

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

ANNYLAYNE FELEMA

**IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA
EM UM CONDOMÍNIO FECHADO E SEU EFEITO NA DRENAGEM PLUVIAL**

GUARAPUAVA

2022

ANNYLAYNE FELEMA

**IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA
EM UM CONDOMÍNIO FECHADO E SEU EFEITO NA DRENAGEM PLUVIAL**

**Implementation of a rain water harvest system in a closed condominium and its
effect on a rain drainage**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentada como requisito para obtenção do título
de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).
Orientadora: Prof^a. Dr^a. Mariane Kempka.

GUARAPUAVA

2022



Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

ANNYLAYNE FELEMA

**IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA
EM UM CONDOMÍNIO FECHADO E SEU EFEITO NA DRENAGEM PLUVIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título
de Bacharel em Engenharia Civil da Universidade
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Data de aprovação: 04/julho/2022

Mariane Kempka
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Rodrigo Scoczynski Ribeiro
Doutorado
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Deivid Cirilo Felinto
Engenheiro Civil
Prestes Construtora e Incorporadora

GUARAPUAVA

2022

Dedico este trabalho à minha mãe, pai e irmãos, por
todo suporte durante a minha jornada.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus por permitir todas as realizações em minha vida.

Agradeço a minha família por todo apoio que recebi em todos esses anos que estive na faculdade, foi essencial e acredito que sem ela não chegaria até aqui.

Agradeço a minha orientadora Prof^a. Dr^a. Mariane Kempka, pela paciência e pela sabedoria em todos os ensinamentos a mim passados.

Um agradecimento especial a todos os professores que de alguma forma contribuíram para a minha formação, seus ensinamentos estarão na minha construção como profissional e como pessoa.

Enfim, a todos os que por algum motivo contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

A ocorrência de eventos extremos de chuva, em função do fenômeno La Niña e do aquecimento global, ocupou os noticiários brasileiros nos primeiros meses do ano de 2022, destacando as enchentes e deslizamentos no estado da Bahia, de Minas Gerais e do Rio de Janeiro. No intuito de mitigar os alagamentos e enchentes, também frutos da urbanização e impermeabilização do solo, faz-se necessário pesquisar, criar e apresentar soluções no que concerne a drenagem urbana. solução e ou minimização. Neste sentido, este trabalho avalia o impacto de um sistema de aproveitamento de água da chuva na cidade de Ponta Grossa – PR. Inicialmente estudou-se as características do regime hidrológico local, quantificação e caracterização das áreas do condomínio através de seu projeto de implantação. Simulou-se então a redução das vazões através do método racional analisando o as vazões antes e depois do sistema de aproveitamento de água de chuva. Através de estimativas de utilização fez-se o dimensionamento do reservatório. Por meio de análises estatísticas dos resultados, observou-se uma redução de 41% nas vazões escoadas superficialmente, assim como 14% de redução no valor do coeficiente de escoamento superficial ponderado. Observou-se também que o efeito sobre a drenagem pluvial varia de acordo com a variação das superfícies impermeáveis e pela área de captação (telhado) em relação a área total do condomínio. Fez-se também uma correlação entre a influência da sazonalidade e a precipitação com o sistema de aproveitamento de água de chuva, mostra-se que a quantidade de dias chuvosos é inversamente proporcional a redução média dos volumes escoados diariamente.

Palavras-chave: água de chuva; drenagem urbana; aproveitamento; sustentabilidade.

ABSTRACT

The extreme events of rain, due to the Phenomenon La Niña and global warming, occupied the Brazilian news in the first months of 2022, highlighting the floods and landslides in the state of Bahia, Minas Gerais and Rio de Janeiro. In order to mitigate flooding and floods, also branches of urbanization and soil waterproofing, it is necessary to research, create and present solutions with regard to urban drainage. Solution and or minimization. In this case, this work evaluates the impact of a rainwater use system in the city of Ponta Grossa – PR. First, this was studied the characteristics of the local hydrological regime, quantification and characterization of the condominium areas through its implementation project. The reduction of flows was then simulated through the rational method, by analyzing the flows before and after the rainwater utilization system. With the estimates of use, the tank was dimensioned. The result of analysis, statistically mentioning, shows 41% reduction in flow flows flowed superficially was observed, as well as a 14% reduction in the value of the weighted surface flow coefficient. The effect on rain drainage varies according to the variation of the waterproof surfaces and the catchment area (roof) in relation to the total area of the condominium. A correlation was made between the influence of seasonality and precipitation with the rainwater utilization system, the quantity of rainy days is inversely proportional to the average reduction of volumes drained daily.

Keywords: rainwater; urban drainage; exploitation; sustainability.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Enchente do Rio Madeira no ano de 2019	18
Figura 2 – Inundações do Rio Amazonas no ano de 2018	19
Figura 3 – Escoamento concentrado de águas pluviais em Sorocaba no ano de 2015	20
Figura 4 – Situação de alagamento em Sorocaba no ano de 2018	20
Figura 5 – Esquema de um sistema hidráulico de aproveitamento de água pluvial e de água potável	23
Figura 6 – Esquema de telhado com superfície inclinada	30
Figura 7 – Curvas IDF para Ponta Grossa	35
Figura 8 – Precipitação média mensal em Ponta Grossa	39
Figura 9 – Vista superior do terreno estudado	41
Figura 10 – Implantação do empreendimento	41
Figura 11 – Detalhes de projeto de cobertura das casas do condomínio Viva Princesa	42
Figura 12 – Alocação do sistema de aproveitamento	43
Figura 13 – Sistema de aproveitamento visto lateralmente	44
Figura 14 – Detalhe do filtro	45
Figura 15 – Esquema de funcionamento do dispositivo <i>first flush</i>	46
Figura 16 – Detalhe da base do reservatório	47
Figura 17 – Detalhe da canalização horizontal	48
Figura 18 – Detalhe do redutor de turbulência	49
Figura 19 – Precipitações médias mensais e precipitações máximas mensais	58
Figura 20 – Número médio de dias chuvosos e média de chuva por dia chuvoso	58
Figura 21 – Média de escoamento mensal	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Coeficiente de escoamento superficial para algumas superfícies ...	36
Tabela 2 – Orçamento detalhado do sistema de aproveitamento de água de chuva.....	50
Tabela 3 – Quantificação de áreas do condomínio Viva Princesa	51
Tabela 4 – Usos para a água não potável.....	54
Tabela 5 – Dados e volume mensal disponível.....	54
Tabela 6 – Coeficiente C para o segundo cenário.....	55
Tabela 7 – Coeficiente C para o terceiro cenário.....	56
Tabela 8 – Vazões máximas para os 3 cenários	56

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico
ETA	Estação de Tratamento de Água
GPRH	Grupo de Pesquisas em Recursos Hídricos
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IDF	Intensidade, Duração e Frequência
IPTU	Imposto Predial e Territorial Urbano
NBR	Normas Brasileiras
SAAP	Sistema de Aproveitamento de Água Pluvial
SINAPI	Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil
SNIS	Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento
UFV	Universidade Federal de Viçosa
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	15
2.1	Objetivo principal	15
2.2	Objetivos secundários	15
3	A DICOTOMIA DA ÁGUA.....	16
3.1	Drenagem: a água no contexto urbano	16
3.2	Excesso de água no contexto urbano	17
3.3	Escassez de a água no contexto urbano	20
4	ASPECTOS NORMATIVOS DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA	23
4.1	Elaboração do projeto de captação e distribuição das águas pluviais.....	28
4.1.1	Dimensionamento do reservatório.....	28
4.1.2	Estimativa de oferta.....	30
4.1.3	Estimativa de demanda	30
4.1.4	Dimensionamento das calhas	30
4.1.5	Dimensionamento dos condutos verticais e horizontais	31
5	CONCEITOS HIDROLÓGICOS	32
5.1	Precipitação	32
5.2	Curva IDF	33
5.3	Coeficiente de escoamento superficial	15
5.4	Método racional	37
5.5	Hidrologia local.....	38
6	CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO	40
6.1	Definição e caracterização da edificação objeto	41
6.2	Sistema de aproveitamento de água pluvial	42
6.3	Quantificação de material e valor do sistema de aproveitamento de água pluvial.....	49
6.4	Quantificação de áreas	50
6.5	Dimensionamento de calhas	51
6.6	Dimensionamento dos condutos	51
7	RESULTADOS E DISCUSSÕES	53
7.1	Estimativa da capacidade de coleta	53
7.2	Estimativa do volume de demanda.....	53

7.3	Escoamento superficial	54
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	61
	REFERÊNCIAS	63
	ANEXO – Projeto arquitetônico executivo da tipologia 3	71

1 INTRODUÇÃO

O aumento da população mundial torna-se um problema, pois a cada ano somam-se mais pessoas no mundo produzindo lixo, resíduos, e competindo entre si por espaço, comida e água. Ainda, em virtude do avanço da medicina e da tecnologia, colabora com o aumento da expectativa de vida (WEIGL, 2016; ONU, 2020). Somado a isso, traz à realidade as mudanças climáticas que decorrem dos hábitos e dos padrões de consumo dessa população. De acordo com Lucia da Costa Ferreira, as alterações meteorológicas que vem ocorrendo com maior frequência são consequências, na maioria das vezes, da ação humana e não por fatores geológicos (COLL, 2020).

A urbanização acompanhada da impermeabilização do solo, diminui a infiltração e aumenta o escoamento superficial tendo como resposta as inundações e enchentes que são responsáveis por perdas financeiras, danos à saúde e, normalmente, atingem as comunidades mais pobres. Tucci (2005) complementa atribuindo a má gestão pública de sistemas de drenagem de águas pluviais a mais importante causa de problemas como a mistura de esgoto às águas pluviais, que leva a vetorização de doenças de veiculação hídrica, e a construção de canais e condutos em excesso, sem planejamento e de forma custosa, com função de transferir inundações de um local para outro das cidades.

Sabe-se que a gestão da drenagem urbana é de responsabilidade municipal, (Lei Federal nº 11.445, de 2007) no entanto, os municípios encontram muitas dificuldades na implantação, operação e manutenção das redes, uma vez que muitos municípios não dispõem de uma estrutura para esta área, tanto do ponto de vista organizacional quanto financeiro, para o desenvolvimento e gerenciamento dos sistemas de drenagem.

O Marco Legal do Saneamento Básico foi atualizado de acordo com a Lei Federal nº 14.026, de 2020, e tem como principal objetivo universalizar e qualificar a prestação de serviços no setor até dezembro de 2033. Segundo Brasil (2020), a nova lei além de proporcionar uma economia para os cofres públicos, mais qualidade de vida e saúde à população, também irá contribuir para a revitalização de bacias hidrográficas, a conservação do meio ambiente e a redução de perdas de água (BRASIL, 2020).

A Lei supracitada sancionada é uma grande aliada no quesito de melhoria de qualidade de vida da população e economia para o país, porém precisa-se pensar no consciente individual e para essa situação, é imprescindível a procura por alternativas, tais como pavimentos permeáveis, aumento da faixa gramada, telhados verdes e até mesmo a criação de políticas públicas para aproveitamento de águas pluviais a nível de lote.

O aproveitamento das águas da chuva, além de diminuir o escoamento superficial, pode auxiliar na diminuição do consumo de água potável quando utilizada para a lavagem de calçadas, lavagem de carros, rega de jardins, utilização nas bacias sanitárias, entre outros.

Portanto, o objetivo desse trabalho é identificar o potencial de coleta de água da chuva em residências unifamiliares de um condomínio horizontal na cidade de Ponta Grossa, com propósito de diminuir o volume de água aportado no córrego que passa ao lado do condomínio.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo principal

O principal objetivo desse trabalho é identificar a capacidade de coleta de água da chuva em residências unifamiliares de um condomínio horizontal na cidade de Ponta Grossa com a reutilização de águas pluviais em usos não potáveis nas edificações.

2.2 Objetivo principal

Os objetivos específicos são:

- Quantificar o volume de captação de águas pluviais das edificações;
- Indicar o consumo de água para os fins não potáveis das edificações de acordo com a capacidade de coleta;
- Dimensionar o sistema de aproveitamento de água pluvial assim com o reservatório de coleta;
- Comparar a oferta de água da chuva com a demanda obtida na análise do consumo de água para fins não potáveis dos edifícios;
- Avaliar o potencial de redução do escoamento superficial no empreendimento, com as medidas de controle

3 A DICOTOMIA DA ÁGUA

3.1 Drenagem: a água no contexto urbano

A drenagem pluvial urbana tem a função de remover o excesso de águas das chuvas que não conseguem infiltrar no solo, da forma mais eficiente possível, com o objetivo de diminuir os riscos de alagamentos, inundações e proliferação das doenças de veiculação hídrica (TUCCI, 2005).

O sistema de drenagem urbana divide-se em dois subsistemas: microdrenagem e macrodrenagem. A microdrenagem consiste em um sistema de condutos em nível de loteamento ou de rede primária urbana, sendo responsável por conduzir as águas das chuvas vindo de construções, lotes, ruas, praças etc. Elementos que compõem o sistema de microdrenagem são os pavimentos, sarjetas, bocas de lobo, galerias de águas pluviais e canais de pequenas dimensões (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2015).

Já a macrodrenagem corresponde à rede de maior porte, que recebe águas já concentradas, advindas da rede de microdrenagem, lançando-as no corpo receptor final. Os componentes da rede de macrodrenagem se referem aos próprios caminhos de drenagem natural, constituídos por rios e córregos. As obras realizadas, nessa rede, modificam e complementam os caminhos naturais, tais como canalizações, galerias de maior dimensão, barragens, diques, entre outras possíveis estruturas (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2015).

No início do século XX, os sistemas de drenagem consistiam em levar os efluentes o mais rápido possível para a jusante dos rios, sem a divisão dos sistemas da rede de esgoto e a rede de drenagem de águas pluviais. Tempos depois, na década de 60 constataram-se os primeiros problemas devido a essa prática, como a morte de pessoas e animais associados a falta de tratamento e separação dos volumes de efluentes. Fez-se então necessário investimentos significativos nos sistemas de manejo de águas e fundamentalmente no controle de águas pluviais (SOUZA; CRUZ; TUCCI, 2012).

Essa necessidade de medidas para a drenagem urbana iniciada na década de 60, em vários países, passa por constantes atualizações até os dias atuais. No Brasil o órgão responsável pela Política Nacional de Recursos Hídricos (Lei nº 9.433

de 1997) é a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), criada de acordo com a Lei nº 9.984 de 2000 e atualizada conforme a Lei nº 14.026 de 2020.

3.2 Excesso de água no contexto urbano

A urbanização ocorrida no Brasil a partir de 1970 intensificou a transformação das bacias hidrográficas com a demasiada impermeabilização do solo, ocupação de várzeas e margens dos rios. A nível global, todas essas transformações aliadas à exploração dos recursos naturais e emissões de poluentes resultou no processo das mudanças climáticas.

Uma das consequências das mudanças climáticas é a alteração do regime de chuvas global, com aumento significativo da frequência de eventos hidrológicos extremos, como inundações e longos períodos de seca. Esses eventos afetam diretamente a oferta de água, ameaçando o suprimento de recursos hídricos (ANA, 2016).

Somado a isso, no caso das chuvas intensas, pode-se adicionar a falha dos sistemas de drenagem que não suportam o aumento de vazão. Tal deficiência no escoamento da água, promove o acúmulo na superfície do solo propiciando a proliferação de mosquitos responsáveis por algumas doenças, como a malária e a dengue, provoca alagamentos e enchentes e diminui a vida útil dos pavimentos. (OPAS, X).

A impermeabilização do solo pode ser considerado o principal efeito da urbanização e consiste em perder a capacidade de absorção da água pelo solo, diminuindo o processo de evapotranspiração, reduzindo o potencial de infiltração e a recarga dos aquíferos, aumentando e acelerando o escoamento superficial. Está diretamente associada ao desmatamento, a substituição da cobertura vegetal por pavimentos praticamente impermeáveis (MIGUEZ; VERÓL; REZENDE, 2015).

As áreas urbanizadas são impermeabilizadas por edificações e vias de transporte. Na presença de um volume exagerado de chuvas, a impermeabilização do solo faz aparecer problemas que se vê com uma grande frequência, ocorrendo devido ao transbordo das águas pluviais na superfície do solo impermeabilizado.

As principais consequências da impermeabilização do solo são as enchentes, inundações e enxurradas.

“Inundações e enchentes são eventos naturais que ocorrem com periodicidade nos cursos d’água, frequentemente deflagrados por chuvas fortes e

rápidas ou chuvas de longa duração.” (TOMINAGA; SANTORO; AMARAL, 2009, p. 41).

As enchentes ou cheias, de acordo com o Mapeamento de Riscos em Encostas e Margens de Rios (2007), são consequências da elevação temporária do nível d’água em um canal de drenagem devido ao aumento da vazão ou descarga.

Quando as enchentes atingem uma magnitude que ultrapasse a capacidade de descarga da calha do curso d’água e extravasam para áreas marginais habitualmente não ocupadas por águas, caracterizam as inundações, atingindo a cota acima do nível máximo da calha principal do rio (IPT, 2007).

Na figura 1 tem-se uma imagem da cheia do Rio Madeira em 2019, quando a cota da água registrada ficou cerca de vinte metros acima do nível normal, chegando quase a transbordar a BR-364, fenômeno que isolaria o Acre do restante do Brasil (G1 RO, 2019). Na ocasião, segundo a Defesa Civil do estado, mais de 1,4 mil pessoas foram afetadas e tiveram que deixar suas casas.

Figura 1 – Enchente do Rio Madeira no ano de 2019



Fonte: ACISA (2019)

A inundação do Rio Amazonas em 2018, em que os níveis de água ultrapassaram 29 metros, valor de referência para acionar o estado de emergência na cidade de Manaus, atingiu as regiões marginais ao Rio, isolando edifica es e deixando famílias ilhadas, como evidenciado na figura 2 (G1 AM, 2018).

Devido a maior ocorrência de fen menos extremos, como a inunda o da bacia Amazônica de 2018, deu-se a motiva o para a realiza o de um estudo publicado na revista *Science Advances*, intitulado como *Recent intensification of Amazon flooding extremes driven by strengthened Walker circulation* (2018), traduzindo para o português, tem-se Intensifica o recente dos extremos de

inundação da Amazônia impulsionado pela circulação reforçada de Walker (G1 AM, 2018).

Figura 2 – Inundação do Rio Amazonas no ano de 2018



Fonte: Ciberia (2018)

As enchentes e as inundações ocorrem próximas as margens dos rios, estando relacionadas as elevações dos níveis de água dos canais. Já as enxurradas e os alagamentos acontecem mais comumente em meios urbanos e o problema está associado a falha no sistema de drenagem pluvial das cidades.

As enxurradas, de acordo com o Mapeamento de Riscos em Encostas e Margens de Rios (2007), são os escoamentos superficiais concentrados e com alta energia de transporte, que pode ou não estar associado a áreas de domínio dos processos fluviais.

Na figura 3 pode-se observar a força de uma enxurrada que ocorreu na cidade de Sorocaba, interior de São Paulo, no ano de 2015. Segundo Nascimento (2015), o motorista do veículo tentou fazer a travessia do cruzamento da Avenida Américo Figueiredo com a Rua Cecília Meireles e acabou sendo arrastado pela forte correnteza da enxurrada.

Figura 3 – Escoamento concentrado de águas pluviais em Sorocaba no ano 2015



Fonte: TV Jornal Cruzeiro do Sul (2015)

Os alagamentos são momentâneos, ou seja, ocorre o acúmulo de água em uma dada área devido à precipitação intensa ou prolongada, aliada ou não, a deficiência no sistema de drenagem, podendo ter ou não relação com processos de natureza fluvial (IPT, 2007).

A figura 4 ilustra uma situação de alagamento em Barra Funda, um distrito da cidade de São Paulo no ano de 2020. No dia 10 de fevereiro de 2020, São Paulo amanheceu com vários pontos da cidade alagados e inacessíveis, congestionando todo o trânsito da cidade durante o decorrer do dia, até que houvesse a baixa do nível de água da área submersa (R7, 2020).

Figura 4 – Situação de alagamento em Sorocaba no ano de 2018



Fonte: R7 São Paulo (2020)

3.3 Escassez de água no contexto urbano

O consumo responsável da água tem sido apontado como um dos grandes aliados na preservação do meio ambiente, tendo em conta que é um recurso finito e que precisa ser preservado para que esteja sempre disponível (SANEPAR, 2015).

A degradação do meio ambiente aliado ao desperdício de água potável tem como consequência uma diminuição gradativa na oferta de água. De acordo com a ANA (2017), a demanda por uso de água é crescente, sendo esse aumento diretamente relacionado ao desenvolvimento econômico e ao processo de urbanização do país.

Ainda, de acordo com o G1 Natureza (2018), vê-se que a mudança climática vem causando secas mais frequentes e mais severas. Em 2018, a Cidade do Cabo, capital da África do Sul, que estava passando por uma seca histórica de três anos, teve a eminência do Dia Zero. No início do ano, o governo sul-africano anunciou medidas restritivas para o controle do uso da água. Caso não houvesse a redução necessária chegaria o Dia Zero tal qual seria o fim de todas as reservas de água deixando a população sem nenhuma gota de água potável disponível nos reservatórios (G1 NATUREZA, 2018).

No Brasil, tem-se um desperdício de 39,2% de água entre a estação de tratamento de água até o hidrômetro de cada consumidor. Os motivos que levam esses desperdícios são as ligações clandestinas, infraestrutura desgastada, vazamentos, obras mal executadas, entre outros problemas de infraestrutura (SNIS, 2019).

No Paraná, em 2020, o governador do Estado decretou emergência hídrica em maio. De acordo com informações do IAT – Instituto Água e Terra e do Simepar – Sistema Meteorológico do Paraná, em 61% do Paraná houve seca grave e em 9%, na região de Curitiba, houve seca extrema. Após os reservatórios atingirem o pior nível de água da história, houve a instauração de rodízio de água de 36 horas para Curitiba e Região, ou seja, a população fica um dia e meio sem água e um dia e meio com água (CORDEIRO, 2020).

Frente a isso, a busca por fontes alternativas de água se faz imprescindível. Entende-se por fontes alternativas de água aquelas que não estão sob concessão de órgãos públicos ou que não sofrem cobrança pelo uso. Sautchuk *et al.* (2005) lista algumas opções de fontes alternativas sendo a água cinza, água pluvial, água de drenagem de terrenos, água de reuso da concessionária, captação direta e águas subterrâneas.

Nesse sentido, a utilização da água da chuva e o reaproveitamento de águas cinzas podem ser boas escolhas para poupar o sistema hídrico do país fazendo com que a população se conscientize e descubra a importância da economia de água

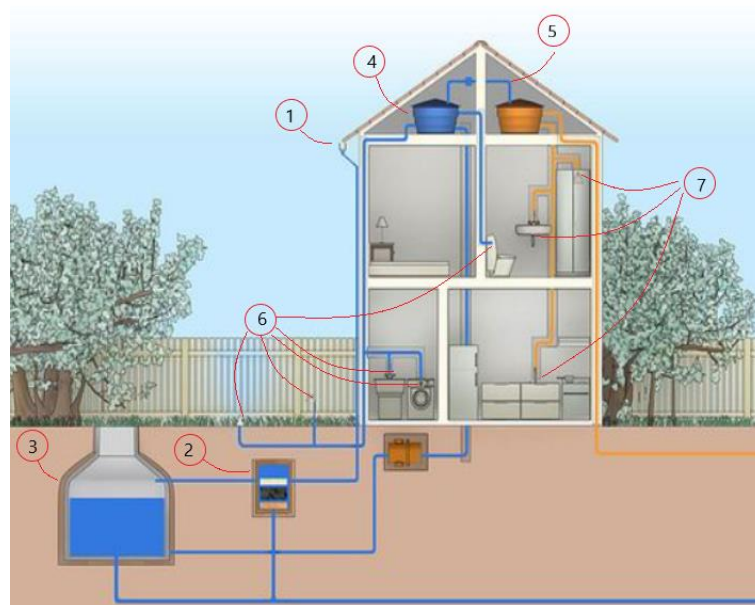
potável. Cenários como os descritos em Cidade do Cabo e no Paraná, são cada vez mais comuns, portanto, é imprescindível que as pessoas aprendam a adaptar-se e utilizar cada vez menos água potável em desperdício.

4 ASPECTOS NORMATIVOS DO SISTEMA DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA DE CHUVA – SISTEMAS DE APROVEITAMENTO DE ÁGUA

No Brasil, desde 2007, existe uma regulamentação para a captação e uso das águas das chuvas provenientes dos telhados das edificações. A NBR 15.527/2019 – Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fins não potáveis – Requisitos, dispõe alguns requisitos para a utilização das águas da chuva para fins não potáveis, sendo sobre a concepção do sistema, os componentes do sistema, as formas de tratamento e níveis de qualidade da água a ser utilizada.

A figura 5 ilustra um sistema de aproveitamento de água de chuva e um sistema hidráulico de água potável, a fim de obter-se uma melhor compreensão acerca do assunto. O sistema representado pela cor azul refere-se ao sistema hidráulico de aproveitamento de água de chuva e o sistema representado pela cor laranja refere-se ao sistema hidráulico de água potável.

Figura 5 – Esquema de um sistema hidráulico de aproveitamento de água pluvial e de água potável



Fonte: Adaptado de Torres, Moraes e Marques (201X)

No ponto número 1 estão representadas as calhas, e no sentido gravitacional seguindo o conduto vertical, tem-se o transporte das águas coletadas nas calhas que são advindas das coberturas e levadas até o reservatório inferior. As calhas e condutores devem ser dimensionados de acordo com a NBR 10.844/1989. É preciso saber o período de retorno escolhido, a vazão de projeto e intensidade

pluviométrica, A NBR 15.527/2019, recomenda um tempo de retorno de no mínimo 25 anos.

Seguindo a sequência do esquema, após a passagem pelo conduto vertical, a água da chuva passa pelo conduto horizontal, onde a água de chuva captada precisa passar por um pré-tratamento, mostrada no ponto de número 2, antes de ser armazenada no reservatório inferior. A Norma NBR 15.527/2019, recomenda que os dispositivos escolhidos para o pré-tratamento da água sejam de fácil manutenção e duráveis.

A fim de reter sólidos indesejáveis (detritos, folhas, insetos etc.), a NBR 15.527/2019, recomenda a instalação de dispositivos, como grades e telas. Recomenda também instalar um dispositivo para o descarte da água do escoamento inicial, o *First Flush*, de preferência que este dispositivo seja automático. Quaisquer dispositivos para remoção de detritos ou de descarte do escoamento inicial não podem interferir no desempenho hidráulico das calhas e condutores da edificação.

Após a chegada da água da chuva no reservatório inferior, no ponto 3, é bombeada para o reservatório superior, mostrado no ponto número 4, onde fica disponível para o consumo no potável da edificação.

De acordo com a NBR 15.527/2019, o volume do reservatório deve ser dimensionado, considerando a área de captação, regime pluviométrico e demanda não potável a ser atendida.

Os reservatórios devem ser limpos e desinfetados, no mínimo, uma vez por ano, e protegidos contra a incidência de luz solar e de animais que possam adentrar o reservatório (ABNT: NBR 15.529, 2019).

Caso haja necessidade de abastecer o reservatório de água de chuva com água potável, como mostrado no ponto número 5, deve-se prever um dispositivo de separação atmosférica para evitar refluxo. A Norma NBR 15.527, recomenda que este procedimento ocorra de forma automatizada.

O volume não aproveitável de água de chuva pode ser lançado na rede pública de coleta de águas pluviais, desde que não haja perigo de contaminação do lençol freático, a critério da autoridade local competente (ABNT, 2019).

O sistema de distribuição de água da chuva, assim como os pontos finais de distribuição, mostrado no ponto número 6, devem ser independentes do sistema de água potável, claramente diferenciadas não permitindo a conexão cruzada. Os pontos de consumo final devem ser de uso restrito e acompanhado de placas de

advertência. Os pontos de consumo, como por exemplo, uma torneira de jardim, deve ser de uso restrito e identificado com placa de advertência com a seguinte inscrição “ÁGUA NÃO POTÁVEL” e identificação gráfica (ABNT, 2019).

As instalações prediais de água não potável devem atender a NBR 5.626/2020: Sistemas prediais de água fria e água quente – Projeto, execução, operação e manutenção, quanto as recomendações dos materiais de construção das instalações, da retrossifonagem, dos dispositivos de prevenção de refluxo, proteção contra interligação entre água potável e não potável, do dimensionamento das tubulações, controle de ruído, vibrações e se for necessário o bombeamento.

Para o sistema de água potável, mostrado no ponto número 7, são necessárias medidas e eventuais manutenções para sempre preservar o nível de potabilidade da água. Assim como, assegurar o fornecimento de água de forma contínua, em quantidade adequada e com pressões e vazões compatíveis com o funcionamento previsto dos aparelhos, peças e demais componentes (ABNT, 2020).

O aproveitamento da água da chuva é captado por uma superfície, denominada área de captação e no armazenamento da água em reservatório, cisterna ou ainda uma mini cisterna. Conforme a ABNT (2019) na NBR 15.527a água da chuva deve passar por um processo de pré-tratamento a fim de deter detritos e folhas que podem prejudicar o bom funcionamento do sistema. Na sequência segue pelo sistema de recalque levando a água para o reservatório superior que por fim fara a distribuição da água aos seus pontos finais de consumo não potáveis (ABNT, 2019).

A água advinda do reservatório de aproveitamento de água pluvial precisa também atender alguns requisitos mínimos de qualidade esperados para o uso da água não potável, de acordo com a ABNT (2021) na NBR 15.571-1. Esses requisitos consistem em ser a contagem de coliformes (*E. coli*) por volume de 100ml menor que 200 organismos por 100ml, a turbidez da água deve ser de no máximo 5 unidades de turbidez e é preciso prever um ajuste de pH, que varia no intervalo de 6 a 9 (ABNT, 2019).

Para que haja a garantia da qualidade da água não potável faz-se necessário a realização de testes laboratoriais com amostras pré-definidas para cada tipo ensaio, para assim poder se fazer a definição do tipo de tratamento de desinfecção a ser utilizado. Tendo a necessidade de desinfecção da água não

potável a ABNT (2019) recomenda a utilização de cloro, ozônio, ultravioleta ou outras tecnologias conforme o carecimento de cada situação.

Esses parâmetros precisam ser fiscalizados periodicamente em uma frequência mínima de 6 meses. Se for constatada alguma anomalia no sistema deve-se suspender imediatamente a utilização, em seguida repetir a análise para a confirmação da contaminação, caso haja a persistência do resultado positivo é preciso eliminar a causa e submeter o sistema a sua condição mínima de qualidade da água e após solucionado o problema, retomar a distribuição da água por todo o sistema de distribuição não potável (ABNT, 2019).

O tratamento deve ser realizado em função do uso final e da qualidade requerida. Caso o pré-tratamento não seja suficiente para atingir os parâmetros mínimos de qualidade da água da chuva, a NBR 15.527/2019 recomenda que deve ser acrescido ao sistema um tratamento adicional por meio de soluções físicas e químicas de modo a atingir aqueles parâmetros.

A água da chuva pode ser utilizada desde que haja o tratamento adequado, de forma que não comprometa a saúde de seus usuários, nem a vida útil do sistema. Essa prática é comumente utilizada em regiões áridas e semiáridas, também vem sendo bastante utilizada no Brasil (SAUTCHUK *et al.*, 2005).

As normas utilizadas para a elaboração do dimensionamento do sistema de aproveitamento de água da chuva são, NBR 5.626/2020: Sistemas prediais de água fria e água quente – Projeto, execução, operação e manutenção e a NBR 10.844/1989: Instalações prediais de águas pluviais.

Na fase do estudo da concepção deve constar a caracterização geral do local e demais informações como precipitação pluviométrico, área de captação, volume do reservatório, mecanismos para melhoria da qualidade da água, demanda a ser atendida e percentual de atendimento estimado desta demanda. É necessário também ter acesso as series históricas das precipitações da região onde será feito o projeto de aproveitamento de água da chuva. Além disso, o sistema deve impedir a entrada e proliferação de vetores, em especial mosquitos (ABNT, 2019).

A disponibilidade teórica de água de chuva para captação pode ser estimada pela equação 1, da NBR 15.527/2019, e depende da precipitação, da área de captação, do coeficiente superficial da cobertura e da eficiência do sistema de tratamento.

$$V_{disp} = P.A.C.\eta$$

Equação 1

Onde:

V_{disp} é o volume disponível anual, mensal ou diário de água de chuva(L);

P é a precipitação média anual, mensal ou diária(mm);

A é a área de coleta (m²);

C é o coeficiente de escoamento superficial da cobertura (*runoff*);

η é a eficiência da captação, levando em conta o dispositivo de descarte de sólidos e desvio de escoamento inicial, caso este último seja utilizado. Estes dados podem ser fornecidos pelo fabricante ou estimados pelo projetista. Na falta de dados, recomenda-se o fator de captação 0,85.

Outros adendos normativos são os incentivos fiscais necessários para fazer com que a aderência ao sistema de aproveitamento de água de chuva seja dada de forma benevolente pela população brasileira de modo geral. O IPTU verde, implantado em algumas cidades do Brasil, é um programa de incentivos a práticas sustentáveis, dentre elas está o aproveitamento de água de chuva, quanto maior a aderência a utilização das práticas sustentáveis maior é o desconto nos impostos sobre os terrenos e edificações em questão (MIRANDA, 2022).

Com o enfrentamento de uma crise hídrica severa, não vista nos últimos 90 anos, na região metropolitana de Curitiba, a Sanepar adiantou o investimento de aproximadamente 250 milhões de reais na infraestrutura dessa região. A crise exigiu da Sanepar a conclusão de mais 2 reservatórios de água tratada em Curitiba e a substituição da adutora de 1,5 quilômetros, que leva água da captação até a estação de tratamento de água (ETA). Devido a essas obras e a economia por parte da população fez findar o rodízio de abastecimento, que acontecia desde março de 2020, no sistema de abastecimento da região metropolitana de Curitiba em 2022 (PARANÁ, 2022).

Existe também a Lei Estadual nº 20.444 de 2020, que reforça sobre o uso responsável de água no Estado do Paraná, visto que o estado tem passado por crises hídricas históricas nos últimos anos. Os objetivos dessa lei consistem em incentivar a população por diferentes maneiras às boas práticas em relação a utilização consciente da água potável e a reutilização de água de chuva para fins não potáveis.

A prefeitura de Ponta Grossa, desde 2006, por meio da Lei nº 8.718 instituiu o programa de captação, armazenagem, conservação e uso racional da água pluvial nas edificações urbanas. No documento aponta que a água da chuva deverá ser coletada nas coberturas e encaminhada para cisternas para os usos em que não é necessária água tratada, tais como rega de jardins e horta; descargas sanitárias, lavagem de roupas; lavagem de veículos, calçadas e pisos (PONTA GROSSA, 2006).

4.1 Elaboração do projeto de captação e distribuição das águas pluviais

A elaboração dos projetos será pautada nas normas vigentes, NBR 10.844/1989 – Instalações prediais de águas pluviais e NBR 15.527/2019 – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – requisitos.

4.1.1 Dimensionamento do reservatório

A ABNT (2007) por meio da NBR 15.527 propõe seis diferentes métodos de dimensionamento para os reservatórios de água da chuva, contudo, existem métodos específicos para determinados objetivos a serem alcançados com o sistema de aproveitamento de águas pluviais.

O Método Rippl, também chamado de método do diagrama de massas, é um procedimento gráfico onde a curva mostra os volumes médios mensais acumulados ao longo de um ano hidrológico (DORNELLES; TASSI; GOLDENFUM, 2010). Este método é recomendado para situações que tenham um período crítico muito bem definido (FONSECA; FILHO, 2019).

O Método da Simulação é utilizado para fazer uma simulação do comportamento do volume de água no reservatório. Essa simulação inicia com o reservatório cheio e os dados históricos são representativos para as condições futuras na aplicação da equação 2 (ABNT, 2007).

$$S_{i+1} = S_i + A \cdot P_i - D_i \quad \text{Equação 2}$$

Onde:

S é o volume de água do reservatório (L);

A é a área de coleta de água de chuva (m²);

P é a precipitação anual (mm);

D é o valor numérico da demanda anual de água não potável (L);

i é indexador temporal (dia ou mês).

O Método Azevedo Neto objetiva obter o volume do reservatório com a equação 3, tal qual são necessários apenas 3 parâmetros (ABNT, 2007).

$$V = 0,042.P.A.T \quad \text{Equação 3}$$

Onde:

V é o valor numérico do volume de água e o volume de água do reservatório (L);

P é o valor numérico da precipitação média anual (mm);

A é o valor numérico da área de coleta em projeto (m²);

T é o valor numérico do número de meses de pouca chuva ou seca (mês).

O Método Prático Alemão é um método empírico, em que se atribui ao reservatório o menor volume possível, entre 6% do volume anual de consumo e 6% do volume anual de precipitação aproveitável, conforme expresso na equação 4 (ABNT, 2007).

$$V_{adotado} = \min(V; D).0,06 \quad \text{Equação 4}$$

Onde:

$V_{adotado}$ é o valor numérico do volume de água do reservatório (L);

V é o valor numérico do volume aproveitável de água de chuva anual (L);

D é o valor numérico da demanda anual de água não potável (L).

Heberson, Marcório e Ribeiro (2009) sugerem a utilização do Método Prático Alemão para regiões com alto índice pluviométrico, tal como a cidade de Ponta Grossa. Os autores apontam, ainda, que os métodos mais conservadores, como é o caso do Método Prático Alemão, não resultam necessariamente em reservatórios superdimensionados, mas favorecem a redução de custos e maior facilidade de aplicação.

De acordo com Brandão e Marcon (2008), o Método Prático Alemão resulta em garantias de abastecimento menores na medida em que o consumo de água aumenta. Mas como para o caso deste trabalho faz-se necessário um reservatório que não seja superdimensionado devido ao pouco espaço disponível para acomodar aceita-se essa consequência.

O Método Prático Inglês e o Método Prático Australiano compreendem a utilização de equações empíricas, ou seja, que não apresentam informações sobre o embasamento teórico utilizado para a dedução das mesmas, não apresentando as

limitações de cada método e nem as condições que oferecem os melhores resultados (FONSECA; FILHO, 2019). O Método Prático Inglês adota diretamente 5% do volume anual de água pluvial captado e o Método Prático Australiano faz com que sejam realizadas tentativas, até que se utilizem os valores otimizados de confiança e volume do reservatório (DORNELLES; TASSI; GOLDENFUM, 2010; ABNT, 2007)

4.1.2 Estimativa de oferta

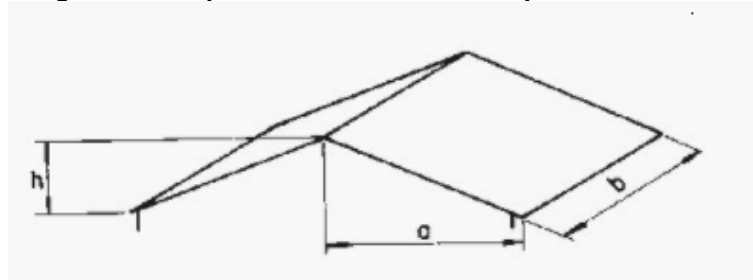
Para estimar o volume de água coletada, precisa-se definir a área de coleta, que nesse caso foi a área de cobertura. O cálculo baseia-se na NBR 10844/1989 – Instalações prediais de águas pluviais, com a aplicação da equação 5 nas variáveis descritas e mostradas na figura 6.

$$A = \left(a + \frac{h}{2} \right) \cdot b \quad \text{Equação 5}$$

Onde:

- A é a área de contribuição, expressa (m²);
- a é o comprimento frontal de uma água (m);
- b é o comprimento lateral do telhado (m);
- h é a altura do desnível do telhado (m).

Figura 6 – Esquema de telhado com superfície inclinada



Fonte: Associação Brasileira de Normas Técnicas (1989)

4.1.3 Estimativa de demanda

Para determinar a demanda de água utilizou-se como consumo médio per capita o valor de 152,1 L/dia, conforme o SNIS (2020). Para a estimativa do consumo de água não potável, utilizou-se 2 L/dia/m² e 150 L/lavagem/carro, conforme Tomaz (2009).

4.1.4 Dimensionamento das calhas

De acordo com a ABNT (1989), na NBR 10.844, para a determinação da vazão na calha utiliza-se a equação 6.

$$Q = \frac{I \cdot A}{60} \quad \text{Equação 6}$$

Onde:

Q é a vazão de projeto (L/min);

I é a intensidade pluviométrica (mm/h);

A é a área de contribuição (m²).

Após a obtenção da vazão na calha, compara-se com a vazão suportada pela calha de acordo com a equação de Manning-Strickler, equação 7 (ABNT, 1989).

$$Q = K \cdot \frac{S}{n} \cdot R_H^{2/3} \cdot i^{1/2} \quad \text{Equação 7}$$

Onde:

Q é a vazão de projeto (L/min);

S é a área da seção molhada (m²);

n é o coeficiente de rugosidade (ad);

R_H é o raio hidráulico (m);

i é a declividade da calha os (m/m);

K é igual a 60.000 que é uma constante de adequação das unidades utilizadas

4.1.5 Dimensionamento dos condutos verticais e horizontais

Assim como as calhas, para o dimensionamento dos condutos verticais e horizontais a serem instalados será observada e a NBR 10.844 que dá diretrizes para o dimensionamento desses condutos verticais e horizontais (ABNT, 1989).

5 CONCEITOS HIDROLÓGICOS

Os conceitos hidrológicos utilizados nesse estudo de caso são descritos neste capítulo. Consiste em informações sobre precipitação, intensidade pluviométrica, coeficiente de escoamento superficial e o método racional de vazão.

5.1 Precipitação

O evento da precipitação é o fenômeno responsável pela recarga de água na terra, que consiste no encontro de massas de ar sob diferentes condições, ou seja, o resultado das variações que estão submetidas ao vapor d'água sujeito às oscilações de pressão que ocorrem na atmosfera. As formas mais comuns encontradas de precipitação são a chuva, a neve, o granizo, a geada e o orvalho (BISCARO, 2007).

O ar pode atingir a saturação por duas maneiras: por acréscimo de vapor d'água ao ar ou por resfriamento. Para que ocorra a precipitação é necessário que as gotas tenham um volume tal qual o seu peso supere as forças que as mantêm em suspensão, sendo assim a precipitação está ligada ao crescimento das gotículas. Como a capacidade do ar em conter vapor também varia de acordo com a temperatura, o resfriamento ocasiona a diminuição do volume da massa de ar, diminuindo assim a capacidade do ar em conter vapor (CONTI, 2002).

De acordo com o processo que as precipitações são desencadeadas levam a sua classificação que podem ser convectivas, orográficas ou frontais. As precipitações convectivas ocorrem quando o aquecimento da superfície terrestre pelo sol ocasiona uma brusca ascensão da camada de ar úmido próxima ao solo. O ar úmido em ascensão ao atingir seu nível de saturação, gera a formação de nuvens que desencadeiam intensas precipitações, normalmente, em um intervalo de tempo reduzido (TUCCI; BERTONI, 2000).

As precipitações orográficas são originadas quando ventos quentes e úmidos adentram nos continentes e encontram cadeias de montanhas que os obrigam a elevar-se fazendo atingir os níveis de saturação. São precipitações de grande duração e pequena intensidade (TUCCI; BERTONI, 2000).

As precipitações frontais originam-se do encontro de massas de ar quente e frias, as massas úmidas de ar quente são bruscamente impulsionadas para as camadas superiores da atmosfera pelas massas de ar frio resultando no

resfriamento das massas de ar quente e na conseqüente precipitação. Essas precipitações são de longa duração e intensidade média, neste tipo de precipitação, normalmente, acontecem as enchentes em grandes bacias (TUCCI; BERTONI, 2000).

Os dados de precipitação são obtidos através da coleta de chuva com os aparelhos pluviômetro e o pluviógrafo, distribuídos ao longo de uma área suficiente para quantificar o fenômeno da precipitação em um determinado intervalo de tempo. Estes aparelhos ficam em postos pluviométricos localizados em posições geográficas específicas formando uma rede de postos para a construção precisa de dados (CONTI, 2002).

5.2 Curva IDF

As curvas IDF são expressas sob forma de tabelas ou equações, fornecem a intensidade da precipitação para qualquer duração e período de retorno. Obtém-se uma lâmina ou altura de precipitação, multiplicando-se a intensidade dada pela IDF pela sua correspondente duração (PORTO ALEGRE, 2005)

As curvas IDF são importantes em projetos de drenagem, pois a partir delas consegue-se determinar a precipitação que é a base de qualquer projeto de obras hidráulicas. A estimativa mais precisa de chuvas intensas é muito relevante para que a análise de viabilidade técnica e econômica possa ser feita de maneira mais assertiva possível (MELLO *et al.*, 2003).

A determinação da vazão de enchente de uma bacia é o que indica a necessidade de soluções estruturadas para os problemas de alta vazão, e essa determinação se dá pelas curvas IDF. Essas curvas representam a relação entre intensidade, duração e frequência, de acordo com a equação 8 (TUCCI, 2001).

$$I = \frac{a \cdot T_r^b}{(t + c)^d} \quad \text{Equação 8}$$

Onde:

I é a intensidade, expressa em milímetros por hora (mm/h);

T_r é o tempo de retorno, expresso em anos (a);

t é a duração da chuva, expresso em minutos (min);

a, b, c, d são os parâmetros locais, adimensional.

As curvas provêm de uma análise estatística de, no mínimo, 30 anos de series históricas de um determinado pluviógrafo. A representação gráfica das curvas é realizada com base nas maiores chuvas de determinada duração em determinado local em cada ano dos dados obtidos, que são relacionados com uma distribuição de frequência (COLLISCHONN; DORNELLES, 2015).

As curvas IDF são singulares para cada localidade e são diferentes para cada período de retorno. Importante ressaltar que na mesma localidade, se variar o tempo de retorno a curva sofrerá variação de acordo com o seu tempo de retorno (COLLISCHONN; DORNELLES, 2015).

Uma facilitação para a obtenção das curvas IDF para qualquer localidade do Brasil é a utilização do *software* Pluvio 2.1, disponibilizado pela Universidade Federal de Viçosa – UFV (GPRH, 2022), que permite determinar os parâmetros das chuvas intensas, sendo necessário apenas montar a equação com os parâmetros obtidos.

A curva IDF para a cidade de Ponta Grossa, utilizada para este estudo foi obtida por Fendrich (1998) *apud* Filho, Széliga, Szesz (2010) e está apresentada na equação 9.

$$I = \frac{1902,388 \cdot T_r^{0,152}}{(t + 21)^{0,893}} \quad \text{Equação 9}$$

Onde:

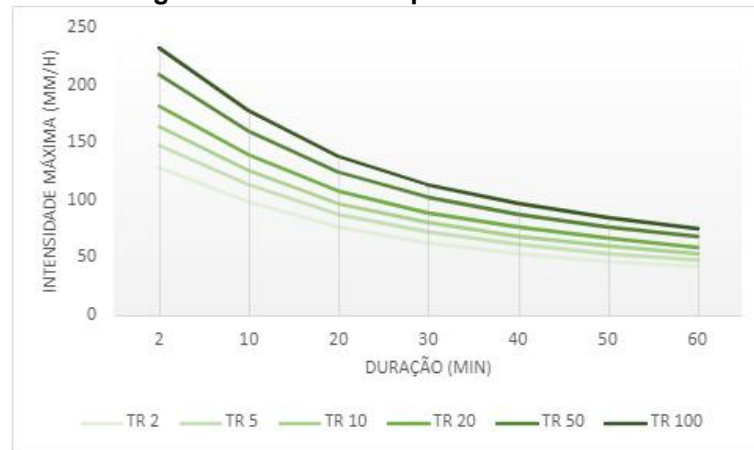
I é a intensidade, expressa em milímetros por hora (mm/h);

T_r é o tempo de retorno, expresso em anos (a);

t é a duração da chuva, expresso em minutos (min).

Com a aplicação da equação 5, que se refere a equação das curvas IDF para a cidade de Ponta Grossa, no Paraná, tem-se as curvas mostradas na figura 7, para os tempos de retorno, 2, 5, 10, 20, 50 e 100 anos.

Figura 7 – Curvas IDF para Ponta Grossa



Fonte: Fendrich (1998)

5.3 Coeficiente de escoamento superficial

A água em contato com o solo pode ser dividida em três tipos de escoamento: o escoamento superficial que representa o fluxo sobre a superfície, o escoamento subsuperficial que representa o fluxo que se dá junto as raízes da cobertura vegetal e por fim, o escoamento subterrâneo que é o fluxo devido a contribuição do aquífero. O escoamento superficial é um dos mais importantes fatores que impactarem na drenagem urbana (TEIXEIRA, 2010).

O início do escoamento superficial é quando a taxa de água precipitada excede a capacidade de infiltração, percorrendo as depressões do terreno e suprindo as demandas iniciais de armazenamento superficial dessa água no solo. Em fase subsequente, ocorre a formação de canais subterrâneas, por onde a água percorre, estabilizando-se no seu encontro com cursos d'água (WISLER, 1959 *apud* CORTE, 2015).

Os principais dados para o dimensionamento de redes de drenagem são os cadastros de redes existentes, levantamento topográfico, mapas planialtimétricos em escalas adequadas, além de precisar saber o tipo de ocupação, porcentagem de ocupação dos lotes e a ocupação e recobrimento do solo nas áreas não urbanizadas da bacia (TUCCI; PORTO; BARROS, 1995).

O coeficiente de escoamento superficial se dá entre a relação do volume de água escoado superficialmente na bacia e o volume de água precipitado, relacionado com o tipo de superfície da bacia (TUCCI, 1995). A superfície define o volume absorvido, sabendo que quanto maior o volume escoado, maior o coeficiente de escoamento superficial e sendo assim um menor volume absorvido.

Os fatores que influenciam no escoamento superficial podem ser divididos em físicos, hidrológicos e vegetativos. Os físicos dizem respeito a área, ao relevo, a rugosidade, a taxa de impermeabilização etc. Os hidrológicos são a distribuição, a duração e a intensidade das precipitações. Os Vegetativos se dão pela dificuldade de transporte da água no solo com vegetação e as condições iniciais de umidade do solo gerados por precipitações de pequeno volume e de alta intensidade (TEIXEIRA, 2010).

Para a definição dos coeficientes C, os solos são classificados de acordo com as características de absorção. E com a classificação de solo, tem-se o valor do coeficiente C, na tabela 1 (TUCCI, 1995).

Tabela 1 – Coeficiente de escoamento superficial para algumas superfícies

Superfície	C
Pavimento:	
Asfalto	0,70 - 0,95
Concreto	0,80 - 0,95
Calçadas	0,75 - 0,85
Telhado	0,75 - 0,95
Cobertura: grama, arenoso	
Plano (2%)	0,05 - 0,10
Médio (2% a 7%)	0,10 - 0,15
Alta (7%)	0,15 - 0,20
Grama, solo pesado	
Plano (2%)	0,13 - 0,17
Médio (2% a 7%)	0,18 - 0,22
Declividade alta (7%)	0,25 - 0,35

Fonte: Tucci (1995)

As classificações são necessárias para análise de forma geral, mas sabe-se que em uma bacia não existe apenas uma situação de solo. Por isso em uma análise mais profunda e com um coeficiente C mais assertivo faz-se o uso da equação 10, que é a ponderação dos coeficientes em relação as áreas e seus respectivos coeficientes.

$$C = \frac{\sum_i^n C_i \cdot A_i}{\sum_i^n A_i}$$

Equação 10

Onde:

C é o coeficiente da bacia com áreas heterogêneas (ad);

C_i é o coeficiente da área homogênea i (ad);

A_i é a área da região homogênea (m^2).

5.4 Método racional para estimativa de vazão em bacias urbanas

O dimensionamento da infraestrutura de drenagem deve ser feito através da vazão máxima de projeto que pode ser obtida pelo uso do Método racional como modelo de transformação chuva-vazão (BUFFON, 2010).

O método racional é um método indireto que estabelece uma relação entre a chuva e o escoamento superficial. É usado para calcular a vazão de pico de uma determinada bacia, considerando uma seção de estudo, dada pela equação 11 (TOMAZ, 2002).

$$Q=0,278.C.I.A \qquad \text{Equação 11}$$

Onde:

Q é vazão de pico(m^3/s);

C é o coeficiente de escoamento superficial (ad);

I é a intensidade média da chuva (mm/h);

A é a área da bacia (km^2);

0,278 é a constante de adequação das unidades utilizadas.

A intensidade da chuva é função de sua duração, a qual, por hipótese deve ser igual ao tempo de concentração. Este é o tempo gasto pela água para escoar desde o ponto mais afastado da bacia, até o ponto de projeto considerado (FILHO; SZÉLIGA; SZESZ, 2000).

O método racional deve ser aplicado em bacias pequenas com área de drenagem inferior a 3 quilômetros quadrados ou quando o tempo de concentração for inferior a uma hora. Por ser uma metodologia com simplificações e limitações, o Método Racional tem sido utilizado para estimativa das vazões na microdrenagem, enquanto os modelos hidrológicos que determinam o hidrograma do escoamento são utilizados para as obras de macrodrenagem (PORTO ALEGRE, 2005).

De acordo com Tomaz (2002), não se pode esquecer das hipóteses utilizadas para aplicação do método racional, sendo elas:

- toda a bacia contribui com o escoamento superficial e é por isso que o tempo de duração da tormenta deve ser igual ou exceder ao tempo de concentração da bacia;
- a chuva é distribuída uniformemente sobre toda a área da bacia; todas as perdas estão incorporadas ao escoamento superficial.

5.5 Hidrologia local

A obtenção dos dados pluviométricos foi pelo Portal Hidroweb, da Agência Nacional de Águas (ANA, 2021). O posto pluviométrico utilizado denomina-se Santa Cruz e localiza-se no bairro Oficinas. Outras informações podem ser consultadas no quadro 1.

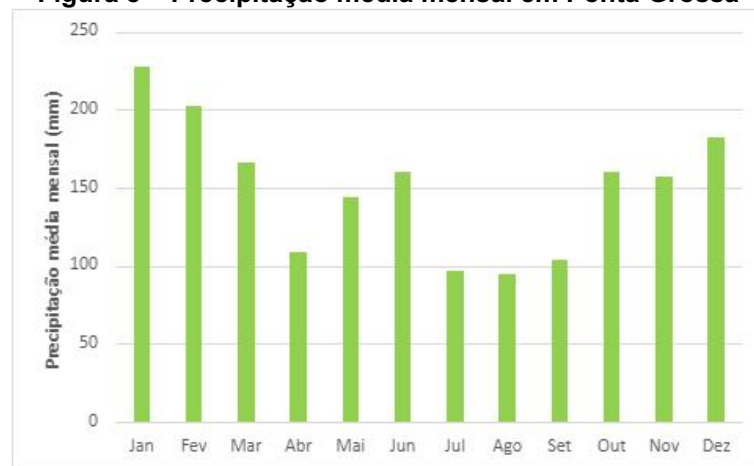
Quadro 1 – Dados da estação pluviométrica 2550003.

Código	2550003
Bacia	Rio Paraná
Sub-bacia	Rios Paraná, Paranapanema
Responsável	ANA
Operador	IAT-PR
Latitude	25
Longitude	50,15
Altitude (m)	790
Série histórica	1945-2019

Fonte: Agência Nacional das Águas (2022)

Utilizou-se apenas os últimos 10 anos de dados disponíveis para o cálculo da média das chuvas em Ponta Grossa, sendo do ano de 2010 a 2019. Na prática de microdrenagem usa-se de 2 a 10 anos de dados, pois é o tempo médio para que um evento hidrológico aconteça ou seja superado (TOMAZ, 2002).

Na figura 8 pode-se conferir a média mensal das precipitações. Observa-se que a menor média mensal de precipitação ocorre no mês de agosto, apresentando 95mm, já o mês com maior média mensal é o mês de janeiro, 227mm.

Figura 8 – Precipitação média mensal em Ponta Grossa

Fonte: ANA (2022)

6 CARACTERIZAÇÃO DO ESTUDO

A cidade de Ponta Grossa localiza-se no 2° planalto Paranaense da região dos Campos Gerais, centro-sul do estado do Paraná (PONTA GROSSA, 2022), com altitude média de 975 m o que confere ao município um clima moderado, subtropical e úmido, com invernos rigorosos, temperatura média mínima de 18°C, e verões quentes, temperatura média máxima de 22°C. As precipitações são bem distribuídas ao longo do ano, resultando em uma média anual de 1505 mm (CLIMATE – DATA, 2020).

Segundo estimativas do IBGE, o município conta com 358.838 habitantes (IBGE, 2022). A economia predominante está nos segmentos de serviços e da indústria. (PONTA GROSSA, 2022).

A região de estudo encontra-se em uma área mista entre indústria e residências simples. O limite superior do terreno estudado é a empresa de comercialização de cimento Intercement e a ferrovia da Rumo, e o limite inferior do terreno é um uma área de preservação permanente que percorre um curso d'água, podendo ser evidenciado na figura 9.

Figura 9 – Vista superior do terreno estudado



Fonte: Google Earth (2022)

6.1 Definição e caracterização da edificação objeto

As análises foram realizadas nas dependências do Condomínio Residencial Viva Princesa, Prestes Construtora, situado no município de Ponta Grossa, no estado do Paraná, localizado no bairro Uvaranas, na Rua Leopoldo Fróes, S/N.

A obra iniciou em agosto do ano de 2020 e deve ser finalizada, conforme cronograma de obra, em dezembro do ano de 2022. Para elucidar o relatado tem-se o projeto da implantação do empreendimento na figura 10.

Figura 10 – Implantação do empreendimento



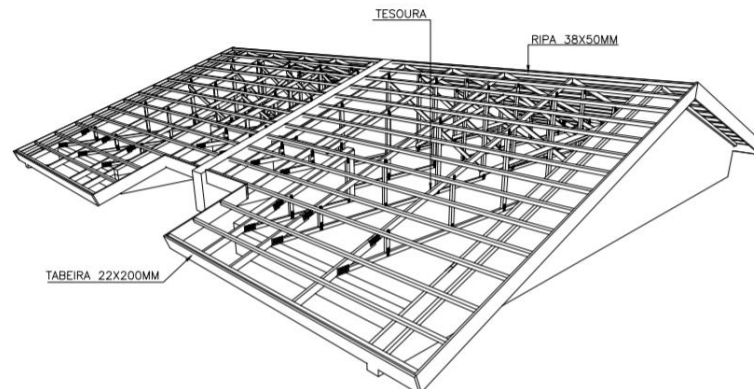
Fonte: Prestes (2022)

As unidades habitacionais são encontradas em 4 tipologias, sendo: 8 unidades de casas geminadas adaptáveis, para pessoas com deficiência, com 2 dormitórios (2Q PNE) com 46,74m² de área útil; 18 unidades geminadas com 3

dormitórios (3Q) com 54,68m² de área útil; 16 unidades solas, casas não geminadas, com 2 dormitórios (2Q solo) com 41,67m² de área útil; 224 unidades geminadas com 2 dormitórios (2Q) com 41,67m² de área útil.

Todas as unidades habitacionais possuem telhado com duas águas, com recortes frontais e nos fundos do telhamento. Os detalhes de recorte das águas da cobertura das casas de todas as tipologias estão mostrados na figura 11.

Figura 11 – Detalhes de projeto de cobertura das casas do condomínio Viva Princesa



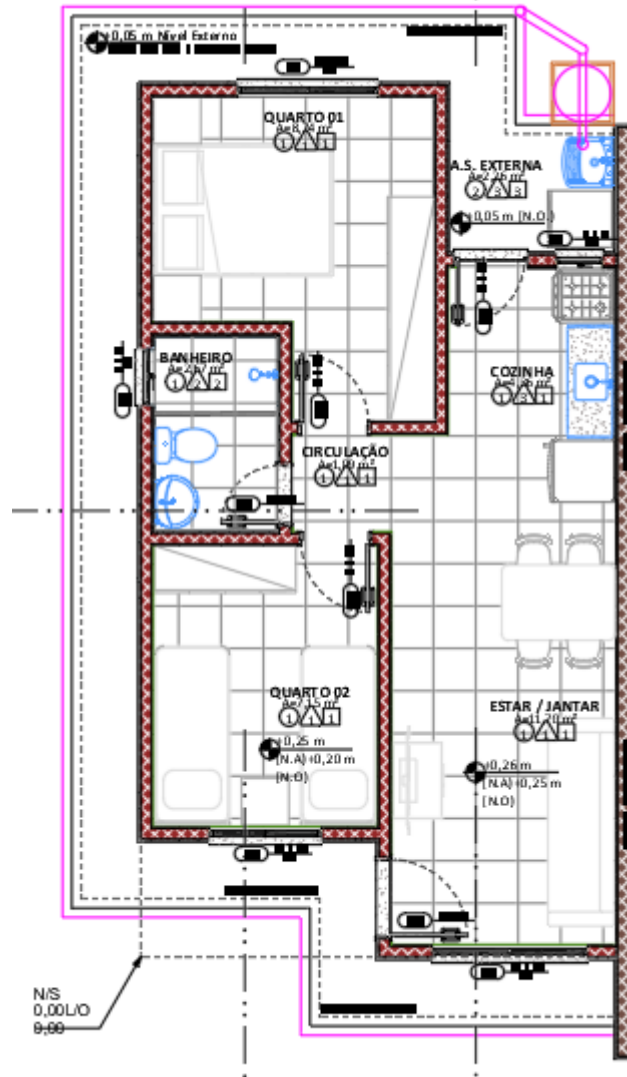
Fonte: Prestes (2022)

6.2 Sistema de aproveitamento de água pluvial

Segundo Leal (2000) *apud* May (2004), o sistema de aproveitamento de água é composto basicamente pela água coletada das áreas impermeáveis, pelo filtro de materiais grossos e pelo armazenamento da água. O reservatório de acumulação pode ser apoiado, enterrado ou elevado e pode ser composto de diversos tipos de materiais, como: concreto armado, alvenaria de blocos de concreto, alvenaria de tijolos, aço, polietileno e outros (LEAL, 2000 *apud* MAY, 2004).

O padrão do sistema adotado consiste em calhas coletoras, tubulação vertical e horizontal para caminho da água, dispositivos de separação de águas sujas, dispositivo de redução de turbulência, dispositivo de eliminação de água de transbordo e um reservatório. O sistema será alocado no fundo das casas ao lado do tanque de lavar roupas como mostra na figura 12, a figura traz um esquema em magenta de anteprojeto da instalação do sistema na casa, o projeto arquitetônico da edificação está no anexo I.

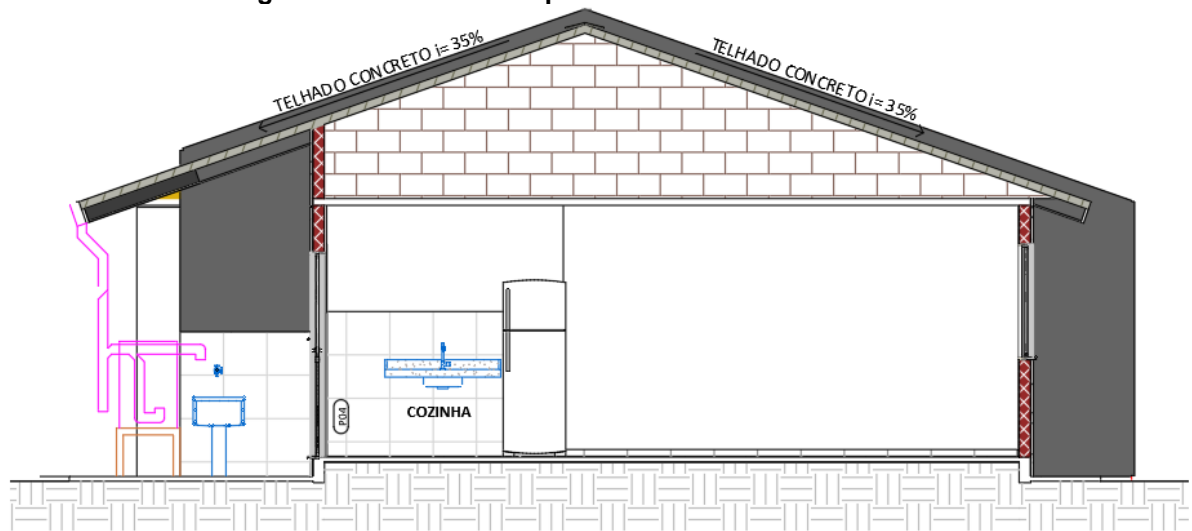
Figura 12 – Alocação do sistema de aproveitamento



Fonte: Adaptado de Prestes (2022)

Esse sistema foi adotado pautado na praticidade e compatibilidade com a estrutura das residências do condomínio, sendo necessário apenas instalar calhas coletoras tipo beiral no telhado para direcionar toda água captada para a cisterna. A figura 13 mostra o esquema de anteprojeto visto lateralmente.

Figura 13 – Sistema de aproveitamento visto lateralmente

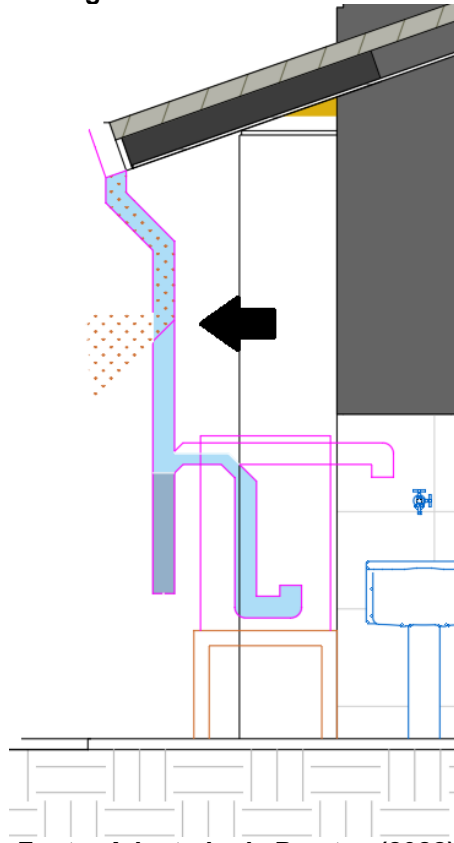


Fonte: Adaptado de Prestes (2022)

O funcionamento do sistema começa com a precipitação que ao cair sobre o telhado escoam para as calhas coletoras encaminhando a água para a tubulação vertical. Passando primeiramente pelo filtro de água de chuva, mostrado na figura 14, que foi desenvolvido para ser instalado exatamente após a tubulação de descida de água da calha, e consiste em uma tela mosquiteiro entre os dois tubos inclinada a aproximadamente 45° com uma abertura lateral para a eliminação dos resíduos. Sendo sua principal função reter e eliminar as sujeiras mais grossas como folhas secas de árvores, pequenos insetos, penas de pássaros etc.

Nesse processo de filtragem, uma quantidade de água é perdida em forma de respingos, por isso é importante instalar o filtro em lugar que possa ser molhado (ZANELLA, 2015).

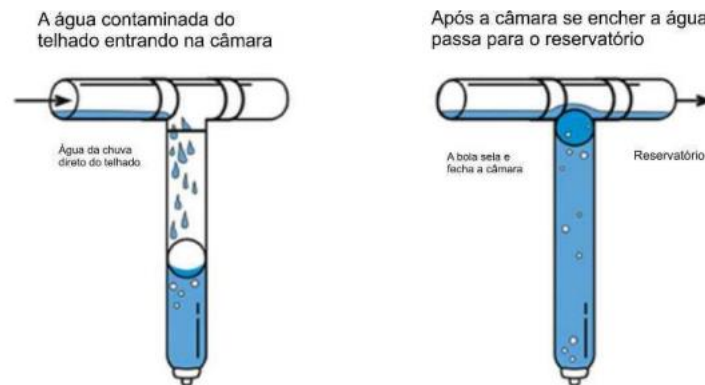
Figura 14 – Detalhe do filtro



Fonte: Adaptado de Prestes (2022)

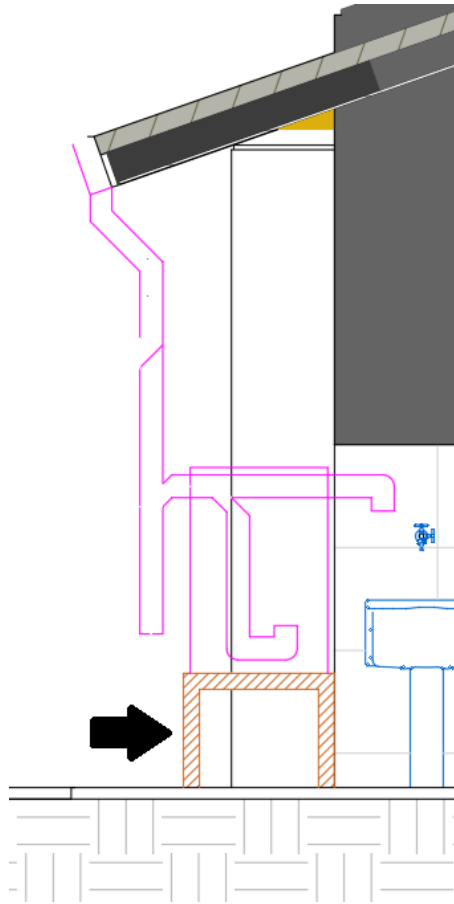
O material mais fino passará pela tela e será encaminhado para a segunda etapa do processo, definida como separador de águas ou mais comumente conhecido como *first flush*, como mostra o esquema da figura 15. Sua função é separar e descartar os primeiros litros de água coletados que fazem a lavagem dos telhados, calhas e tubulações. Seu funcionamento conta com um reservatório temporário que estará vazio no início da chuva e será enchido com a “primeira água” captada sendo descartada por gotejamento através de um pequeno furo. Este reservatório contém uma esfera flutuante, na qual após o preenchimento desse pequeno reservatório a bola sobe a superfície fazendo com que o restante da água passe diretamente para a mini cisterna, através do “T”.

Figura 15 – Esquema de funcionamento do dispositivo *first flush*



Fonte: Unicesumar (20xx)

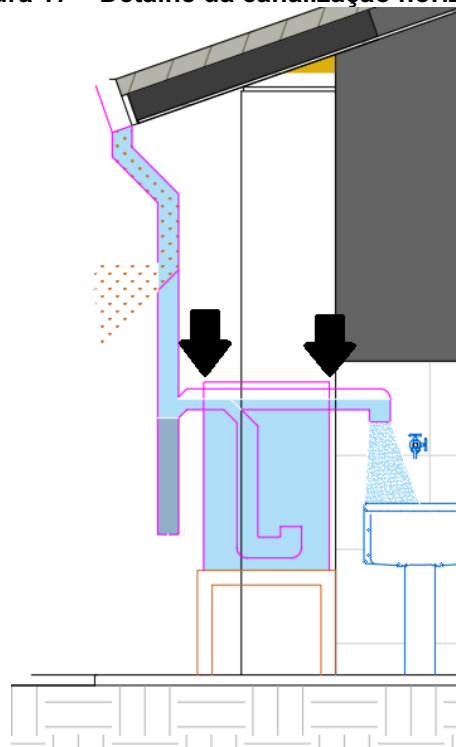
O reservatório deve ser assentado em uma base de madeira, como mostrado na figura 16, sendo a opção mais viável financeiramente a fim de evitar bombeamento, no caso de cisternas subterrâneas. Segundo Urbano (2018) essa base precisa ficar a aproximadamente 50 centímetros de altura do nível do solo a fim de conseguir garantir a pressão mínima na utilização de mangueiras para irrigação, lavagem das calçadas e a lavagem do carro. Considerando que a mini cisterna ficará nos fundos da casa e o carro na frente da casa.

Figura 16 – Detalhe da base do reservatório

Fonte: Adaptado de Prestes (2022)

O reservatório para a coleta de água será em PVC e deverá ter dois furos laterais logo abaixo a sua tampa, um será para a entrada de água e o outro para saída de água extravasada, melhor entendido com a figura 17. Esses furos devem ser alinhados em relação a direção e com um desnível de 1 a 2 centímetros na vertical para garantir que o fluxo de água seja sempre no sentido do reservatório, não havendo refluxo dessa água. É necessário também ter um furo com torneira próximo a base para a utilização da água coletada. Também é importante identificar que a torneira desse reservatório não provê água potável.

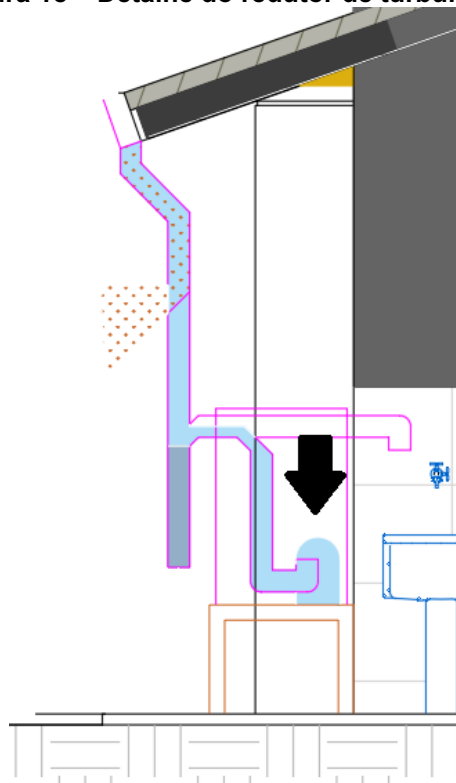
Figura 17 – Detalhe da canalização horizontal



Fonte: Adaptado de Prestes (2022)

O volume de água a ser armazenado foi decidido em função do espaço disponível na residência e no menor investimento financeiro possível ao sistema de aproveitamento de água pluvial. Deve-se adaptar os usos não potáveis ao volume de água disponível, para que não haja uma demanda maior que o disponível (ZANELLA, 2015).

O próximo acessório desse sistema é o redutor de turbulência que nada mais é do que a tubulação de entrada do reservatório com o final dela sendo a curva voltada para cima, como mostrado na figura 18, fazendo com que a água caia e vá subindo lentamente. Sua função é para que não gere muita turbulência evitando que a sujeira sedimentada no fundo se misture novamente com a água. Na tubulação superior que passa paralelamente ao nível de água deve conter um furo na parte de baixo da tubulação horizontal para vazão da água a ser extravasada e na ponta do ladrão deve haver uma tela de mosquitoireiro para que a água não seja contaminada, também deve existir uma barreira, logo após a caída de água para dentro do reservatório, com a função de impedir que a água passe direto para o ladrão.

Figura 18 – Detalhe do redutor de turbulência

Fonte: Adaptado de Prestes (2022)

6.3 Quantificação de material e valor do sistema de aproveitamento de água pluvial

Os benefícios do sistema de aproveitamento de água de chuva para a drenagem pluvial do condomínio são bastante significantes. Levando em conta também o investimento necessário para a implantação do sistema fez-se um breve orçamento dos principais componentes desse sistema de aproveitamento de água de chuva. Os valores utilizados são do Sistema Nacional de Pesquisa de Custos e Índices da Construção Civil – SINAPI do ano de 2022, elaborado pela Caixa Econômica Federal e IBGE.

Para a cotação dos materiais necessários na execução do sistema fez-se um levantamento através do *software* AutoCad de acordo com o anteprojeto proposto na figura 12. Os itens que compõem o orçamento detalhado estão sendo mostrados na tabela 2.

Tabela 2 – Orçamento detalhado do sistema de aproveitamento de água de chuva.

Descrição detalhada	Unidade de medida	Quantidade	Valor unitário	Valor total
Calha corte 50cm	m	23,75	R\$ 66,92	R\$ 1.589,35
Tubo PVC soldável 75mm	m	4,40	R\$ 55,14	R\$ 242,62
Curva 90° soldável 75mm	un	4	R\$ 74,58	R\$ 298,32
Joelho 45° soldável 75mm	un	3	R\$ 87,85	R\$ 263,55
Tampa para tubo 75mm	un	1	R\$ 30,01	R\$ 30,01
Cola para tubo 175g	un	1	R\$ 24,86	R\$ 24,86
Reservatório 100L	un	1	R\$ 100,00	R\$ 100,00
Flange para reservatório	un	1	R\$ 15,67	R\$ 15,67
Torneira de jardim para reservatório 1/2"	un	1	R\$ 32,23	R\$ 32,23
TOTAL				R\$ 2.596,61

Fonte: SINAPI (2022)

6.4 Quantificação de áreas

Na tabela 3 estão apresentadas as frações de áreas permeáveis e impermeáveis. A quantificação dessas áreas foi determinada pelo projeto, em *AutoCad*. Destaca-se que as áreas permeáveis se caracterizam pela área de jardim das unidades habitacionais e áreas comum ao ar livre. Já as áreas impermeáveis são as coberturas das unidades habitacionais, os estacionamentos das unidades habitacionais, as calçadas de passeio e a quadra esportiva.

Da tabela, observa-se que a soma das áreas impermeáveis representa 63,37% da totalidade do empreendimento.

Tabela 3 – Quantificação de áreas do condomínio Viva Princesa.

Classificação	Descrição	Área	Área Relativa
Permeável	Região coberta por gramas, arbustos e arvores de diversas espécies.	18314,99 m ²	36,63%
Impermeável	Região de coberturas	15831,31 m ²	31,66%
	Pavimentos, calçadas de passeio, quadras e espaços impermeáveis.	15852,11 m ²	31,71%

Fonte: Autoria própria (2022)

6.5 Dimensionamento de calhas

O resultado da vazão nas calhas obtido de acordo com a equação 5, página 30, é de 48,88 L/min. Considerado a intensidade pluviométrica de 53,33 mm/h de uma duração de 60 minutos com um tempo de retorno de 10 anos e sendo a área de contribuição do telhado igual a 54,99 m².

Em seguida adotou-se para o tamanho das calhas as dimensões de 10 cm de altura e 20 cm de largura, com perfis retangulares de metal não ferroso. Através da equação 6, página 30, obteve-se a vazão suportada pela calha sendo igual a 68,79 L/min. O comprimento da calha é igual a 23,75 m e a área de seção molhada é 0,02 m², o coeficiente de Manning é de 0,011 (NBR: 10.844/1989), o raio hidráulico de 0,000842 m e a declividade mínima de 0,5%.

Como a vazão suportada é maior que a vazão nas calhas tem-se que a calha adotada supre a necessidade verificada.

6.6 Dimensionamento dos condutos

No dimensionamento dos condutos verticais, dos ábacos da figura 3 da NBR 10.844/1989, de acordo com a vazão de projeto nas calhas de 48,88 L/min e com a altura do conduto de aproximadamente 1 m tem-se que o adotado é o mínimo exigido pela norma de 70 mm, portanto utilizar-se-á um conduto de água fria com diâmetro comercial de 75 mm.

E no dimensionamento dos condutos horizontais, tabela 4 da NBR 10.844/1989, com a máxima inclinação considerada, coeficiente de Manning da canalização sendo de 0,011 para PVC e com a vazão de projeto nas calhas obteve-se o diâmetro mínimo de 50 mm.

Para fins de facilidade de execução, para não haver redução de diâmetro, considera-se os condutos verticais e horizontais no mesmo diâmetro. Para isso usa-se o mínimo dos condutos verticais sendo 75 mm.

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Esse capítulo refere-se a discussão dos resultados obtidos de acordo com a metodologia empregada a fim de atender os objetivos principais e secundários do trabalho. Descreve-se todos os resultados obtidos, de forma que seja compreensível todo o entendimento acerca da elaboração e execução do estudo.

7.1 Estimativa da capacidade de coleta

A estimativa de oferta de água de chuva (V) para as edificações pautou-se na NBR 15.527 (ABNT, 2019), com a aplicação da equação 1, página 27.

O coeficiente de *Runoff* ou coeficiente de escoamento superficial adotado o valor de 0,8, pois se tem que o telhado das casas é executado com telhas de concreto e considerando o menor volume de aproveitamento de água de chuva.

O sistema desviador de água, *first flush*, como reservatório temporário da 1ª água de chuva forte, nele são descartados os primeiros 2 milímetros de precipitação. A eficiência do sistema é admitida como sendo 0,85 por recomendação da NBR 15.527/2019. Como dito anteriormente η , na equação 1, é o fator de eficiência do sistema, que leva em conta o dispositivo de descarte de escoamento inicial.

Para o dimensionamento das instalações utiliza-se a média mínima do mês de menor precipitação, sendo de 94,51 milímetros no mês de agosto. Na obtenção de dados utilizou-se a estação meteorológica de código 2550003.

Para o cálculo considerou-se como área de captação 54,99 m², o que corresponde à menor cobertura, a precipitação média de 94,51 mm, considerando os meses de agosto dos anos de 2010 a 2019, coeficiente de *runoff* igual a 0,8 e eficiência do sistema, 0,85 conforme a bibliografia recomenda. Com isso, estimou-se a volume de 3.534,10 L/mês/casa.

Considerando o condomínio como um todo tem-se que o volume de água de chuva disponível para aproveitamento no total de 933.002,93 L/mês.

7.2 Estimativa do volume de demanda

O cálculo da estimativa de demanda (D) foi pautado nos indicadores recomendados por Tomaz (2009). Portanto, para a rega de jardim adotou-se o valor de 2 L/m²dia e 150L/lavagem/carro. Na tabela 4 podem ser conferidos o resultado para o volume de demanda

Considerando a média do tamanho dos lotes do empreendimento, tem-se que a área verde dos terrenos são de 49m², sendo o jardim, e como todas as casas possuem apenas 1 vaga de estacionamento por carro, considera-se 1 carro/casa

Tabela 4 – Usos para a água não potável

Parâmetro	Demanda unitária	Frequência de rega/lavagem	Unidade de medida	Volume total
Rega de Jardim	2 L/m ² /dia	2/semana	49 m ²	196 L
Lavagem de Veículos	150L/lavagem/carro	1/semana	1 veículo/casa	150 L

Fonte: Tomaz (2009)

Somando as 2 parcelas de utilização de água não potável, chega-se ao volume de 346 L/semana, resultando em 1.384 L/mês. Com este dado e com o dado do volume disponível pode-se obter o tamanho do reservatório pelo método prático alemão, aplicando a equação 2. Na tabela 5, tem-se resumidamente os dados e o volume do reservatório obtido pelo método prático alemão.

Tabela 5– Dados e volume mensal disponível.

Descrição	Sigla	Volume (L)
Oferta de água de chuva mensal	V	3.534,102
Demanda de água de chuva mensal	D	1.384,00
Volume adotado para o reservatório	V _{adt}	83,04

Fonte: Autoria própria (2022)

Como o resultado de V_{adt} é 83,02 L/mês, adota-se o tamanho de reservatório para acúmulo de água de chuva mais próximo de seu dimensionamento, sendo o reservatório de 100 L.

De acordo com a demanda definida a capacidade de coleta é suficiente para lavagem de 1 carro por semana e suficiente para a rega ou lavagem das calçadas 2 vezes por semana.

7.3 escoamento superficial

Para a análise da implementação do sistema de aproveitamento de água de chuva, analisou-se o condomínio em 3 cenários: o primeiro sendo na sua condição inicial onde não havia a implantação do empreendimento, a segunda que é a condição em que há a implantação do condomínio, porém sem nenhum sistema de

aproveitamento de água de chuva e por fim, o condomínio com o sistema de aproveitamento implantado em todas as casas.

A obtenção do coeficiente de escoamento superficial (C) baseia-se no somatório das subdivisões de diferentes classificações de áreas estudadas divididas pelo somatório dessas áreas. Primeiro tem-se o C de maneira geral de todas as áreas separadas entre si, considerado sem nenhuma medida de controle e posteriormente obtém-se o coeficiente ponderado para cada situação com a equação 4.

Para o primeiro cenário, tem-se o terreno na sua forma natural sem o início do empreendimento. Como o primeiro cenário era coberto por gramas, arbustos e árvores de diversas espécies e sem diferentes tipos de superfície o coeficiente de escoamento superficial se mantém constante sendo 0,35.

Do segundo cenário, onde há a implantação do condomínio, porém não se tem nenhuma medida de controle de escoamento superficial, com as áreas da tabela 3 e com os coeficientes mostrados na tabela 6, tem-se que o C ponderado para a situação de condição inicial de estudo é 0,73.

Tabela 6 – Coeficiente C para o segundo cenário.

Classificação	Descrição	C
Permeável	Região coberta por gramas, arbustos e árvores de diversas espécies.	0,35
Impermeável	Região de coberturas	0,95
	Pavimentos, calçadas de passeio, quadras e espaços impermeáveis.	0,95

Fonte: Autoria própria (2022)

Do terceiro cenário, onde se tem um dispositivo de controle de escoamento superficial em todas as casas do condomínio, sabe-se que serão poupados a rede de drenagem do condomínio 100 litros de água mensais por casa. Com essa informação, considera-se que a toda a água advinda dos telhados das casas será poupada ao sistema de drenagem do condomínio. Sendo assim os coeficientes estão mostrados na tabela 7.

Tabela 7 – Coeficiente C para o terceiro cenário.

Classificação	Descrição	C
Permeável	Região coberta por gramas, arbustos e árvores de diversas espécies.	0,35
Impermeável	Região de coberturas	-
	Pavimentos, calçadas de passeio, quadras e espaços impermeáveis.	0,95

Fonte: Autoria própria (2022)

Do cenário com as medidas de controle onde há um sistema de aproveitamento de águas pluviais para controle de escoamento superficial, levando em conta as áreas da tabela 3 e com os coeficientes da tabela 8, tem-se que o C ponderado para a situação da condição do terceiro cenário é 0,63.

Analisou-se os volumes e vazões máximas que escoam sobre o terreno nas três condições impostas. As vazões encontradas se dão pela resolução da equação 10, página 36.

Sendo assim o volume calculado é o produto entre a intensidade pluviométrica máxima vindo da curva IDF, o coeficiente de escoamento superficial de cada condição e a área do empreendimento. Os dados obtidos deram-se de um tempo de retorno de 10 anos e uma duração de 60 minutos.

Resumidamente, no primeiro cenário, tem-se a sua condição inicial sendo todo o terreno anterior ao empreendimento, no segundo cenário usou-se todas as áreas de contribuição do empreendimento e no terceiro cenário 3 desconsidera-se somente a área dos telhados, tabela 3, pois estas estão encaminhadas diretamente para o sistema de aproveitamento. Com os coeficientes encontrados anteriormente para cada cenário tem-se resumidamente os dados e volumes obtidos na tabela 8.

Tabela 8 – Vazões máximas para os 3 cenários.

Condição	A (km²)	C	I (mm/h)	Q (m³/s)
1	0,05	0,35	53,34	0,26
2	0,05	0,73	53,34	0,54
3	0,03	0,63	53,34	0,32

Fonte: Autoria própria (2022)

Com as vazões obtidas é possível avaliar o efeito da implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial sobre o sistema de drenagem urbana de jusante, quanto aos aspectos quantitativos dos escoamentos.

Para avaliação da redução das vazões, fez-se a contabilização das entradas e saídas do condomínio em questão e seus dados estatísticos básicos. De acordo

com as vazões da tabela 8, tem-se, com a implantação do condomínio, um aumento no escoamento superficial em 109% e já no cenário 3 com as medidas de controle, observa-se a redução do percentual de volume escoado por unidade de tempo em 41%.

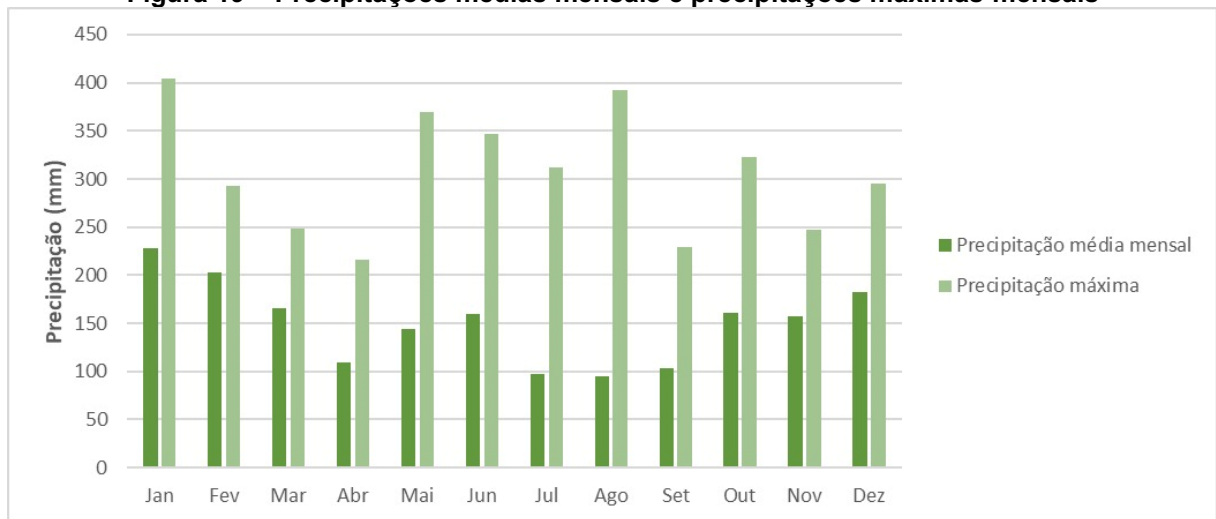
Essa diferença nos percentuais de redução se dá pelo fato de haver o fator área na equação do método racional, qual está diretamente relacionado com a vazão. Isto significa que quanto maior a área com dificuldade de infiltração, maior será a vazão escoada naquele espaço.

Percebe-se também que há uma relação entre a redução de vazão e a área de captação. Sendo que quanto maior a área de captação menor será o volume escoado para o sistema de drenagem do condomínio, isso se deve ao fato de haver menos escoamento diretamente sobre o terreno analisado e a parcela que cai sobre os telhados vai diretamente para o sistema de aproveitamento onde é consumida vagarosamente, assim deixando de somar na drenagem pluvial.

Essa relação também está associada ao coeficiente de escoamento superficial, onde quanto maior a área de captação, maior será a redução do coeficiente de escoamento superficial.

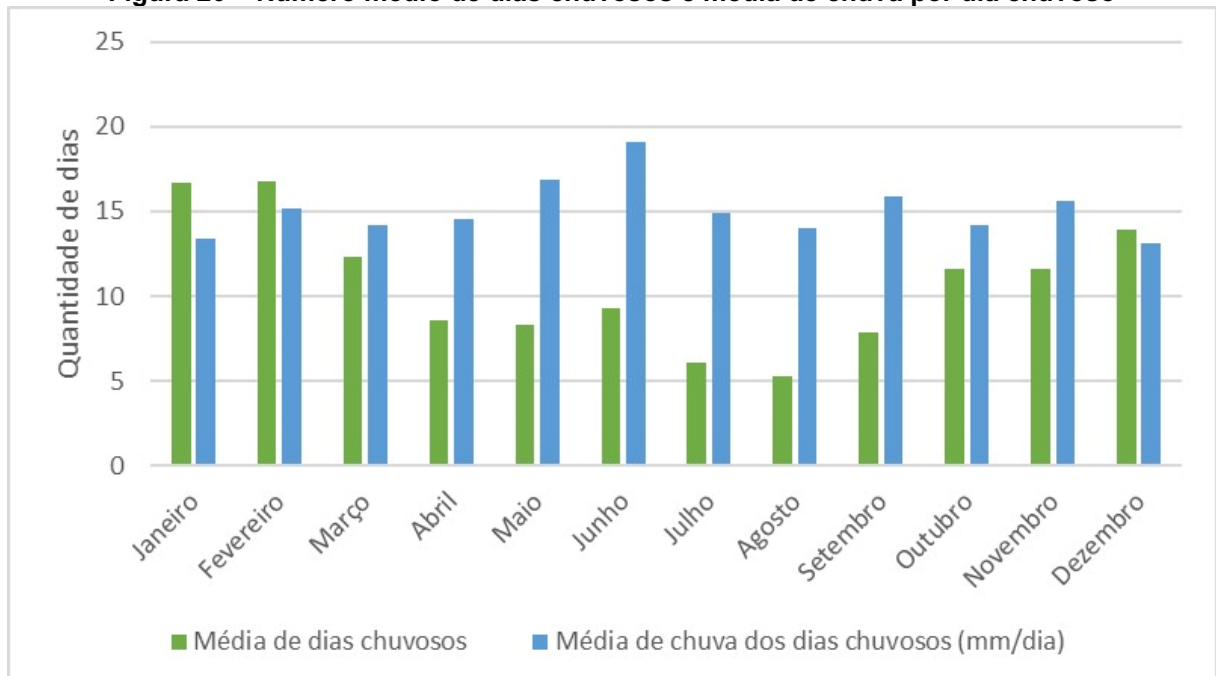
Algumas observações também podem ser feitas quanto a sazonalidade das chuvas, ou seja, a relação entre as precipitações durante cada período do ano e o efeito apresentado na redução de escoamentos. Espera-se que quanto mais dias chuvosos consecutivos houver menos benéfico será o uso do SAAP para o sistema de drenagem do condomínio, pois quando o reservatório está cheio irá transbordar o excesso de volume que recebe da área de captação. Sendo assim, faz-se a quantificação das precipitações de cada mês e das médias de reduções nos volumes escoados mensais e verifica-se a influência da sazonalidade nos resultados.

Tem-se, na figura 19, que na série histórica estudada com 10 anos de dados hidrológicos todas as máximas mensais são maiores que as médias mensais.

Figura 19 – Precipitações médias mensais e precipitações máximas mensais

Fonte: ANA (20xx)

Na figura 20, observa-se a média de dias chuvosos por mês e a média de chuva nos dias chuvosos. Percebe-se nesse gráfico, que os meses com maior média de precipitações (janeiro e fevereiro) também tem a maior quantidade de dias chuvosos, e o mês com menor precipitação média (agosto) teve o menor número de dias chuvosos.

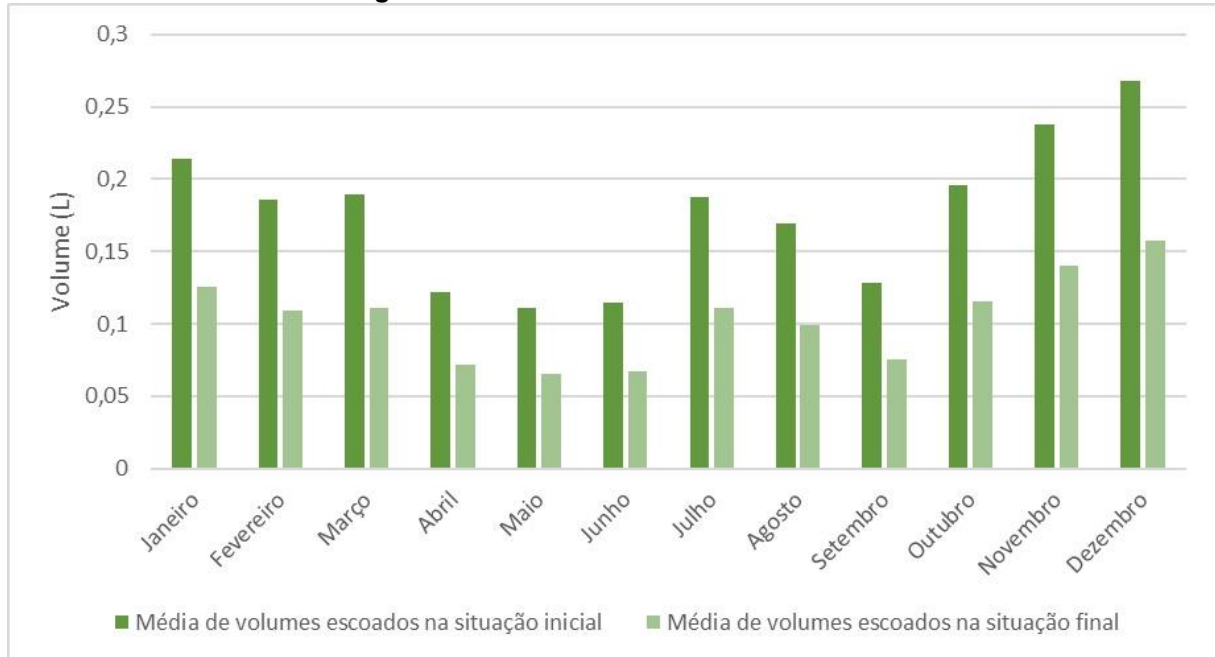
Figura 20 – Número médio de dias chuvosos e média de chuva por dia chuvoso

Fonte: ANA (20xx)

O resultado das precipitações sazonais pode ser percebido no efeito sobre a redução média dos volumes escoados mensais, na figura 21, é possível perceber que nos meses de outono, ou menos chuvosos, há maior eficiência quanto a

redução dos escoamentos e que nos meses de primavera há uma menor eficiência dos escoamentos.

Figura 21 – Média de escoamento mensal



Fonte: ANA (20xx)

O efeito de sazonalidade na redução dos escoamentos mostrou-se benéfico, pois nos meses em que ocorrem mais dias chuvosos, ocorrem as maiores precipitações médias e proporcionalmente as menores precipitações máximas. Isso quer dizer que são justamente os meses menos chuvosos que tem maior efeito quanto a redução dos volumes escoados (e o contrário também é valido), o que significa afirmar que nos meses chuvosos o reservatório de aproveitamento estará menos cheio e poderá absorver melhor uma precipitação maior.

Se considerar o mês de menor precipitação média (94,51mm), pode-se dizer que o sistema de aproveitamento de água pluvial irá atender a 1 lavagem de carro semanal e 2 regas/lavagens semanais. Ou seja, no mês de menor precipitação ainda se tem uma economia considerável sendo poupados ao sistema de drenagem 796 L de água potável.

De acordo com a AGEPAR (2021), o custo da tarifa de água + esgoto para uma residência normal é de R\$77,60 para 5 m³ consumidos. Com a economia de 0,80 m³ ainda assim manter-se-ia no mínimo proposto pela fatura. Porém observando em escala a nível de condomínio, se todas as casas poupassem aproximadamente 0,80 m³ ao sistema de drenagem, no total das 266 casas do condomínio teria sido poupado aproximadamente 211,74 m³ de água.

Considerando o mês com precipitação média de 150,27mm pode-se dizer que o sistema irá conseguir atender a 1 lavagem de carro por semana e 4 regas/lavagens semanais.

E se considerar-se o mês com a maior precipitação média mensal, pode-se dizer que o sistema irá conseguir atender ao dobro da sua semana, ou seja, 2 lavagens de carro semanais e 4 regas/lavagens semanais.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O trabalho permitiu observar os efeitos de um sistema de aproveitamento de águas pluviais sobre o sistema de drenagem de um condomínio residencial horizontal. Através do método de análise, pode-se perceber o comportamento quanto a redução dos volumes e vazões originalmente escoados, que foram da ordem de 40%. A porcentagem de aumento em relação a vazão anterior e posterior a implantação do empreendimento foi de 109%, a porcentagem de redução em relação a vazão anterior e posterior a implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais foi de 41% e a porcentagem de redução do coeficiente de escoamento superficial foi de 14%. Ao longo do trabalho percebeu-se que os valores das médias das reduções das vazões escoadas são influenciados pelas superfícies que compõem o loteamento, principalmente pela parcela de área do telhado e pelo coeficiente de escoamento ponderado do terreno.

Para início das análises fez-se o dimensionamento do reservatório levando em consideração a oferta e a demanda de água na cidade. Obteve-se um volume mínimo semanal de 1.384 L de demanda para rega de jardim e lavagem de calçadas e carro, e obteve-se uma oferta mínima de 3.534,10 L mensais. Adotou-se o mínimo permitido entre a demanda e oferta para que não houvesse um sistema de aproveitamento de água pluvial ocioso.

Por fim, verificou-se diante da sazonalidade, a correlação entre precipitação anual e redução de volumes escoados, onde comprovou-se que quanto mais dias chuvosos em um intervalo de tempo, menor será a capacidade dos reservatórios de aproveitamento de águas pluviais reduzirem os volumes escoados pelos telhados. Isso se deve ao fato de o reservatório permanecer mais tempo ocupado pela água e, assim que está cheio, extravasar, direcionando os volumes precipitados sobre os telhados para o sistema de drenagem urbana a jusante do mesmo.

O sistema de aproveitamento dimensionado é capaz de atender a demanda de 1 lavagem de carro e 2 regas de jardim/lavagem de calçada semanalmente, no mês de menor precipitação média. Ou seja, no mês de menor precipitação ainda se tem uma economia considerável sendo poupados ao sistema de drenagem 796 L de água potável.

E analisando o mês com a maior precipitação média mensal, pode-se dizer que o sistema irá conseguir atender ao dobro da sua demanda necessária na sua semana, ou seja, 2 lavagens de carro semanais e 4 regas/lavagens semanais.

A implantação do sistema de aproveitamento deve ser acompanhada de um programa de conservação de água que conscientize os habitantes quanto ao uso racional da água. Além disso, devem ser estudadas alternativas para prever a destinação das águas pluviais para usos públicos, como regas de jardim das áreas comuns, lavagem das áreas comuns etc.

A realização deste estudo pode ser complementada no futuro com a avaliação econômica de retorno financeiro sobre o investimento do sistema de aproveitamento de água pluvial nas unidades habitacionais.

REFERÊNCIAS

ACISA (Associação Comercial, Industrial, de Serviço e Agrícola do Acre). **No Abunã, Rio Madeira chega a 20,40 metros colocando em alerta autoridades; em Porto Velho, rio registra 14,80 metros.** 2019. Disponível em: <https://www.acisaac.org.br/no-abuna-rio-madeira-chega-a-2040-metros-colocando-em-alerta-autoridades-em-porto-velho-rio-registra-1480-metros/>. Acesso em: 19 out. 2020.

AGEPAR (Agência Reguladora do Paraná). **RESOLUÇÃO N° 015/2021-AGEPAR.** 2021. Disponível em: [RESOLUCAO0152021_HomologaaTarifada1aFaseda2aRTPdaSANEPAR_170308026_minuta2.pdf](https://documentador.pr.gov.br/RESOLUCAO0152021_HomologaaTarifada1aFaseda2aRTPdaSANEPAR_170308026_minuta2.pdf) (documentador.pr.gov.br). Acesso em: 01 jun. 2022.

ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico). **Hidroweb.** Disponível em: <https://www.snirh.gov.br/hidroweb/mapa>. Acesso em: 21 fev. 2020.

ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico). **Mudanças climáticas e recursos hídricos: avaliações e diretrizes para adaptação.** 2016. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/panorama-das-aguas/mudancas-climaticas-recursos-hidricos>. Acesso em: 25 ago. 2020.

ANA (Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico). **Relatório da ANA apresenta situação das águas do Brasil no contexto de crise hídrica.** 2017. Disponível em: <https://www.ana.gov.br/noticias/relatorio-da-ana-apresenta-situacao-das-aguas-do-brasil-no-contexto-de-crise-hidrica>. Acesso em: 25 ago. 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 5.626:** Sistemas prediais de água fria e água quente – Projeto, execução, operação e manutenção. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 10.844:** Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro: ABNT, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15.527:** Aproveitamento de água de chuva de coberturas para fina não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro: ABNT, 2007.

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15.575-1:** Edificações habitacionais – Desempenho Parte 1: Requisitos Gerais. Rio de Janeiro: ABNT, 2021.

ATHAYDE, Gilson Barbosa Júnior; DIAS, Isabelly Cícera Souza; GADELHA, Carmem Lúcia Moreira. **Viabilidade econômica e aceitação social do aproveitamento de águas pluviais em residências na cidade de João Pessoa.** 2008. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/ambienteconstruido/article/view/5360/3285>. Acesso em: 21 out. 2020.

BISCARO, Guilherme Augusto. **Meteorologia Agrícola Básica**. 2007. Disponível em: <https://docplayer.com.br/6531788-Meteorologia-agricola-basica.html>. Acesso em: 31 mai. 2022.

BRANDÃO, João Luiz Boccia; MARCON, Priscila. **Análise dos métodos de dimensionamento de reservatórios de águas pluviais sugeridos pela NBR 15527/07 com base na simulação diária**. 2018. Disponível em: http://old.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-41522018000601031&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 18 abr. 2020.

BRASIL. **LEI Nº 9.433, DE 8 DE JANEIRO DE 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm. Acesso em: 25 ago. 2020.

BRASIL. **LEI Nº 9.984, DE 17 DE JULHO DE 2000**. Dispõe sobre a criação da Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), entidade federal de implementação da Política Nacional de Recursos Hídricos, integrante do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (Singreh) e responsável pela instituição de normas de referência para a regulação dos serviços públicos de saneamento básico. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L9984compilado.htm. Acesso em: 25 ago. 2020.

BRASIL. **LEI Nº 11.445, DE 5 DE JANEIRO DE 2007**. Estabelece as diretrizes nacionais para o saneamento básico; cria o Comitê Interministerial de Saneamento Básico; altera as Leis nºs 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.666, de 21 de junho de 1993, e 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; e revoga a Lei nº 6.528, de 11 de maio de 1978. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2007/lei/l11445.htm. Acesso em: 04 ago. 2020.

BRASIL. **LEI Nº 14.026, DE 15 DE JULHO DE 2020**. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2020/Lei/L14026.htm#art7. Acesso em: 25 ago. 2020.

BUFFON, Franco Turco. **Aproveitamento de águas Pluviais: Efeito Sobre o Sistema de Drenagem Urbana**. 2010. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/26044/000755504.pdf?sequence=1>. Acesso em: 18 abr. 2022.

CIBERIA. **Aquecimento global: inundações do Rio Amazonas quadruplicam nos últimos 30 anos**. 2018. Disponível em: <https://ciberia.com.br/inundacoes-rio-amazonas-quadruplicaram-45426>. Acesso em: 19 out. 2020.

CLIMATE DATA. **Ponta Grossa Clima**. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/parana/ponta-grossa-4493/>. Acesso em: 21 out. 2021.

COLL, Liana. Notícias: Atualidades: A estreita relação entre mudanças climáticas e o aumento de eventos extremos. **Jornal da Unicamp**. 2020. Disponível em: <https://www.unicamp.br/unicamp/ju/noticias/2020/02/27/estreita-relacao-entre-mudancas-climaticas-e-o-aumento-de-eventos-extremos>. Acesso em: 04 ago. 2020.]

COLLISCHONN, Walter.; DORNELLES, Fernando. Hidrologia para Engenharia e Ciências Ambientais. 2. ed. Porto Alegre: 2015.

CONTI, Guilherme Nobel. **Estimativa da Precipitação Através de Técnicas de Sensoriamento Remoto: Estudo de Caso para o Estado do Rio Grande do Sul**. 2002. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/3000/000330270.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 31 mai. 2022.

CORDEIRO, Vinicius. Paraná registra a pior estiagem do país, e região de Curitiba enfrenta 'seca extrema'. **Paraná Portal**. 2020. Disponível em: <https://paranaportal.uol.com.br/cidades/parana-seca-extrema-curitiba-regiao-sanepar/#:~:text=A%20falta%20de%20chuvas%20em,36%20horas%20x%2036%20horas>). Acesso em: 19 out. 2020.

CORTE, Ariéli Corrêa Dalla. Balanço Hídrico em Bacia Urbana. 2015. Disponível em: <https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/7897/DALLA%20CORTE%2C%20ARIE%20CORREA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 18 abr. 2022.

DORNELLES, Fernando; TASSI, Rutinéia; GOLDENFUM, Joel A. **Avaliação das Técnicas de Dimensionamento de Reservatórios para Aproveitamento de Água de Chuva**. 2010. Disponível em: https://abrh.s3.sa-east-1.amazonaws.com/Sumarios/7/69a0515c226924e0ca62c586e8f5cbbbe_53a7198f8288dc36d419639d3f37702c.pdf. Acesso em: 18 abr. 2020.

FILHO, Alceu Gomes de Andrade; SZÉLIGA, Marcos Rogério; SZESZ, João Ricardo Sampaio. **Utilização de Micro-reservatórios de Detenção para Atenuação de Inundações em Bacias Urbanas**. 2000. Disponível em: http://ri.uepg.br:8080/riuepg/bitstream/handle/123456789/645/ARTIGO_Utilioza%c3%a7%c3%a3oMicroReservatorios.pdf?sequence=1. Acesso em 18 abr. 2022.

FONSECA, Vitor Luís Amorim; FILHO, Carlos Martins de Menezes. **Estudo Comparativo entre Métodos de Dimensionamento para Reservatórios de Sistemas de Aproveitamento de Águas Pluviais**. 2019. Disponível em: <https://www.cea-unesp.org.br/holos/article/view/12326>. Acesso em: 18 abr. 2020.

GOVERNO DO BRASIL. **Saneamento**: Novo marco de saneamento é sancionado e garante avanços para o país. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/noticias/transito-e-transportes/2020/07/novo-marco-de-saneamento-e-sancionado-e-garante-avancos-para-o-pais#:~:text=O%20presidente%20da%20Rep%C3%BAblica%2C%20Jair,Marco%20Legal%20do%20Saneamento%20B%C3%A1sico.&text=A%20meta%2C%20com%20o%20marco,31%20de%20dezembro%20de%202033>. Acesso em: 09 out. 2020.

GPRH (Grupo de Pesquisas em Recursos Hídricos). **Softwares**. Disponível em: <http://www.gprh.ufv.br/?area=softwares>. Acesso em 18 abr. 2020.

- G1 AMAZONAS. **Frequência das enchentes do rio Amazonas aumenta cinco vezes em 100 anos.** Disponível em: <https://g1.globo.com/am/amazonas/noticia/2018/09/21/frequencia-das-enchentes-do-rio-amazonas-aumenta-cinco-vezes-em-100-anos.ghtml>. Acesso em 20 out. 2020.
- G1 NATUREZA. **Como a Cidade do Cabo está se adaptando para um futuro de água escassa.** 2018. Elaborada por: Daniella Cheslow e Deutsche Welle. Disponível em: <https://g1.globo.com/natureza/noticia/como-a-cidade-do-cabo-esta-se-adaptando-para-um-futuro-de-agua-escassa.ghtml>. Acesso em 19 out. 2020.
- G1 RONDÔNIA. **Rio Madeira sobe para 17,35 metros e 1,4 mil pessoas são retiradas de casas em Rondônia.** 2019. Elaborada por Jonatas Boni. Disponível em: <https://g1.globo.com/ro/rondonia/noticia/2019/03/07/rio-madeira-sobe-para-1735-metros-e-expulsa-14-mil-pessoas-de-casa-em-ro.ghtml>. Acesso em: 19 out. 2020.
- HEBERSON, Artur Schervier de; MARCÓRIO, Isabela Araújo; RIBEIRO, Rafael Zanelati. **Estudo de metodologia de dimensionamento de reservatórios de aproveitamento de água e chuva.** 2009. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/140/o/ESTUDO_DE_METODOLOGIAS_DE_DIMENSIONAMENTO_DE_RESERVAT%C3%93RIOS_DE_APROVEITAMENTO_DE_%C3%81GUA_DE_CHUVA.pdf. Acesso em: 21 out. 2020.
- IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). **Cidades e Estados.** 2022. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/pr/ponta-grossa.html>. Acesso em 05 jul. 2022.
- IACANGA. Secretária Municipal de Saneamento Ambiental. **Saneamento.** Disponível em: <https://www.govermeta.com/XX/Unknown/157917688133127/Secretaria-Municipal-de-Saneamento-Ambiental---iacanga>. Acesso em: 11 mar. 2022.
- IPT (Equipe Instituto de Pesquisas Tecnológicas). **Mapeamento de Riscos em Encostas e Margens de Rios.** 2007. Disponível em: <http://planodiretor.mprs.mp.br/arquivos/mapeamento.pdf>. Acesso em: 26 ago. 2020.
- MAY, Simone. **Estudo da Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva para Consumo não Potável em Edificações.** 2004. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-02082004-122332/publico/simonemay.pdf>. Acesso em 18 abr. 2022.
- MELLO, C. R. *et al.* **Krigagem e Inverso do Quadrado da Distância para Interpolação dos Parâmetros da Equação de Chuvas Intensas.** 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbcs/a/y8D7cxSnMvZhNg6c3HGcBKG/?lang=pt#>. Acesso em: 18 abr. 2022.
- MIGUEZ, Marcelo Gomes; VERÓL, Aline Pires; REZENDE, Osvaldo Moura. **Drenagem urbana: do projeto tradicional à sustentabilidade.** Do projeto tradicional à sustentabilidade. 1. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.
- MIRANDA, Clarissa. IPTU verde 2022: Como funciona? Como conseguir desconto?. **IPTU 2022.** 2022. Disponível em: <https://iptu2022br.com.br/iptu-verde->

2022/#:~:text=O%20IPTU%20Verde%20%C3%A9%20um,atitude%20ser%C3%A1%20desconto%20no%20tributo. Acesso em: 18 abr. 2022

NASCIMENTO, Jéssica. Enxurrada arrasta carro em Sorocaba. **TV Jornal Cruzeiro do Sul**. 2015. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Tb0hjQZP-hs&app=desktop>. Acesso em: 19 out. 2020.

OPAS (Organização Pan-Americana da Saúde). **Drenagem**. Disponível em: https://www.paho.org/bra/index.php?option=com_content&view=article&id=385:drenagem&Itemid=685. Acesso em: 25 ago. 2020.

PARANÁ, GOVERNO DO ESTADO. **Agência Estadual de Notícias**: Sanepar investiu quase R\$250 milhões durante a fase mais difícil da crise hídrica na RMC. 2022. Disponível em: <https://www.aen.pr.gov.br/Noticia/Sanepar-investiu-quase-R-250-milhoes-durante-fase-mais-dificil-da-crise-hidrica-na-RMC>. Acesso em: 18 abr. 2022.

PONTA GROSSA. **A Cidade**. Disponível em: <https://www.pontagrossa.pr.gov.br/acidade>. Acesso em: 2 jan. 2022

PORTO ALEGRE. **Plano Diretor de Drenagem Urbana: Manual de Drenagem Urbana**. 2005. Disponível em: http://lproweb.procempa.com.br/pmpa/prefpoa/dep/usu_doc/manual_de_drenagem_ultima_versao.pdf. Acesso em 18 abr. 2022.

R7 SÃO PAULO. **Chuva alaga vários pontos em São Paulo e paralisa a cidade**. 2020. Disponível em: <https://noticias.r7.com/sao-paulo/fotos/chuva-alaga-varios-pontos-em-sao-paulo-e-paralisa-a-cidade-10022020#!/foto/11>. Acesso em: 19 out. 2020.

SANEPAR (Companhia de Saneamento do Paraná). **Atitudes simples podem contribuir para reduzir o consumo**. 2015. Disponível em: <http://site.sanepar.com.br/noticias/atitudes-simples-podem-contribuir-para-reduzir-o-consumo>. Acesso em: 26 ago. 2020.

SAUTCHUK et al. **Conservação e Reuso da Água em Edificações**. 2005. Disponível em: <https://sitefiespstorage.blob.core.windows.net/uploads/2014/08/conservacao-e-reuso-de-aguas-2005.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2020.

SCIENCE ADVANCES. **Recent intensification of Amazon flooding extremes driven by strengthened Walker circulation**. 2018. Elaborada por Jonathan Barichivich, Emanuel Gloor, Philippe Peylin, Roel J. W. Brienen, Jochen Schöngart, Jhan Carlo Espinoza e Kanhu C. Pattnayak. Disponível em: <https://advances.sciencemag.org/content/advances/4/9/eaat8785.full.pdf>. Acesso em: 19 out. 2020.

SNIS (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento). **Abastecimento de Água**. 2020. Disponível em: <http://www.snis.gov.br/painel-informacoes-saneamento-brasil/web/painel-abastecimento-agua>. Acesso em: 18 abr. 2022.

SNIS (Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento). **Diagnóstico dos Serviços de Água e Esgoto**. 2019. Disponível em:

http://www.snis.gov.br/downloads/diagnosticos/ae/2019/Diagn%C3%B3stico%20SNIS%20AE_2019_Republicacao_04022021.pdf. Acesso em: 07 fev. 2020.

SOUZA, Christopher Freire; CRUZ, Marcus Aurélio Soares; TUCCI, Carlos Eduardo Morelli. **Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto: Planejamento e Tecnologias Verdes para a Sustentabilidade das Águas Urbanas**. 2012. Disponível em: <https://ctec.ufal.br/professor/cfs/abr2012.pdf>. Acesso em: 25 ago. 2020.

TEIXEIRA, Celimar Azambuja. **Apostila de Hidrologia Aplicada**. 2010. Disponível em: https://engenhariacivilfsp.files.wordpress.com/2014/03/hidro_celimar.pdf. Acesso em 18 abr. 2022.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de Água de Chuva**. Vol 1. 2010. Disponível em: https://909d9be6-f6f1-4d9c-8ac9-115276d6aa55.filesusr.com/ugd/0573a5_bfa504956e664155b22974ef016e05a7.pdf?index=true. Acesso em 21 out. 2020.

TOMAZ, Plínio. **Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis**. 2009.

TOMAZ, Plínio. **Cálculos hidrológicos hidráulicos para obras municipais**. 2002.

TOMAZ, Plínio. **Cálculos hidrológicos e hidráulicos para obras municipais**, 2 ed. São Paulo: Navegar, 2011.

TOMINAGA, Lídia Keiko; SANTORO, Jair; AMARAL, Rosangela (org.). **Desastres Naturais: Conhecer para prevenir**. 2009. Disponível em: http://www.sidec.sp.gov.br/defesacivil/media/OSDownloads/1438375861_DesastresNaturais.pdf. Acesso em: 25 ago. 2020.

TORRES, Rodrigo Grace; MORAIS, Francisco Carlos; MARQUES, Adilson Lima. **Aproveitamento da Água Pluvial: Estudo de Caso para a Captação e Uso da Água para Fins Não Potáveis na UNAERP Campus Guarujá**. 201X. Disponível em: <https://www.unaerp.br/documentos/1661-aproveitamentodaaguapluvial/file>. Acesso em: 19 out. 2020.

TUCCI, Carlos E. M.; BERTONI, Juan Carlos. **Hidrologia: ciência e aplicação**. Editora Universidade/UFRGS: ABRH, 2000.

TUCCI, Carlos E. M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 2. ed. Porto Alegre: Editora Universidade/UFRGS: ABRH, 2001.

TUCCI, Carlos E. M. **Gestão de Águas Pluviais Urbanas**. 2005. Disponível em: https://files.cercomp.ufg.br/weby/up/285/o/Gest%C3%A3o_de_Aguas_Pluviais__.PDF?1370615799. Acesso em: 19 out. 2020.

TUCCI, Carlos E. M.; PORTO, Rubem L.; BARROS, Mario T. L. **Drenagem Urbana**. Porto Alegre: Editora Universidade/UFRGS: ABRH, 1995.

UNFPA (Fundo de População das Nações Unidas). **A ONU e a população mundial**. 2020. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/acao/populacao-mundial/>. Acesso em: 04 ago. 2020.

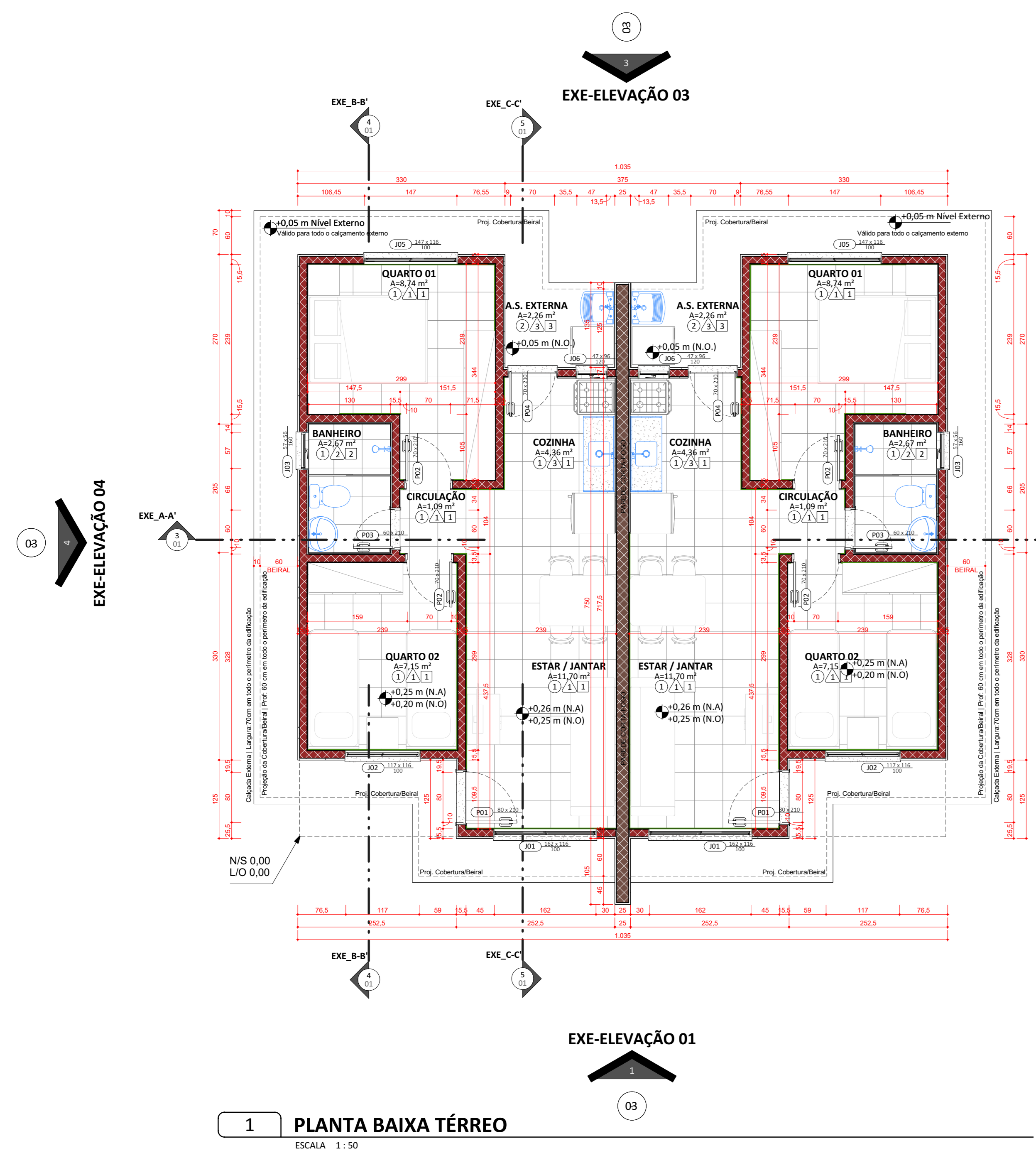
URBANO, Edison. **Sempre sustentável:** Projeto Experimental de Aproveitamento de Água de Chuva com a Tecnologia da Minicisterna para Residência Urbana Manual de Construção e Instalação. 2018. Disponível em: <http://www.sempresustentavel.com.br/hidrica/minicisterna/minicisterna.htm>. Acesso em 18 abr. 2022.

VIEIRA, D. L. M.; ALVES, G. M.; ALVES C. E. S. Estudo da Viabilidade do Uso da Água da Chuva em Lava Rápido. Maringá. 2013. Disponível em: http://www.cesumar.br/prppge/pesquisa/epcc2013/oit_mostra/Dougla_Lincoln_Machado_Vieira.pdf. Acesso em: 11 fev. 2022.

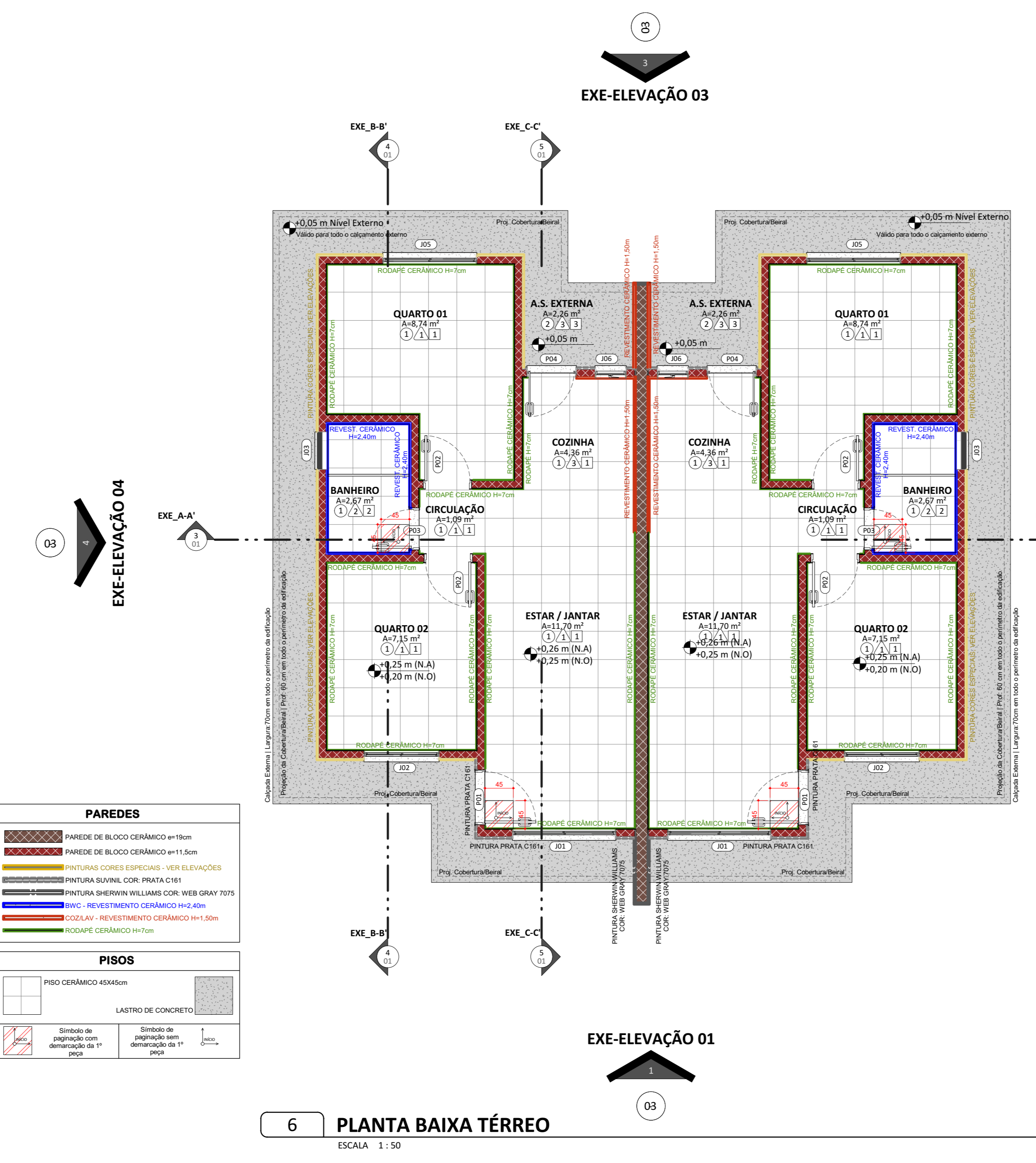
WEIGL, Wilson F. de. Ciência: População, nunca fomos tantos. **Super Interessante**. 2016. Disponível em: <https://super.abril.com.br/ciencia/populacao-nunca-fomos-tantos/>. Acesso em: 04 ago. 2020.

ZANELLA, Luciano. **Manual para captação emergencial e uso doméstico de água de chuva**. 2015. Disponível em: http://www.ipt.br/noticia/905-passo_a_passo:_agua_de_chuva.htm. Acesso em: 18 abr. 2022.

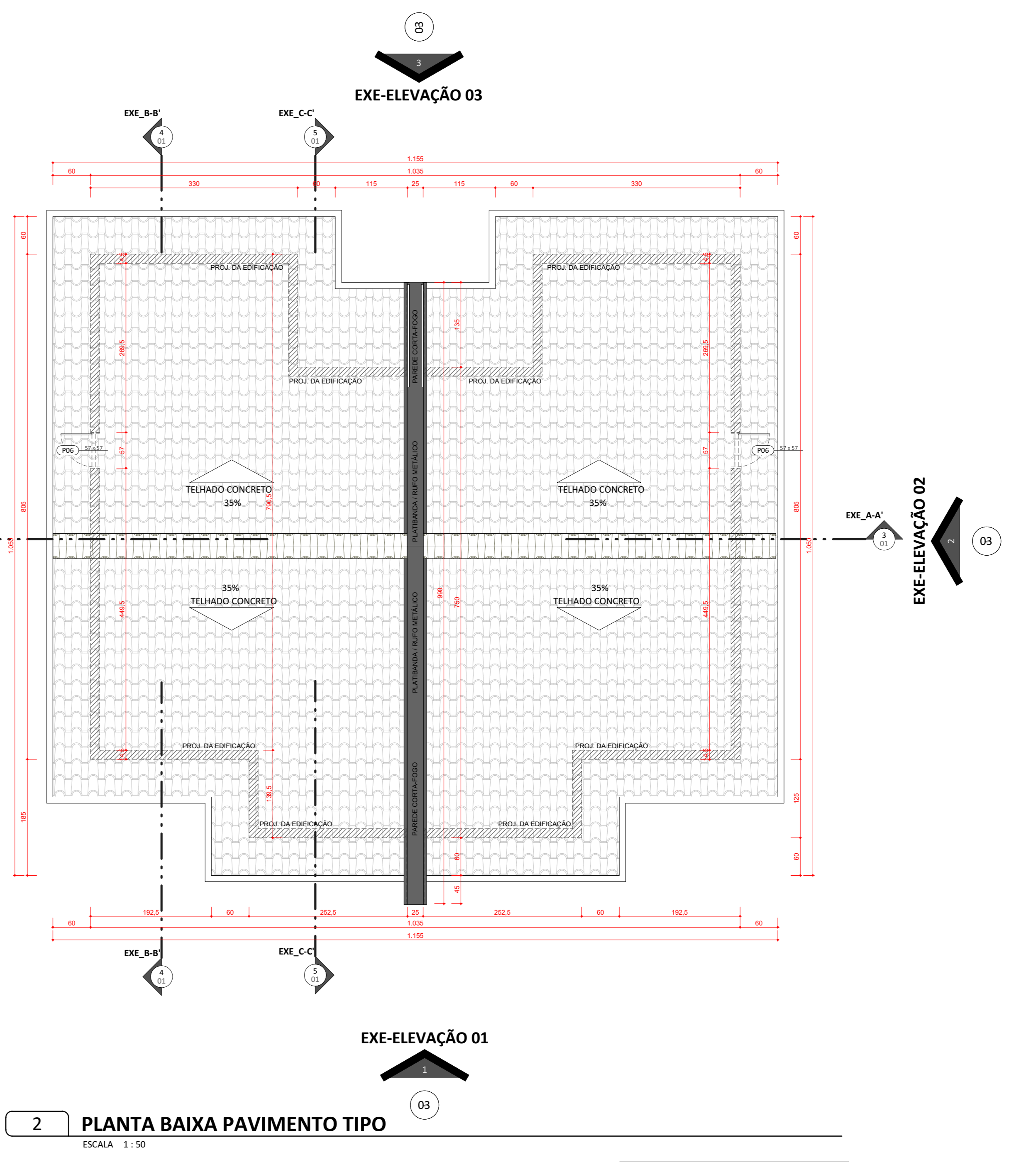
ANEXO A - Projeto arquitetônico executivo da tipologia 3



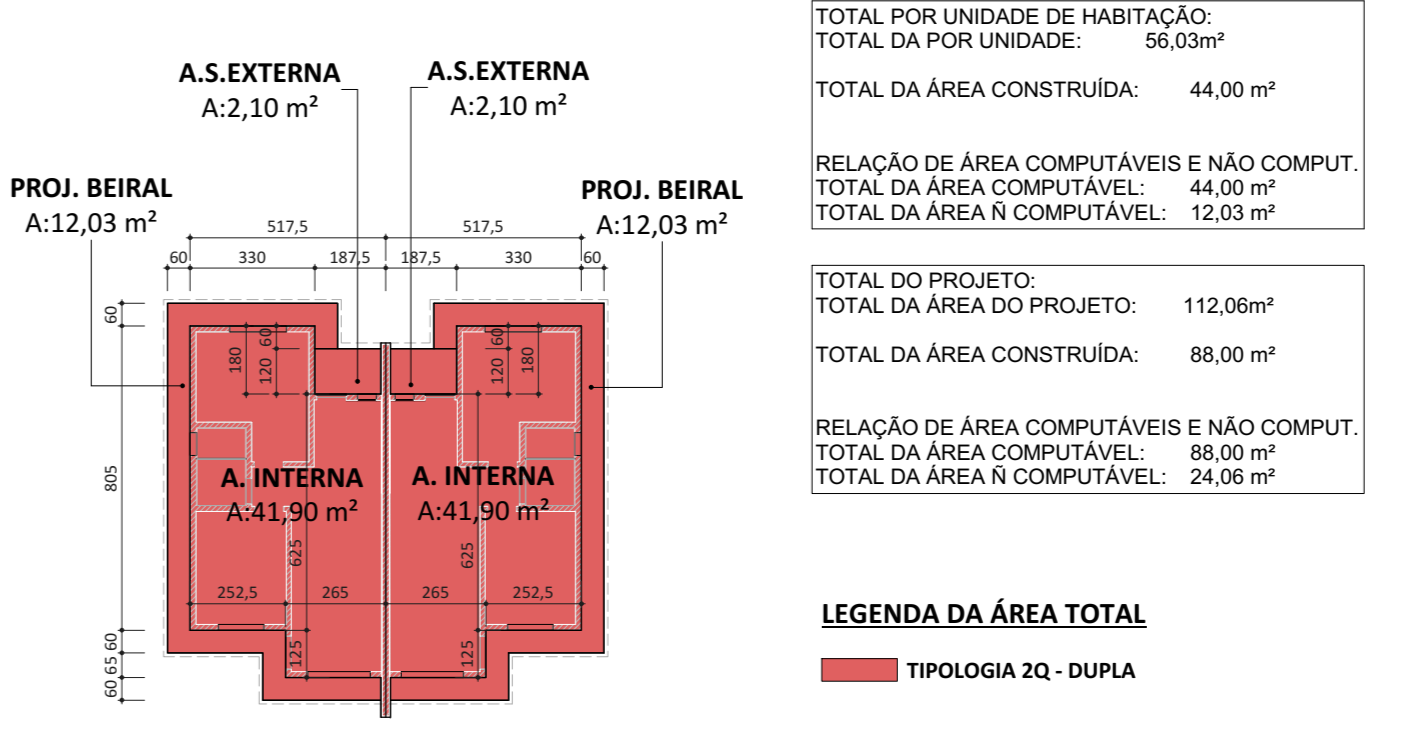
1 PLANTA BAIXA TÉRREO
ESCALA 1:50



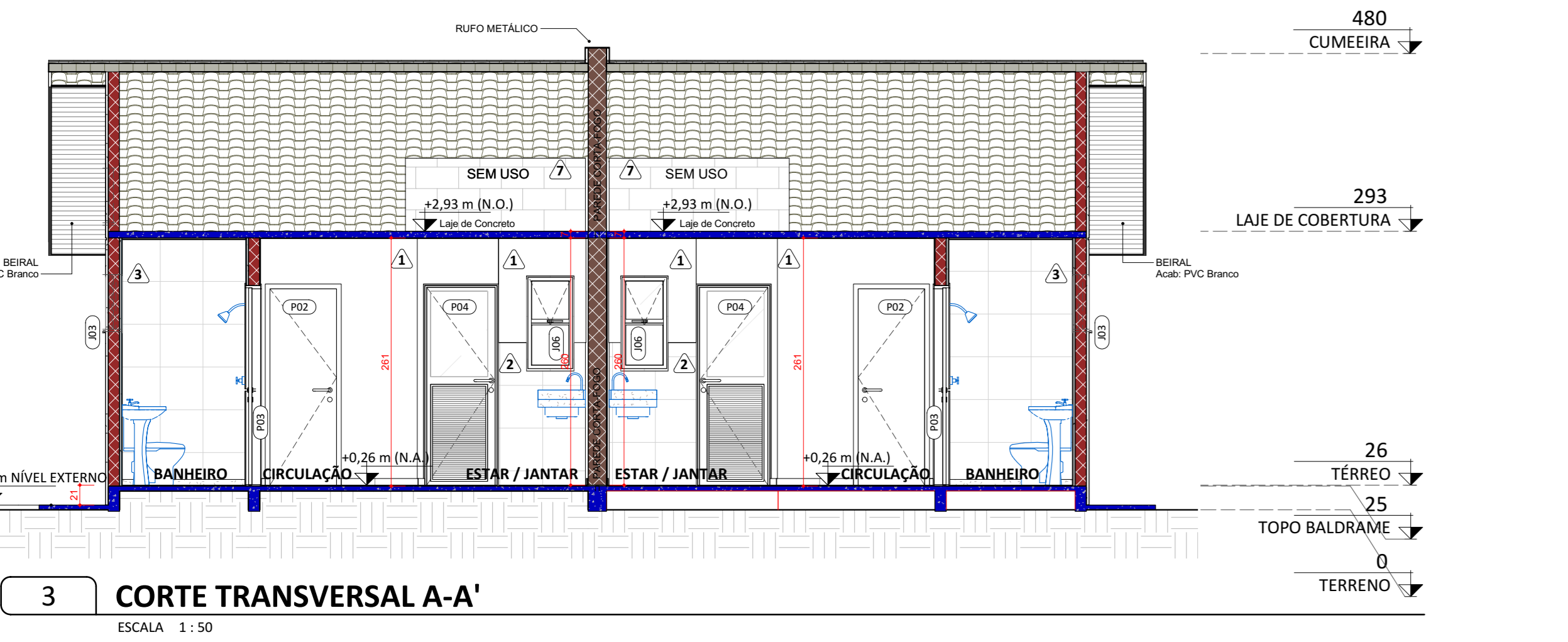
6 PLANTA BAIXA TÉRREO
ESCALA 1:50



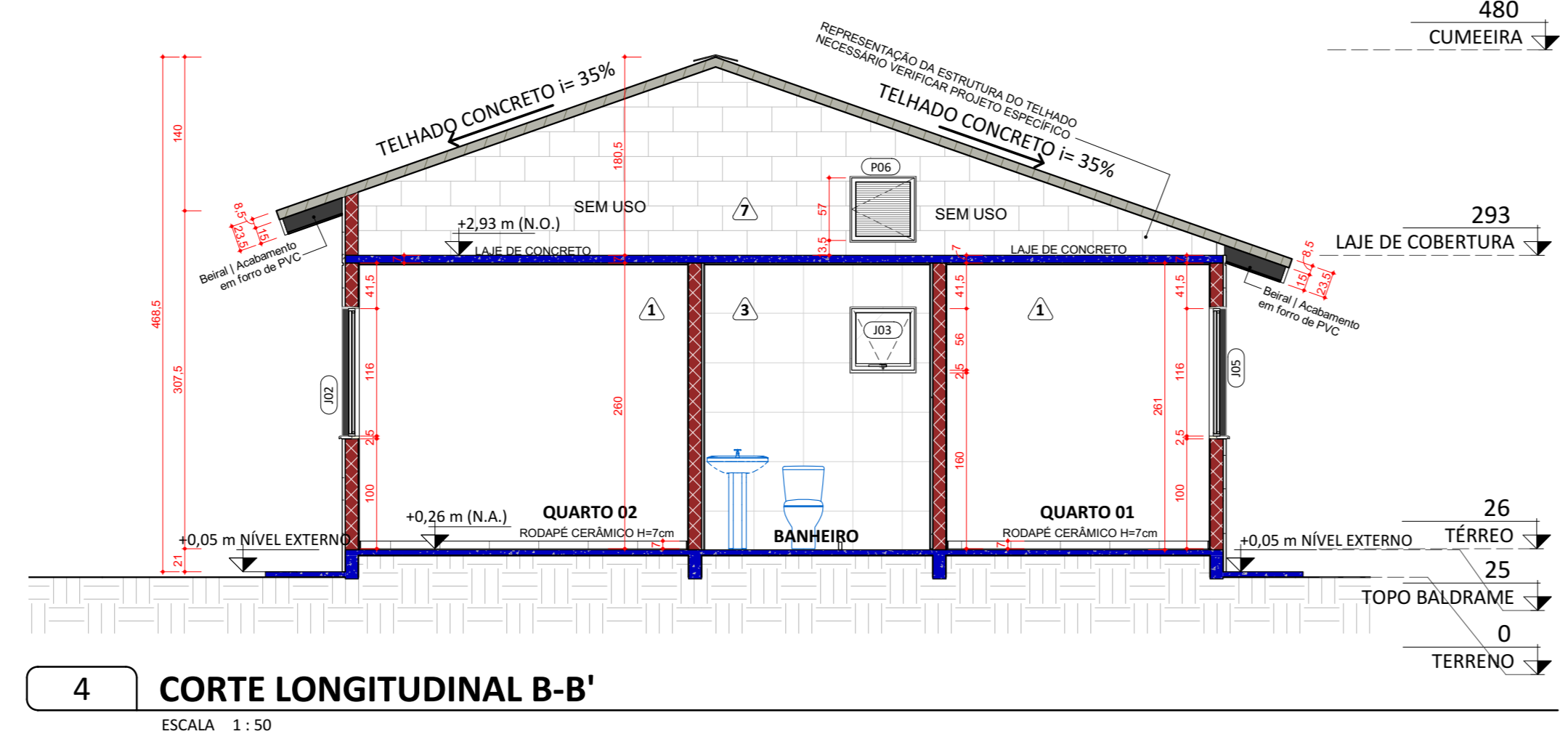
2 PLANTA BAIXA PAVIMENTO TIPO
ESCALA 1:50



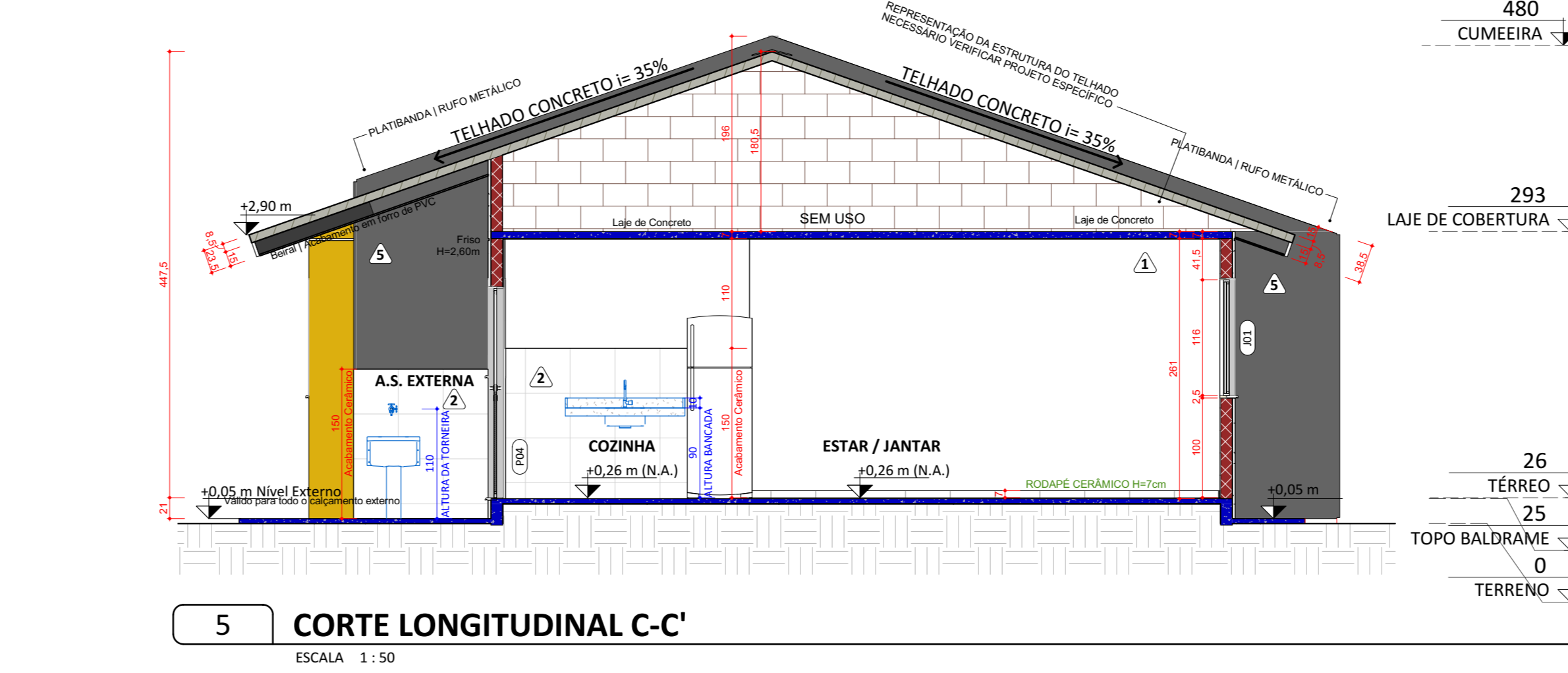
7 QUADRO DE ÁREA ÚTIL
ESCALA 1:200



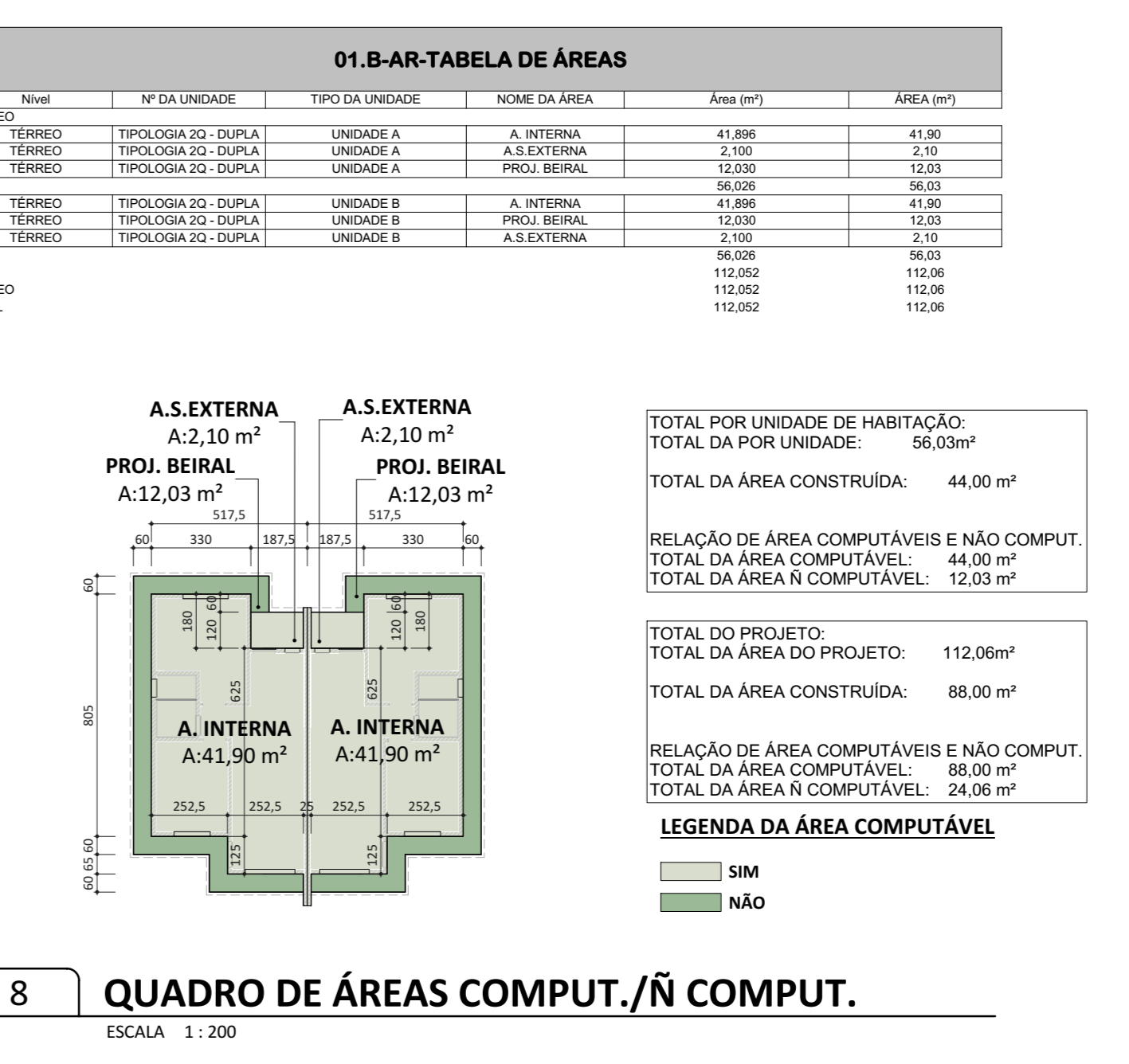
3 CORTE TRANSVERSAL A-A'
ESCALA 1:50



4 CORTE LONGITUDINAL B-B'
ESCALA 1:50



5 CORTE LONGITUDINAL C-C'
ESCALA 1:50



8 QUADRO DE ÁREAS COMPUT./N COMPUT.
ESCALA 1:200

TABELA DE JANELAS

COD	LARGURA	ALTURA	PEITORIL	MATERIAL	TIPO	QUANT.
J01	100	150	100	Alumínio/Verde	Comer	2
J02	110	150	100	Alumínio/Verde	Comer	2
J03	110	150	100	Alumínio/Verde	Comer	2
J04	110	150	100	Alumínio/Verde	Comer	2

TABELA DE PORTAS

COD	LARGURA	ALTURA	TIPO	MATERIAL	QUANT.
P01	80	210	Abre	Madeira	2
P02	80	210	Abre	Madeira	2
P03	80	210	Abre	Madeira	2
P04	80	210	Abre	Madeira	2

TABELA DE AMBIENTES - PISO PAREDE TETO

AMBIENTE	ID PROJ.	ACABAMENTO PISO	ID PAREDE	ACABAMENTO PAREDE	ID TETO	ACABAMENTO TETO
A.S. EXTERNA	1	Concreto	3	Concreto	3	Piso PVC Têxtil
BANHEIRO	1	Concreto	2	Concreto	2	Piso Branca S&S L&L
COZINHA	1	Concreto	3	Concreto	3	Piso Branca S&S L&L
ESTAR/JANTAR	1	Concreto	4	Concreto	4	Piso Branca S&S L&L
QUARTO 01	1	Concreto	1	Concreto	1	Piso Branca S&S L&L
QUARTO 02	1	Concreto	1	Concreto	1	Piso Branca S&S L&L

PADRÃO DE SIMBOLOGIA

○ PISO △ PAREDE □ TETO

PAGINAÇÃO DE MATERIAIS

ID	Material	Comentários	ID	Material	Comentários	ID	Material	Comentários
1	Revestimento de Piso Cerâmico - Branco		2	Piso Branca S&S L&L		3	Piso Branca S&S L&L	
2	Revestimento de Piso Cerâmico - Cinza		3	Revestimento de Parede Cerâmico - Branco		4	Revestimento de Parede Cerâmico - Branco	
3	Revestimento de Parede Cerâmico - Branco		4	Revestimento de Parede Cerâmico - Branco		5	Revestimento de Parede Cerâmico - Branco	
4	Revestimento de Parede Cerâmico - Branco		5	Revestimento de Parede Cerâmico - Branco		6	Revestimento de Parede Cerâmico - Branco	
5	Revestimento de Parede Cerâmico - Branco		6	Revestimento de Parede Cerâmico - Branco		7	Revestimento de Parede Cerâmico - Branco	

ASPECTOS EXECUTIVOS

ESTE PROJETO NÃO SE RESPONSABILIZA POR ASPECTOS RELATIVOS A PROJETOS COMPLEMENTARES TÃO COMO: PREVENÇÃO DE INCÊNDIO, INSTALAÇÕES DE GÁS, INSTALAÇÕES HIDRÁULICAS, INSTALAÇÕES ELÉTRICAS, SISTEMAS ESTRUTURAIS, ETC. OS QUANTOS SÃO DE INTERESSE RESPONSABILIDADE DOS PROFISSIONAIS ESPECÍFICOS DE CADA DISCIPLINA. OS DESENHOS SÃO INDICATIVOS DO SISTEMA E DO ASPECTO FINAL DESEJADO.

A ESTABILIDADE E O PERÍTO FUNCIONAMENTO SÃO DE INTERESSE RESPONSABILIDADE DOS EXECUTORES. TODAS AS DIMENSÕES E TENDÊNCIAS DO PROJETO ARQUITETÔNICO DEVEM SER CONFIRMADAS EM OBRA. QUALQUER MODIFICAÇÃO A SER EFETUADA NESTE PROJETO REQUER CONSULTA PRÉVIA A ESTE ESCRITÓRIO. PREVER INCLINAÇÃO EM DRENAGEM EM TODAS AS ÁREAS ÚTILIZADAS.

PREVER DRENAGEM PARA AS ÁREAS EXTERNAS.

PARA AS PAREDES NÃO INDICADAS FAZER A ESPECIFICAÇÃO GERAL DO AMBIENTE.

PARA O DIMENSIONAMENTO DE CANAIS, CONSULTAR O PROJETO HIDRÁULICO DE ÁGUAS PLUVIAIS.

OS MATERIAIS E PROCEDIMENTOS CONSTRUTIVOS UTILIZADOS NA OBRA DEVEM SEGUIR TODAS AS ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS INDICADAS PELO ÓRGÃO DE NORMATIZAÇÃO APROPRIADAS SOB A ORIENTAÇÃO DE FORNECEDORES.

CONSTRUTORA PRESTES | PRINCESA

CONDOMÍNIO RESIDENCIAL PRINCESA - TIPOLOGIA 01 - UNIDADE 2 QUARTOS ESQUERDA

PROJETO EXECUTIVO - REVISÃO DE CERÂMICA DE PISO

PROJETO EXECUTIVO - AJUSTES BIM COLLAR (ISOLADO DE ÁREAS, DESCRIÇÃO JANELA DA COZINHA E FRANGIÇÃO CERÂMICA DA COZINHA)

PROJETO EXECUTIVO - AJUSTES TELHADO

PROJETO EXECUTIVO - AJUSTES TELHADO

PROJETO EXECUTIVO - AJUSTES PAREDES DRYWALL

PROJETO EXECUTIVO - EMISSÃO FINAL

PROJETO EXECUTIVO

01/03

NOVAKPINHEIRO ARQUITETURA