedo Netto, que foi o primeiro método empírico brasileiro apresentado na NBR 15527 (água de chuva - aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – requisitos, 2019, p. 7). Onde se obtém o volume no reservatório de água pluvial por meio da Equação 4. Utilizou para a precipitação pluviométrica anual média de Apodi-RN de 800 mm, para a área de captação de 229,14 m² e período de seca de 6 meses. Assim, calculou-se o volume do reservatório.

$$V_{an} = 0,0042 \times 800 \times 229,14 \times 6$$

$$V_{an} = 4.619 L$$

Com o resultado obtido de 4.619 L, optaremos por um reservatório de 5000 litros, onde se tem um índice segurança mais elevado e satisfatório.

Na Tabela 3, tem-se os resultados obtidos no projeto.

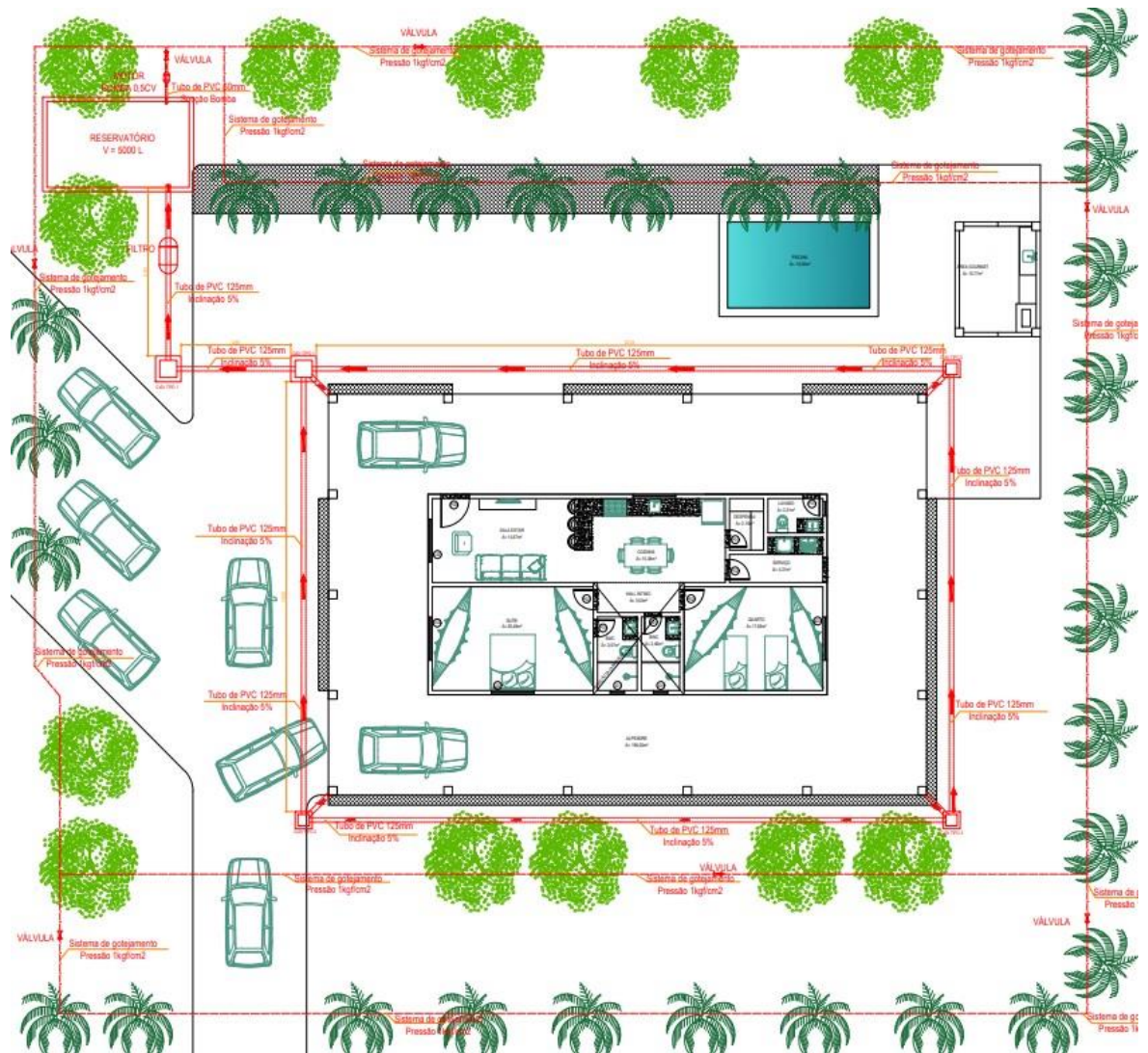
Tabela 3 – Resultados obtidos

Componente hidráulicos	Valores obtidos
Intensidade pluviométrica	127,8 mm/h
Área de contribuição	229,14 m ²
Vazão de projeto	488,06 l/min
Calha	30x15 cm
Condutor vertical e horizontal	125 mm de diâmetro
Reservatório	5000 litros

Fonte: Autor, 2022.

Para a irrigação das plantas, foi feito o projeto da irrigação por gotejamento, onde foram empregados os materiais já existentes no local. Na figura 15 pode-se visualizar o projeto completo em planta.

Figura 15 – Planta baixa com projeto de aproveitamento de água completa.



Fonte: Autor, 2022.

Portanto, conclui-se que a nossa pesquisa com a elaboração de projeto de captação e armazenamento de águas pluviais para fins de utilização de água para irrigação de plantas por meio da irrigação por gotejamento, contribuindo para a minimização do desperdício da água potável na residência.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A necessidade de utilizar conscientemente as riquezas naturais em uma realidade de ausência de serviço de abastecimento de água pluvial, torna-se urgente e necessária. O estudo em questão demonstrou que o reaproveitamento de águas pluviais é uma alternativa eficaz de minimização dos efeitos do desperdício do recurso hídrico. Foi destacado a importância da água, as alternativas de captação e sistemas de uso de águas pluviais.

Para tanto, elaborou um projeto de captação de águas pluviais com o auxílio do *software* AutoCAD, cujo desenho técnico do projeto foi executado em plantas já existentes da residência da chácara, zona rural do município de Apodi-RN. O sistema de captação de águas pluviais por meio do telhado é um sistema de fácil acesso que possibilita a diminuição de despesas, economia de água potável, redução do desperdício de água tratada, além de apresentar economia nos custos do seu fornecimento na residência.

Ainda que no cenário atual, a reserva hídrica do município de Apodi-RN venha apresentando percentual positivo, uma vez que a Barragem de Santa Cruz acumula 42,14% da sua capacidade total, a escassez de água é um problema recorrente, agravado não só pela falta de chuva, mas também pelo mau uso e manejo inadequado da água. A água potável é um recurso natural esgotável e, portanto, precisa ser preservada.

Sem tratamento adequado, a água da chuva é inadequada para consumo humano, mas pode ser usada para diferentes fins domésticos, manejo de plantas, cuidado de animais, dentre outros. No caso em questão, o desenvolvimento do sistema de coleta e armazenamento da água de chuva contribui para ampliar a disponibilidade de água na residência ao longo do ano, com utilização direta para irrigação de plantas.

7. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DAS ÁGUAS (ANA). **Atlas irrigação: uso da água na agricultura irrigada**. Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, 2017. Disponível em: <https://cebds.org/aquasfera/atlas-irrigacao-agencia-nacional-de-aguas-ana/?gclid=CjwKCAjwmvDBhAMEiwA7xYrd9ae2jpcT2ErxUlsy6yGhW6NQaSBZ71bIuSruIMqDd1uhRbLmrUd2BoCRRYQAvD_BwE>.

ALECRIM, Felipe. **Reservas hídricas chegam a meados de maio com 48,37% da sua capacidade**. Natal-RN, IGARN, 16 de maio de 2021. Disponível em: <<http://www.igarn.rn.gov.br/Conteudo.asp?TRAN=ITEM&TARG=288005&ACT=&PAGE=&PARM=&LBL=NOT%CDICIA>>. Acesso em 22/05/2022

ARAÚJO, Sérgio Murilo Santos. A região semiárida do nordeste do Brasil: Questões Ambientais e Possibilidades de uso Sustentável dos Recursos. **Rios Eletrônica- Revista Científica da FASETE**, ano 5 n. 5, dez., p. 89-98, 2011.

ARTICULAÇÃO SEMIÁRIDO BRASILEIRO (ASA). **Acesso à água para populações do semiárido brasileiro**: propostas da sociedade civil. ASA, 2019. Disponível em: <https://www.asabrasil.org.br/images/UserFiles/File/Acesso_a_agua_para_populacoes_do_Semiario_brasileiro.pdf>. Acesso 06 de junho de 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844: Instalações prediais de águas pluviais**. Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527: Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis**. Rio de Janeiro, 2007.

BARBOSA, Antonio Gomes. ASA: Sociedade civil na construção de políticas públicas para a convivência com o Semiárido. ASA, 2012. Disponível em: <https://www.asabrasil.org.br/imprensa/asa-na-midia?artigo_id=994>. Acesso em 06 de junho de 2022.

CARVALHO JÚNIOR, Roberto. **Instalações Prediais Hidráulico-Sanitárias**. São Paulo: Editora Blucher, 2020. Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786555060270/>. Acesso em: 13 nov. 2021.

CARVALHO, Iago Nantes da Cruz *et. al.* Importância da captação e reaproveitamento de água pluvial como forma de minimizar a escassez de água potável. In: **Anais do VI Seminário Científico do UNIFACIG. V Jornada de Iniciação Científica**, 11 e 12 de novembro de 2020. <https://www.youtube.com/watch?v=WOwPQWNndpo>. Acesso em: 07 mai. 2022. Canal oficial do UNIFACIG.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO RIO GRANDE DO NORTE (EMPARN). EMPARN no seu tempo. **Seminário Mundial da Água**, Natal-RN, 2017. Disponível em: <<http://www.adcon.rn.gov.br/ACERVO/IGARN/DOC/DOC000000000145939.PDF>>. Acesso em: 30 maio de 2022.

FERNANDES, Diogo Robson Monte; MEDEIROS NETO, Vicente Batista de; MATTOS, Karen Maria da Costa. Viabilidade econômica do uso da água da chuva: um estudo de caso da implantação de cisterna na UFRN/RN. **Anais do XXVII Encontro Nacional de Engenharia**, 2007. Disponível em <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2007_tr650479_0552.pdf>. Acesso em: 15 abr. 2022.

GARJULLI, Rosana. Os recursos hídricos no semi-árido. *Ciência e Cultura*, v. 55 n.4, São Paulo Oct. /Dec., p. 38-39, 2003.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.

GUIMARÃES, Bruno Vinícius Castro; SOUZA Elias Brasilino de; ABREU, Ana Maria Alves; DONATO, Sérgio Luiz Rodrigues; ASPIAZU, Ignacio. Captação e aproveitamento da água da chuva para fins não potáveis e potáveis. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v.11 n.21; p. 29-31, 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA (IBGE). IBGE cidades-Apodi-RN, 2022. Disponível em: <<https://cidades.ibge.gov.br/brasil/rn/apodi/panorama>>. Acesso em: 10 de junho de 2022.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA (INMET). **Chuvas acumuladas mensais-Apodi (RN), 2020**. Disponível em: <<https://tempo.inmet.gov.br/TabelaEstacoes/A340>>. Acesso em 30 de maio de 2022.

MACINTYRE, Archibald Joseph. **Manual de Instalações Hidráulicas e Sanitárias**. São Paulo: Editora: GEN LTC, 2020. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788521637370>>. Acesso em: 13 nov. 2021.

NERI, Ângelo et. al. Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada (IRPAA): Educação para convivência com o semiárido. In: KÜSTER, Angela; MATTOS, Beatriz Helena Oliveira de Mello (Orgs.) **Educação no contexto do semi-árido brasileiro**. Fortaleza (CE): Fundação Konrad Adenauer, 2004. p.131-138.

OLIVO, Andréia de Menezes; ISHIKI, Hamilton Mitsugu. Brasil frente à escassez de água. **Colloquium Humanarum**, Presidente Prudente, v. 11, n.3, p.41-48, set/dez2014,

OLIVEIRA., M., K., S., FERREIRA., E., A., ALMEIDA., N., V., SILVA., E., F., VASCONCELOS., A., A. Dinâmica Espaço-Temporal da Paisagem Semiárida no Município de Apodi/RN e seus Condicionantes Socioeconômicos e Ambientais. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v.14, n.04, p. 2446-2464, 2021.

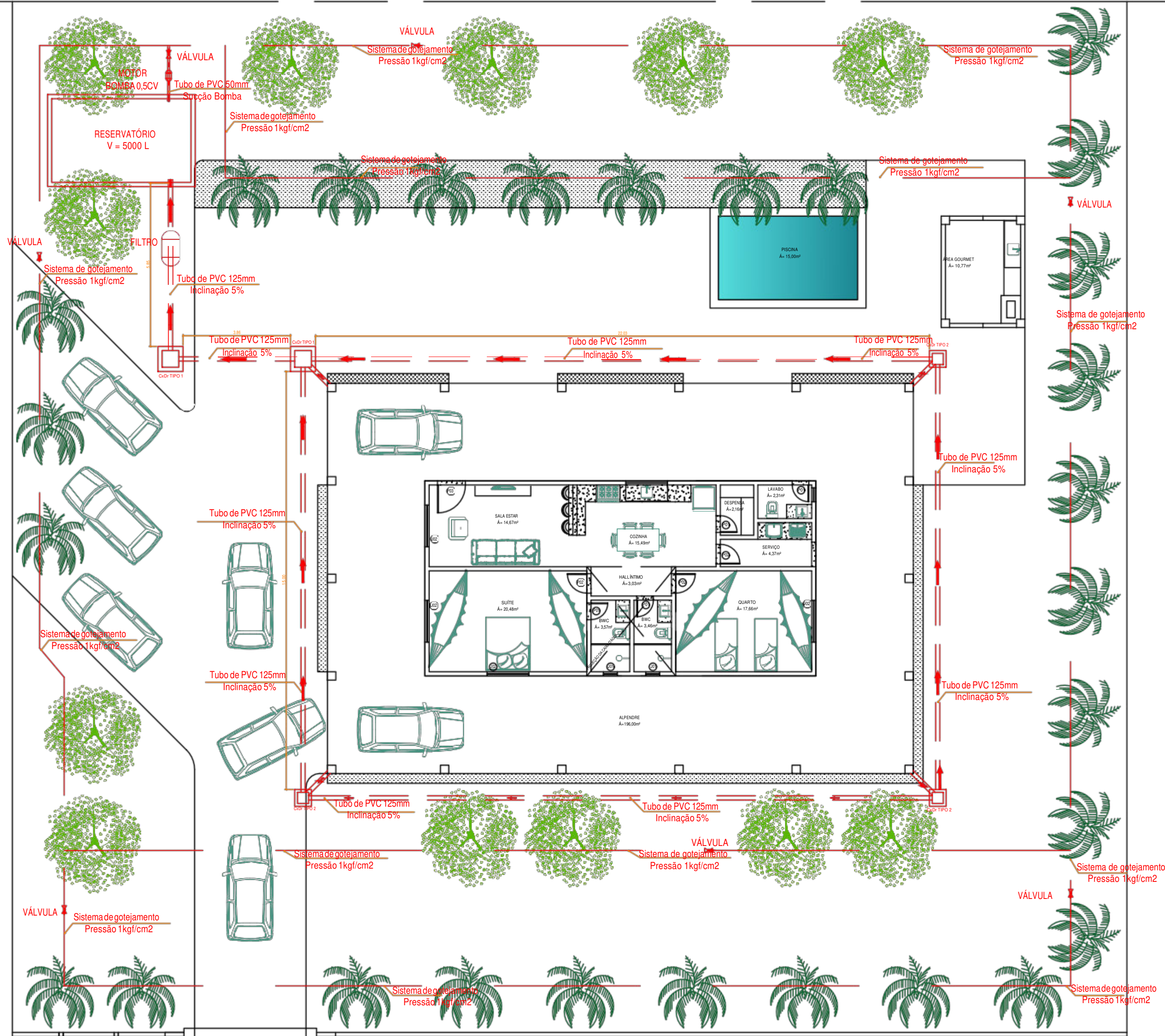
SIQUEIRA, Nathan França Vieira de; SARMENTO, Tainá Rodrigues Santos; SILVA, Flávia da; FARIAS, Bruno Matos de; PIRES, Rachel Cristina Santos. O caminho da água potável: da captação à distribuição. In: PIRES, Rachel Cristina Santos; SILVA, Carlos Henrique R. Tomé. **Recursos Hídricos e Desenvolvimento Sustentável no Brasil**. Brasília-DF, Senado, Boletim Legislativo, Nº 23, 2012. Disponível em: <<https://www2.senado.leg.br/bdsf/bitstream/handle/id/242667/Boletim2012.23.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 17 maio 2022.

SILVA, Alisson, Sousa da. Utilização de software AutoCAD como instrumento didático para a formação acadêmica no ensino de Engenharia. **Revista Produção Industrial & Serviços**, v. 06, n. 1, p. 125-131, 2019.

VERÓL, Aline; VAZQUEZ, Elaine; MIGUEZ, Marcelo. **Sistemas Prediais Hidráulicos e Sanitários - Projetos Práticos e Sustentáveis**. São Paulo: Editora: GEN LTC, 2018. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595152069/>>. Acesso em: 13 nov. 2021.

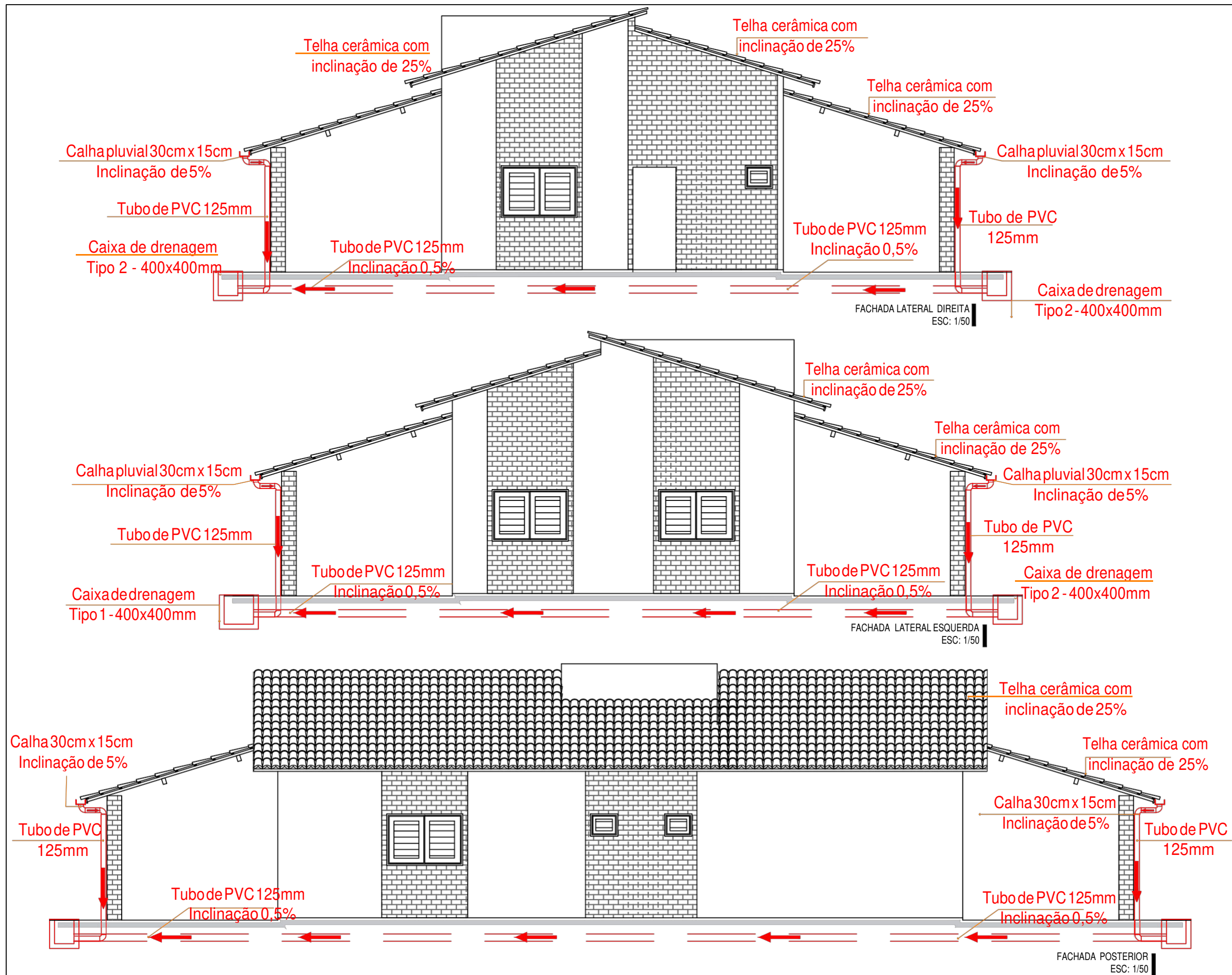
VICENTE, Laís de C.; RUSIN, Carine; OLIVEIRA, Carolina Rossi. *et al.* **Hidráulica, Irrigação e Drenagem**. Porto Alegre - RS: Grupo A, 2021. 9786556902548. Disponível em: <<https://app.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786556902548>>. Acesso em: 06 jun. 2022.

8. APÊNDICES

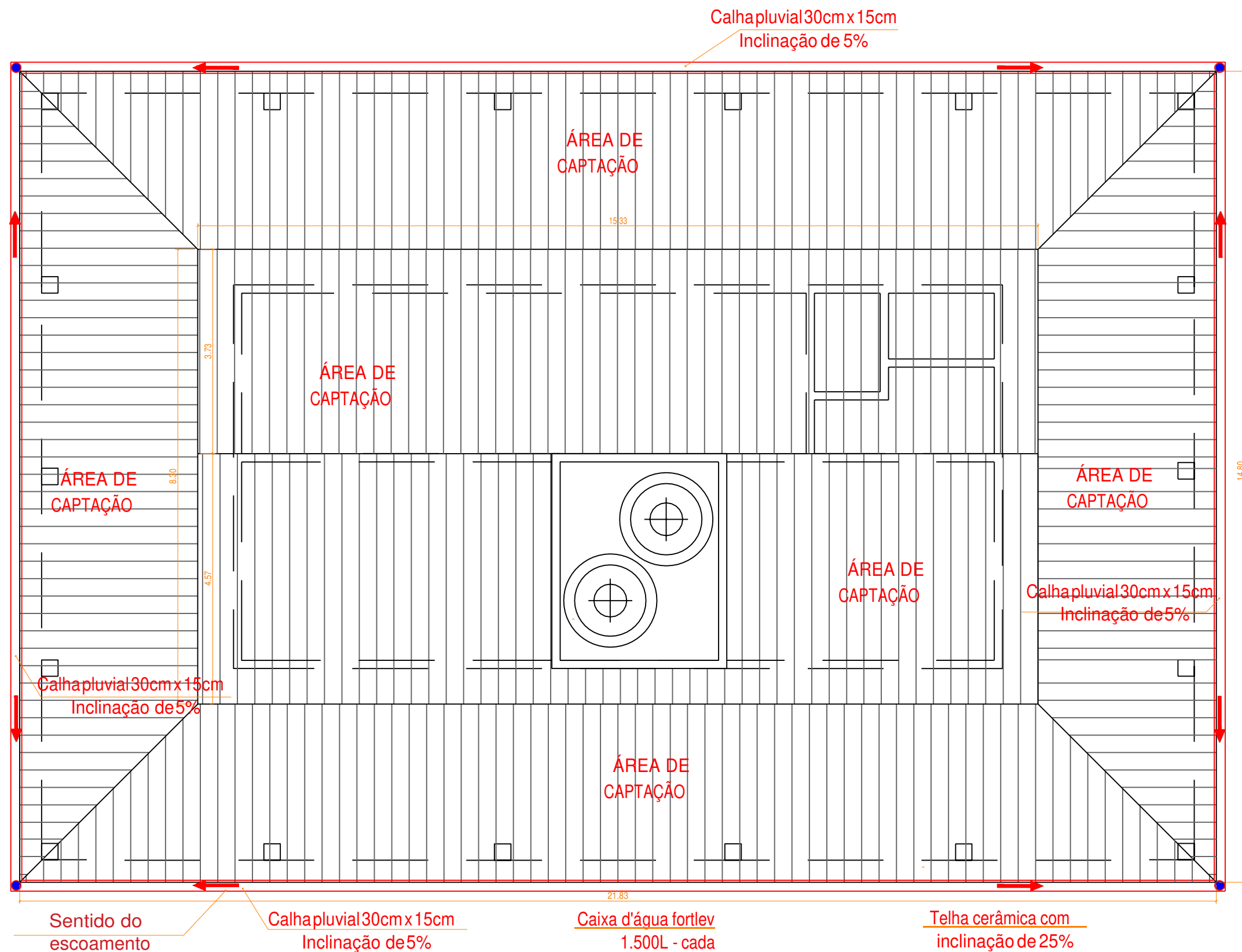


PROJETO DE ÁGUAS PLUVIAIS
ESC: 1/50

PROPRIETÁRIO	
RESPONSÁVEL TÉCNICO	
CARIMBOS	
APROVAÇÃO DE LICENCIAMENTO DE URBANISMO DA PREFEITURA MUNICIPAL DE APODI	
PROJETO DE ÁGUAS PLUVIAIS	
ASSUNTO	PROJETO DE ÁGUAS PLUVIAIS
LOCALIZAÇÃO	
DESENHO	Lucas Dassaev Marinho
DATA	Abril 2022
PRANCHAS	ESCALA 1/50
01/04	



PROPRIETÁRIO	
RESPONSÁVEL TÉCNICO	
CARIMBOS	
APROVAÇÃO DE LICENCIAMENTO DE URBANISMO DA PREFEITURA MUNICIPAL DE APODI	
PROJETO DE ÁGUAS PLUVIAIS	
ASSUNTO PROJETOS DOS CONDUTORES	
LOCALIZAÇÃO	
DESENHO Lucas Dassaev Marinho	
DATA Abril 2022	ESCALA 1/50
PRANCHA:	
02/04	



PROJETO DE ÁGUAS PLUVIAIS

ASSUNTO
PROJETO DAS CALHAS

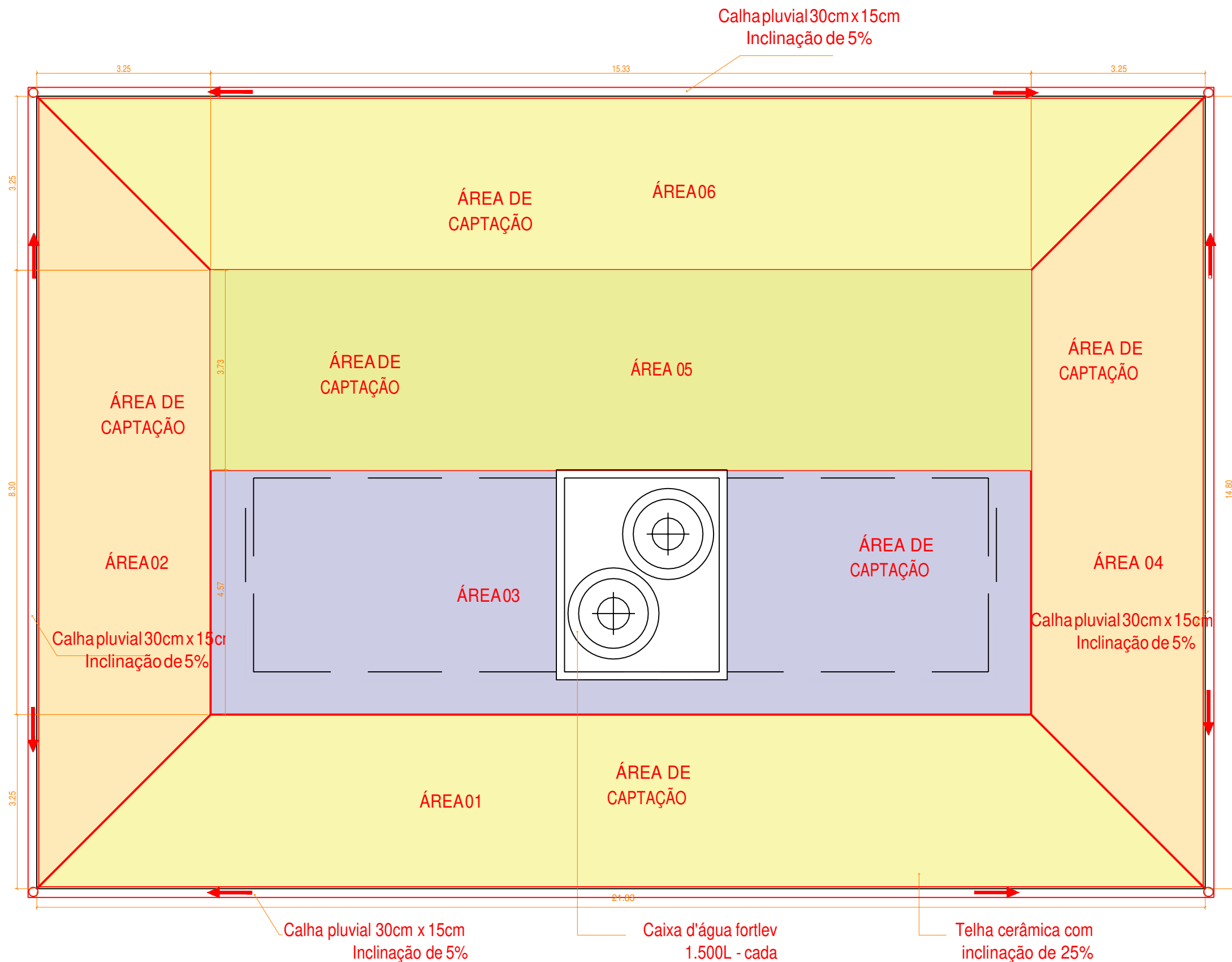
LOCALIZAÇÃO

DESENHO
Lucas Dassaev Marinho

DATA
Abril | 2022

PRANCHA:
ESCALA
1/50

03/04



PROPRIETÁRIO

RESPONSÁVEL TÉCNICO

CARIMBOS

APROVAÇÃO DE LICENCIAMENTO
DE URBANISMO DA PREFEITURA
MUNICIPAL DE APODI

PROJETO DE ÁGUAS
PLUVIAIS

ASSUNTO

ÁREA CARACTERIZADA

LOCALIZAÇÃO

DESENHO
Lucas Dassaev Marinho

DATA
Abril | 2022

PRANCHAS:

ESCALA
1/50

04/04