

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ**  
**Bruna Andressa Freire Rodrigues**

**SUMIDOURO ALTERNATIVO PARA A INFILTRAÇÃO DA  
ÁGUA PLUVIAL PROVENIENTE DE TELHADOS EM  
CAMPOS DO JORDÃO - SP**

**Taubaté – SP**

**2016**

**Bruna Andressa Freire Rodrigues**

**SUMIDOURO ALTERNATIVO PARA A INFILTRAÇÃO DA  
ÁGUA PLUVIAL PROVENIENTE DE TELHADOS EM  
CAMPOS DO JORDÃO - SP**

Dissertação apresentada para obtenção  
do Título de Mestre pelo Programa de Pós-  
graduação em Ciências Ambientais na  
Universidade de Taubaté.

Área de Concentração: Ciências  
Ambientais

Orientadora: Prof. Dra. Ana Aparecida da  
Silva Almeida.

**Taubaté – SP**

**2016**

N511u

Rodrigues, Bruna Andressa Freire.

Sumidouro alternativo para a infiltração da água pluvial proveniente de telhados em Campos do Jordão/SP. / Bruna Andressa Freire Rodrigues. – Taubaté/SP: Unitau, 2016.

55f.: il.

Dissertação (mestrado) – Universidade de Taubaté, Departamento de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais, 2016.

Orientador: Ana Aparecida da Silva Almeida

1. Captação de água de chuva. 2. Sumidouro Alternativo.  
3. Reutilização de garrafa PET.

CDD 628

*Elaborada por Daniela Augusta de Souza Barreto. Bibliotecária responsável*

**Bruna Andressa Freire Rodrigues**

**SUMIDOURO ALTERNATIVO PARA A INFILTRAÇÃO DA ÁGUA PLUVIAL  
PROVENIENTE DE TELHADOS EM CAMPOS DO JORDÃO - SP**

Dissertação apresentada para obtenção  
do Título de Mestre pelo Programa de Pós-  
graduação em Ciências Ambientais na  
Universidade de Taubaté.

Área de Concentração: Ciências  
Ambientais

Data: 19 de fevereiro de 2016

Resultado: Aprovado

**BANCA EXAMINADORA**

Prof .Dra. Ana Aparecida da Silva Almeida \_\_\_\_\_ Universidade de Taubaté

Assinatura \_\_\_\_\_

Prof .Dr. Marcelo dos Santos Targa \_\_\_\_\_ Universidade de Taubaté

Assinatura \_\_\_\_\_

Prof .Dr. Nelson Wellausen Dias \_\_\_\_\_ Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

Assinatura \_\_\_\_\_

### **Dedicatória**

Dedico este trabalho a vocês, minha família. Mãe, Pai e meu Irmão caçula, obrigado pelo apoio, amizade e amor. Vocês são meus exemplos de vida! Amo vocês.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus por me dar forças em momentos tão difíceis e conturbados, tornando possível a execução e finalização do mestrado acadêmico em Ciências Ambientais. Agradeço a Nossa Senhora, por sempre proteger a minha vida, guiando sempre o meu caminho.

Aos meus familiares em especial a minha mãe Monica, meu pai Pedro e ao meu irmão Juninho, por serem o alicerce da minha vida! Sempre me motivando, cobrando de maneira positiva, com muito carinho e paciência. Muito obrigado por me ajudar a tornar este sonho em realidade.

Aos meus avós Dona Ditinha e Sr. Braz, por sempre cuidar de mim com muito zelo, sempre com uma palavra amiga e amável. Essa vitória é nossa!

Aos meus amigos de trabalho, obrigado pela amizade e pela alegria que vocês trazem aos meus dias!

Ao meu trabalho, em especial ao Eng. José Augusto Pinelli, por compartilhar comigo sua sabedoria sempre com paciência e amizade.

A professora Ana, por ser sempre uma pessoa acessível e humana, que me ajudou muito na confecção deste trabalho. Muito obrigado! Você é muito especial para mim!

Ao incentivo do meu amado Rodrigo Paiva, que com muito amor e dedicação, me proporcionou momentos felizes e coloridos, sempre apoiando e me dando forças para alcançar os meus objetivos. Obrigado amor!

*Obstáculos são aquelas coisas  
assustadoras que você vê quando  
desvia seus olhos de sua meta.*

Henry Ford

# **SUMIDOURO ALTERNATIVO PARA A INFILTRAÇÃO DA ÁGUA PLUVIAL PROVENIENTE DE TELHADOS EM CAMPOS DO JORDÃO - SP**

AUTORA: BRUNA ANDRESSA FREIRE RODRIGUES  
ORIENTADORA: ANA APARECIDA DA SILVA ALMEIDA

## **RESUMO**

A contínua expansão dos centros urbanos, e por consequência a substituição da cobertura natural do solo por edificações e vias pavimentadas tem influenciado sobremaneira a capacidade do solo em absorver as águas pluviais. Em decorrência dessa impermeabilização do solo, as águas pluviais tendem a escoar sobre a superfície do terreno, fenômeno este denominado como escoamento superficial, que sobrecarrega o sistema de drenagem das cidades ocasionando, frequentemente, as enchentes. Todavia, é comum as cidades possuírem pequenas áreas permeáveis, sendo em sua maioria jardins, parques, lotes não edificados e ruas não pavimentadas os quais poderiam ter a infiltração das águas pluviais otimizada de modo a reduzir o escoamento superficial. Usualmente os sumidouros são estruturas de engenharia utilizados como tanques absorventes de efluentes de tanques sépticos, mas que poderiam ser adaptados para aumentar a infiltração de águas pluviais em solos. O objetivo do presente trabalho foi desenvolver um sumidouro alternativo capaz de captar o volume de água precipitado e garantir a infiltração da água no solo. Para a elaboração dessa estrutura de engenharia foram utilizadas 60 garrafas transparentes de um litro e meio, composta por Politereftalato de etileno (PET) as quais foram encaixadas e fixadas à um cano PVC central perfurado. Essa estrutura foi instalada em uma área residencial no bairro Vila Santo Antônio na cidade de Campos do Jordão – SP. O volume desse sumidouro alternativo foi estabelecido por meio da média mensal de pluviosidade da cidade objeto de estudo entre os anos de 1972 a 2002, equivalente a 149,8 L. Uma vez estabelecido este volume, foi dimensionado o sumidouro alternativo, para que possuísse formato cilíndrico tendo respectivamente altura de 1m e diâmetro de 0,45m. Por meio de recargas manuais utilizando a água de abastecimento da rede pública municipal esta estrutura foi completada pelo líquido. O tempo correspondente para a infiltração de todo o volume armazenado na estrutura para com o solo, foi de 13 h e 25 minutos. Considerando que na região em que foi instalado o sumidouro existem áreas permeáveis, a utilização dessa estrutura poderia contribuir para reduzir o escoamento de águas pluviais provenientes dos telhados residenciais e comerciais, garantindo a infiltração das águas pluviais no solo. Com intuito de dimensionar quantos sumidouros são necessários para captar as águas pluviais provenientes dos telhados das edificações do bairro em estudo, foi realizado fotointerpretação de uma imagem de alta resolução, delimitando todos os telhados e áreas permeáveis do local. Foi concluído que este sumidouro alternativo é eficiente para proporcionar infiltração das águas pluviais escoadas dos telhados quando a precipitação for de no mínimo 5mm e no máximo de 10 mm.

Palavras-chave: Sumidouro alternativo, captação de água de chuva, reutilização garrafa PET

# **ALTERNATIVE ENGINEERING SOLUTION USING INFILTRATION OF RAIN WATER IN THE GROUND AT CAMPOS DO JORDÃO CITY – SP**

**AUTHOR: BRUNA ANDRESSA FREIRE RODRIGUES  
ADVISER: ANA APARECIDA DA SILVA ALMEIDA**

## **ABSTRACT**

The continued expansion of urban centers, and therefore the replacement of the natural ground cover for buildings and paved roads has negatively influenced the ability of soil to infiltrate stormwater. Due to this soil barrier, stormwater usually flows over the surface of the ground (runoff), which impact in the cities drainage systems causing floods. However, it is common for cities with small permeable areas, inefficiencies in infiltration of stormwater to reduce runoff. Usually absorbent septic tanks are engineering structures used to infiltrate effluents from wastewater treatment tanks, which could be adapted to increase the infiltration of storm water in soils. This goal of this study was to develop an alternative engineering solution capable of capturing the amount of rainwater and ensure its infiltration into the soil. In order to develop this engineering structure, 60 bottles of transparent polyethylene terephthalate (PET) which have been fixed in a PVC pipe with small holes, as a cylinder similar to bee hives. This structure was installed in a residential area in the city of Campos do Jordão – SP. The volume of this alternative sinkhole was established by the monthly average rainfall object of a city study between the years 1972 to 2002, equivalent to 149.8 L. Once the volume was established, an alternative sinkhole was scaled to have a cylindrical format respectively having height of 1 m and diameter 0.45 m. By manual refills using the municipal public water this structure was filled up by the liquid. The corresponding time of the entire volume infiltration stored in the ground structure, was 13 h and 25 minutes. Considering that in the region where the sinkhole was installed there are permeable areas, the use of this structure could help to reduce the flow of stormwater from the residential and commercial roofs, ensuring the infiltration of stormwater into the ground. In order to scale how many sinkholes are needed to capture the stormwater from the roofs of buildings in this neighborhood, was performed a photo interpretation of a high resolution image, delimiting all roofs and permeable local areas Through photo interpretation were acquired areas of the roofs of Santo Antônio neighborhood , this way , was calculated how many sinks are needed to capture the drained volume of these roofs equivalent to a rain of 5 mm, 8 mm and 10 mm .

Keywords: alternative sink , rain water collection , reuse PET bottle

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Cenários de modificação do uso do solo e hidrogramas correspondentes.	19
Figura 2: Classificação das técnicas compensatórias para a redução de cheias e recarga das águas subterrâneas.	23
Figura 3: Utilização de pneus para confecção de poços de infiltração.	23
Figura 4: Ilustração da média mensal climatológica do percentual de armazenamento de água no solo durante o período de 1971-1990, sendo que A representa o mês de Janeiro e B o mês de Outubro.	24
Figura 5: Mapa de localização do município de Campos do Jordão - SP.	28
Figura 6: Imagem do local de estudo - coordenadas UTM: 438536m E; 7485319 m S bairro Vila Santo Antônio, Campos do Jordão -SP. O ponto na figura indica o local de instalação do sumidouro.	29
Figura 7: Planta da área de estudo demarcada em verde. A cota da área de instalação do sumidouro é de 1655m.	31
Figura 8: Cadastramento dos poços demonstrados na cor azul, em verde a área de estudo	32
Figura 9: Tempo em minutos/ centímetros de descida da água versus indicação da quantidade de água infiltrada expressada em litros por m <sup>2</sup> por dia.	33
Figura 10: Figura esquemática do teste de percolação da água no solo	34
Figura 11: Preparo do local para realização do teste de permeabilidade. A partir do nivelamento do terreno foi cavado um buraco de 30X30 cm (1) e (2). Após o buraco estar feito nas devidas proporções, colocou-se a brita (3).	34
Figura 12: Execução da medição do abaixamento de 1 cm de água (água que irá infiltrar no solo). Observou-se que o tempo gasto para esta percolação foi de 2,4 minutos para a infiltração.	35
Figura 13: Indicação gráfica do tempo em minutos/ centímetros de descida da água versus indicação da quantidade de água infiltrada expressada em litros por m <sup>2</sup> por dia.	36
Figura 14: Esquemático das distâncias entre os furos, e diâmetros. Representa também o local do corte das garrafas.	39
Figura 15: Esquemático das distâncias entre os furos, e diâmetros. Representa também o local do corte das garrafas.	42
Figura 16: Escavação do buraco para instalação do sumidouro. O mesmo possui diâmetro equivalente a 0,45 cm, com uma profundidade de 1m, conforme dimensionamento.	43
Figura 17: Figura esquemática da locação da caixa d'água, tubulação e sumidouro ao lado da área edificada	44
Figura 18: Instalação do sumidouro envolto com saco plástico no solo.	45
Figura 19: Sumidouro instalado no solo, cheio de água e o equipamento de medição do nível de água instalado sobre a estrutura.	45
Figura 20: Diferença de altura de 30 cm entre o equipamento e o sumidouro	47
Figura 21: Distribuição dos registros obtidos em campo referente ao tempo de infiltração da água no solo através do sumidouro sustentável.	48

Figura 22: Fotointerpretação da área de estudo contemplando as áreas impermeáveis e permeáveis bem como área de risco .....	53
---	----

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dados pluviométricos (mm) de Campos do Jordão - SP, do posto meteorológico de prefixo D2-096, no período de 1972 a 2002. ....	37
Tabela 2: Horários das medições e respectivo rebaixamento do nível da água causado pela infiltração.....	47
Tabela 3: Quantidade de edificações e áreas total referente às áreas impermeáveis e permeáveis, dentro e fora da área de risco obtidas por meio de georreferenciamento. ....	50
Tabela 4: Precipitação registrada por Alberti (2010) em Setembro de 2010 no município de Foz do Iguaçu , Paraná- PR.....	51

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	14
2	OBJETIVO .....	16
3	REVISÃO DE LITERATIURA .....	17
3.1	ESCOAMENTO SUPERFICIAL .....	17
3.2	TÉCNICAS DE DESENVOLVIMENTO URBANO DE BAIXO IMPACTO AMBIENTAL VISANDO O GERENCIAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM ÁREAS URBANIZADAS .....	20
3.3	REGIME DE PRECIPITAÇÃO E UMIDADE DO SOLO .....	24
3.4	GEOPROCESSAMENTO APLICADO AO ESPAÇO URBANO .....	25
4	MATERIAL E MÉTODOS.....	28
4.1	LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO.....	28
4.2	CARACTERIZAÇÃO DA TOPOGRAFIA E GEOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO.....	29
4.3	ETAPAS PARA O DIMENSIONAMENTO DO SUMIDOURO ALTERNATIVO E FATORES RELEVANTES PARA A ESCOLHA DO MATERIAL RECICLADO... 30	
4.3.1	ANÁLISE DO SOLO PROVENIENTE DO LOCAL DE INSTALAÇÃO DO SUMIDOURO ALTERNATIVO PARA CAPTAÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS .....	30
4.3.2	ANÁLISE DA COTA DO TERRENO NO LOCAL DE INSTALAÇÃO DO SUMIDOURO E MÉDIA DO NÍVEL ESTÁTICO DO FREÁTICO NA REGIÃO DE CAMPOS DO JORDÃO – SP.....	31
4.3.3	TESTE DE PERMEABILIDADE OU ABSORÇÃO DO SOLO E CÁLCULO DO COEFICIENTE DE INFILTRAÇÃO .....	32
4.3.4	ESTIMATIVA DO ÍNDICE PLUVIOMÉTRICO EM CAMPOS DO JORDÃO- SP .....	36
4.3.5	FÓRMULAS UTILIZADAS PARA O DIMENSIONAMENTO DO SUMIDOURO ALTERNATIVO .....	38
4.3.6	ESCOLHA DO MATERIAL PARA COMPOSIÇÃO DO SUMIDOURO VERTICAL.....	38
4.4	CONSTRUÇÃO DO SUMIDOURO VERTICAL ALTERNATIVO E AVALIAÇÃO DO TEMPO DE INFILTRAÇÃO DA ÁGUA NO SOLO .....	39
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	41
5.1	DIMENSIONAMENTO E CONSTRUÇÃO DO SUMIDOURO SUSTENTÁVEL UTILIZANDO GARRAFAS PET .....	41
5.2	AVALIAÇÃO DO TEMPO DE INFILTRAÇÃO DA ÁGUA NO SOLO POR INTERMÉDIO DO SUMIDOURO VERTICAL .....	43

5.3	GEORREFERENCIAMENTO DA ÁREA E APLICABILIDADE DO SUMIDOURO NO BAIRRO DE ESTUDO.....	48
6	CONCLUSÃO .....	54
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	55

## 1 INTRODUÇÃO

Desde o século XIX a população que outrora trabalhava em atividades agrícolas em áreas rurais migrou para os centros urbanos, para atender a grande demanda de trabalho gerada pela revolução industrial. Este processo de urbanização foi acelerado, gerando problemas de infraestrutura, principalmente no manejo dos recursos hídricos. Com o amplo crescimento das áreas urbanizadas houve alteração significativa da cobertura vegetal dessas superfícies, e conseqüentemente impacto negativo no ciclo hidrológico, interferindo diretamente na evapotranspiração, na infiltração da água no solo e no aumento do escoamento superficial.

É evidente que nos dias de hoje os municípios sofrem o efeito desta impermeabilização, tendo que gerir problemas de infraestrutura como por exemplo os alagamentos. Especificamente para a cidade de Campos do Jordão - SP segundo IG (2013) existem 175 setores de risco associados a escorregamentos, inundações, erosões e solapamento de margens de drenagens. Deste total, 51 setores representam os riscos de inundações, ou seja 29,1% do município.

Tucci (2008) afirma que o desenvolvimento sustentável urbano deve se basear no tratamento das águas pluviais urbanas e rurais, preservando os caminhos naturais do escoamento e priorizando a infiltração da água no solo. Dessa forma são necessárias adoções de medidas mitigadoras e comprometimento das cidades visando o gerenciamento das águas pluviais urbanas.

No programa cidades sustentáveis encontramos diversas ferramentas visando solucionar os problemas urbanos causados pelo escoamento superficial. Dentre essas medidas temos por exemplo os jardins de chuva, que são estruturas que otimizam pequenas áreas permeáveis em meio urbano, possibilitando que as águas do escoamento superficial sejam infiltradas no solo. Mesmo que estas estruturas capturem um pequeno volume de águas pluviais, são medidas positivas à serem implantadas, pois o custo para implantação e manutenção são baixos e trazem resultados positivos como diminuir alagamentos em núcleos populacionais.

Baseando-se neste conceito, este trabalho desenvolveu um sumidouro alternativo para infiltração de águas pluviais no solo utilizando em sua confecção garrafas PET. Esta estrutura foi dimensionada para a média pluviométrica da cidade de Campos do Jordão – SP, sendo instalado no mesmo município. Após realizar as medições e constatar que a estrutura foi eficiente em relação ao armazenamento e

infiltração de água no solo, calculou-se quantos sumidouros seriam necessários para captar as águas pluviais decorrentes do escoamento superficial dos telhados do bairro de estudo.

Por meio de fotointerpretação de imagem de alta resolução foram delimitados os telhados das edificações, desta maneira obteve-se as respectivas áreas. A partir do índice pluviométrico equivalente a 5mm, 8mm e 10mm, foi identificado quantos sumidouros deveriam ser instalados por residência para captar e proporcionar a infiltração das águas pluviais no solo.

## 2 OBJETIVO

### A) GERAL

O objetivo deste trabalho foi desenvolver um sumidouro vertical, em estrutura reciclada com garrafas PET, proporcional a média dos dados pluviométricos da cidade de Campos do Jordão - SP e acompanhar o volume de água pluvial infiltrada no solo.

### B) ESPECÍFICOS

1 - Dimensionar e construir um sumidouro alternativo, vertical, utilizando garrafas PET recicladas.

2 - Avaliar o tempo de infiltração de água no solo através do sumidouro vertical confeccionado com garrafas PET recicladas.

3 – Realizar fotointerpretação da imagem aérea de alta resolução espacial, delimitando as áreas dos telhados das edificações, bem como áreas impermeáveis do bairro em estudo.

4 – Calcular a quantidade de sumidouros alternativos necessários para captar a água pluvial que escorrerá dos telhados em determinados índices pluviométricos.

### **3 REVISÃO DE LITERATIURA**

A demanda hídrica global é fortemente influenciada pelo crescimento da população, pela urbanização, pelas políticas de segurança alimentar e energética, e pelos processos macroeconômicos, tais como a globalização do comércio, as mudanças na dieta e o aumento do consumo. Em 2050, prevê-se um aumento da demanda hídrica mundial em 55%, principalmente devido à crescente demanda no setor industrial, dos sistemas de geração de energia termoelétrica e dos usuários domésticos (WWDR, 2015).

Em seu relatório sobre a crise hídrica de 2013-2014 a Agência Nacional de Águas (ANA, 2014) afirma que as bacias de contribuição dos principais reservatórios de abastecimento urbano do estado de São Paulo como o Sistema Cantareira e o Sistema Hidráulico do Rio Paraíba do Sul contaram com as mais baixas precipitações já registradas no histórico, o que impediu a recuperação dos reservatórios

Neste cenário de escassez hídrica nas principais bacias hidrográficas dos grandes polos de desenvolvimento do país e o aumento pela demanda hídrica nas cidades, nota-se a necessidade de implantar técnicas que visem aumentar a capacidade de infiltração da água no solo em áreas que sofreram mudanças na cobertura natural do solo, decorrente de diversas formas de ocupação, proporcionando assim a recuperação de aquíferos, diminuindo o escoamento superficial, e prevenindo possíveis enchentes (SILVA, 2006).

#### **3.1 ESCOAMENTO SUPERFICIAL**

Quando a intensidade de precipitação se torna maior do que a velocidade de infiltração da água no solo, ou quando a capacidade de retenção de água pela superfície do terreno tiver sido ultrapassada se inicia o escoamento superficial (GRIEBELER et al., 2001).

Da parcela de precipitação que atinge o solo a mesma pode infiltrar ou escoar superficialmente dependendo da capacidade do solo em infiltrar. Essa capacidade depende de condições variáveis, como a quantidade de umidade já existente, das características do solo e da sua cobertura. A água que infiltra, pode percolar para o aquífero ou gerar um escoamento sub-superficial ao longo dos canais internos do solo,

até a superfície ou um curso d'água. A água que percola até o aquífero é armazenada e transportada até os rios, criando condições para manter os rios perenes nos períodos de longa estiagem (TUCCI; CLARKE, 1997).

Associado ao escoamento, ocorre o transporte de partículas do solo, que sofrem deposição somente quando sua velocidade for reduzida. Além das partículas de solo em suspensão, são também transportados nutrientes, matéria orgânica, sementes e defensivos agrícolas que, além de causarem prejuízos diretos à produção agropecuária, causam a poluição dos cursos d'água. Em projetos de estruturas para o controle da erosão e de inundações, são necessárias informações sobre o escoamento superficial. Quando o objetivo é reter ou armazenar a água, o conhecimento do volume escoado é suficiente, porém se o problema é conduzir o excesso de água de um lugar para o outro, é mais importante o conhecimento da vazão escoada (GRIEBELER et al., 2001).

O processo de urbanização traz profundas modificações no uso do solo, que por sua vez causam marcas permanentes nas respostas hidrológicas das áreas urbanizadas, apresentando os efeitos mais notáveis no aumento do escoamento superficial e na diminuição da infiltração (FONTES; BARBASSA, 2003; KAUFFMANN; SILVA, 2005). Segundo Alberti (2010) o escoamento superficial causa danos na infraestrutura urbana além de alagamentos devido ao grande volume de água escoado que provém das áreas edificadas não ocorrendo assim a infiltração e natural recarga freática que diminuiria este efeito.

Os problemas relacionados à drenagem de águas pluviais em áreas urbanas estão relacionados a mudança da cobertura natural do solo em decorrência do processo de ocupação. Na ausência de normas que regulem a ocupação do solo, é inevitável que a impermeabilização de grandes áreas, decorrentes da implantação de edificações calçadas, ruas pavimentadas, e do próprio adensamento urbano, aconteça de uma maneira rápida e desordenada, causando a mudança da cobertura natural dos polos urbanos (SILVA, 2006).

Com o acelerado desenvolvimento das cidades e a densificação urbana, rios urbanos passaram a inundar com maior frequência. Este processo ocorre devido ao aumento das áreas impermeáveis e a canalização dos corpos hídricos que acelera o escoamento através de condutos e canais. A quantidade de água que chega ao mesmo tempo no sistema de drenagem aumenta produzindo inundações mais

frequentes do que as que existiam quando a superfície era permeável e o escoamento se dava pelo pavimento natural (TUCCI, 2004).

A Figura 1 ilustra o cenário de modificação do uso do solo por meio de hidrogramas correspondentes, em que se observa que a porcentagem de ocupação na bacia hidrográfica, influencia diretamente na vazão e no tempo de escoamento, ou seja, quando a maior porcentagem da bacia hidrográfica é composta por mata, temos o cenário natural com uma vazão estável em longo período de tempo. Porém quando a ocupação da bacia hidrográfica é composta em sua maioria por áreas impermeabilizadas, e menor porcentagem de matas, a vazão aumenta em menor período de tempo.

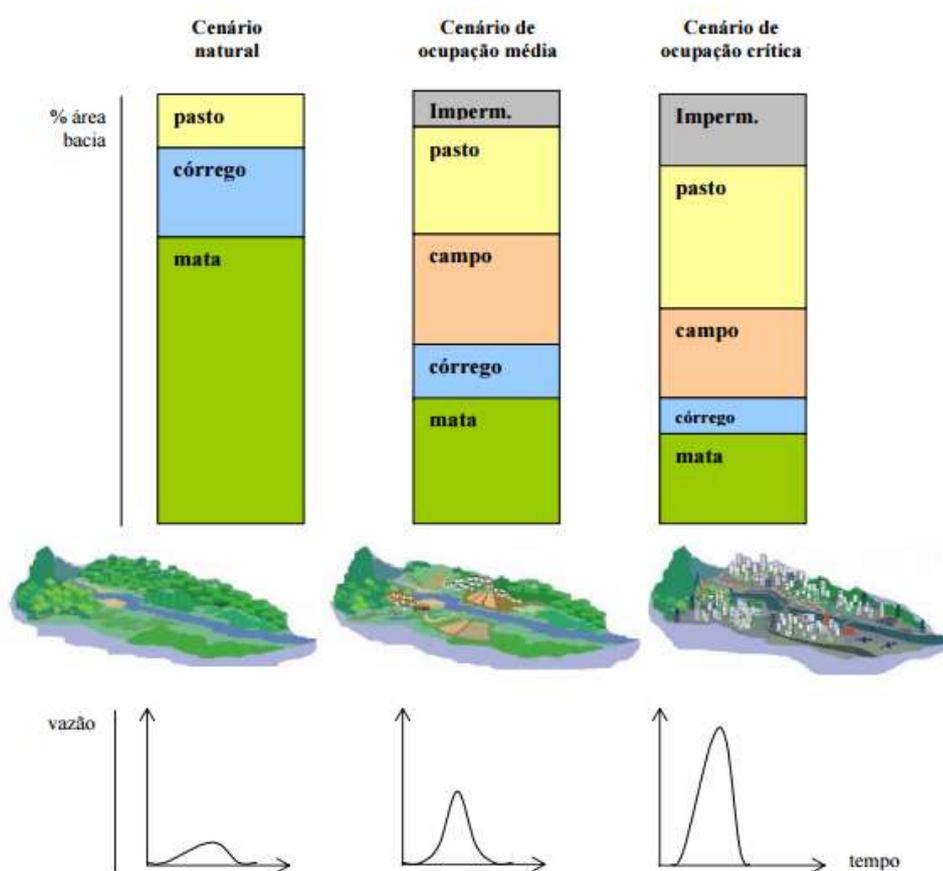


Figura 1: Cenários de modificação do uso do solo e hidrogramas correspondentes.

Fonte: Ohnuma (2008)

### **3.2 TÉCNICAS DE DESENVOLVIMENTO URBANO DE BAIXO IMPACTO AMBIENTAL VISANDO O GERENCIAMENTO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM ÁREAS URBANIZADAS**

O desenvolvimento urbano de baixo impacto surgiu na década de 1980 como uma estratégia de manejo de águas por meio do emprego de planejamento multidisciplinar integrado a práticas de tratamento e controle em pequena-escala para mimetizar o comportamento hidrológico natural em edificações residenciais, comerciais e industriais, garantindo a eficiente drenagem das águas (SOUZA et al., 2012).

Esse conjunto de técnicas alternativas se opõe as técnicas convencionais de drenagem urbana, ou seja, seu objetivo não é lançar para mais longe e no menor tempo possível as águas do escoamento, mas sim, planejar, compensar ou minimizar os efeitos da urbanização, o que em termos hidrológicos significa retardar ou infiltrar os volumes escoados (DANIEL JÚNIOR, 2013)

A grande vantagem das técnicas de desenvolvimento urbano de baixo impacto ambiental encontra-se na possibilidade de gerenciar águas urbanas de forma integrada às atividades locais, com mínimo dano ambiental e à saúde da população, além de ser financeiramente mais acessíveis e de mais fácil conscientização popular pela simplicidade e proximidade às atividades rotineiras da população (SOUZA et al., 2012).

Os atuais projetos dos sistemas prediais de águas pluviais são em sua maioria, extremamente simples, apresentando uma única e exclusiva preocupação: a transferência da precipitação do local onde ocorre para sistema público de drenagem, constituído por sarjetas, galerias e por fim, os córregos e rios (HERNANDES; AMORIM, 2007). As alternativas as tais formas tradicionais de drenagem das águas pluviais são, entre outros: a infiltração, a retenção e o aproveitamento. Estas alternativas de gerenciamento auxiliam na: prevenção de enchentes, na recarga de águas subterrâneas, na redução dos custos com manutenção e ampliação de redes de drenagem, na prevenção da escassez hídrica (MACHADO; CORDEIRO, 2014).

Os argumentos para a implantação de um programa de drenagem urbana de baixo impacto ambiental, sustentável ambientalmente, baseiam-se no potencial de

diminuição de ameaças à saúde da população em função da redução de alagamentos urbanos e de detenções, assim como pela melhoria da qualidade de águas, bem como dos custos associados aos prejuízos dos eventos de inundação (SOUZA et. al, 2012).

Segundo HADDAD (2013) cada ponto de alagamento formado na cidade de São Paulo após uma chuva forte provoca um prejuízo diário de mais de R\$ 1 milhão ao país. Com 749 pontos de alagamento identificados na cidade, as perdas anuais no âmbito do município chegam a quase R\$ 336 milhões. E, com o espraiamento dos efeitos pelas longas cadeias de produção e renda, o prejuízo vai a mais de R\$ 762 milhões em escala nacional.

Em algumas cidades brasileiras já existem leis que têm por objetivo obrigar as construções a reterem a água da chuva para diminuir as enchentes urbanas. Em Santo André- SP a Lei Municipal nº 7.606, de dezembro de 1997 institui cobrança de taxa referente ao volume de água lançado na rede coletora pluvial do município. Em São Paulo, a Lei Municipal nº 13.276 de janeiro de 2002, torna obrigatória a execução de reservatório para as águas de chuva nos lotes que tenham área impermeabilizada superior a 506.650 m<sup>2</sup>

As medidas modernas e sustentáveis de controle da drenagem podem ser classificadas de acordo com o componente da drenagem e estágio de desenvolvimento da área em estudo, sendo classificadas como:

- Drenagem na fonte: que envolve o controle da drenagem em nível de lote ou qualquer área primária de desenvolvimento;
- Macrodrenagem: soluções de controle nos principais rios urbanos
- Microdrenagem: medidas adotadas em nível de loteamento (COHIM et al., 2008).

Quando possível e viável tecnicamente, devem ser empregados dispositivos que permitam a infiltração da água no solo, ou ainda, que retenham o máximo possível a água precipitada, evitando-se com isto o alagamento, a erosão e a degradação da qualidade da água, tanto superficial como subterrânea. Eventuais dificuldades existentes motivadas por restrições como a ausência de espaço físico, o elevado nível do freático e demais condições que prejudiquem o atendimento deste requisito podem ocorrer e devem ser considerados (HERNANDES; AMORIM, 2007).

Visando diminuir o impacto ocasionado pela ocupação urbana, que ocasiona o aumento do escoamento superficial, soluções técnicas compensatórias,

fundamentadas em técnicas de infiltração de água pluvial, vêm sendo amplamente propostas para os projetos prediais (REIS e ILHA, 2014).

Dentre as estruturas utilizadas para o controle na fonte geradora do escoamento superficial encontra-se o microrreservatório de retenção, dispositivo que atua no sentido de devolver à bacia o armazenamento natural perdido após a impermeabilização da área, além de aumentar o tempo de resposta dos hidrogramas de cheias (AGRA, 2001).

Tais técnicas compensatórias são classificadas em medidas não estruturais e estruturais (Figura 2), sendo que as não estruturais utilizam meios naturais na redução do escoamento, não englobando obras civis, mas sim questão social onde a participação popular é fundamental. Já medidas estruturais envolvem obras de engenharia visando armazenar e reter águas escoadas superficialmente permitindo o controle da vazão (MELO, 2011). As estruturas de retenção na fonte trabalham no sentido de restaurar a capacidade de armazenamento natural de uma área, perdida em virtude da urbanização. Em alguns casos, estes elementos podem facilitar a infiltração da água no solo, funcionando como estruturas mistas (SILVA, 2006).

As características favoráveis mais relevantes quanto à implantação das Bacias de Infiltração, Valas de Infiltração, Trincheiras de Infiltração, Poços de Infiltração, Bio-retenção e Pavimentos Permeáveis é que estes dispositivos permitem a recarga de águas subterrâneas, a redução de cheias à jusante e a redução da vazão de pico das águas pluviais (MELO, 2011)

A fim de aumentar a longevidade e manter o bom desempenho destes métodos não convencionais de drenagem é fundamental sua manutenção periódica, visto que sua ausência exigirá reabilitação dispendiosa ou substituição que garanta a sua função (BEUX e OUTTONI, 2015).

Segundo Carvalho e Lelis (2010) para realizar a confecção dessas estruturas podem ser utilizados materiais alternativos, como por exemplo pneus (Figura 3). Os usos desses materiais promovem reciclagem, preservando o meio ambiente.

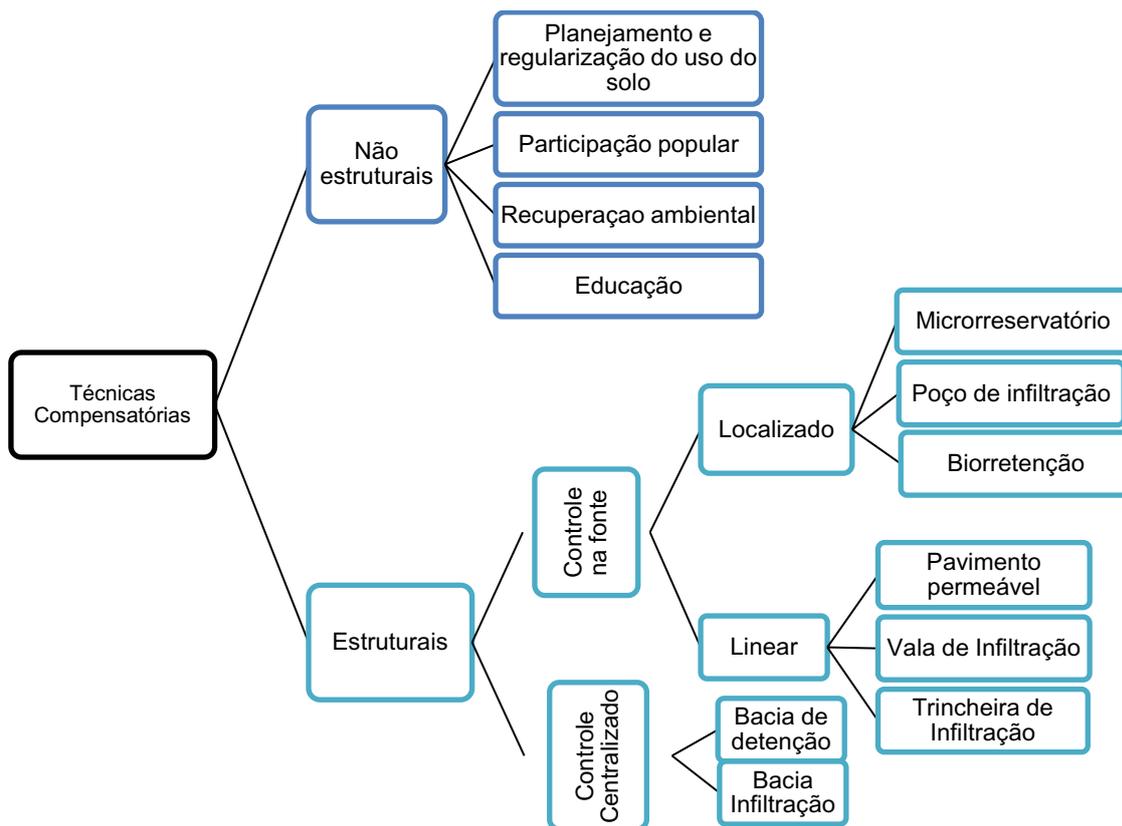


Figura 2: Classificação das técnicas compensatórias para a redução de cheias e recarga das águas subterrâneas.

Fonte: Adaptado de Melo (2011)

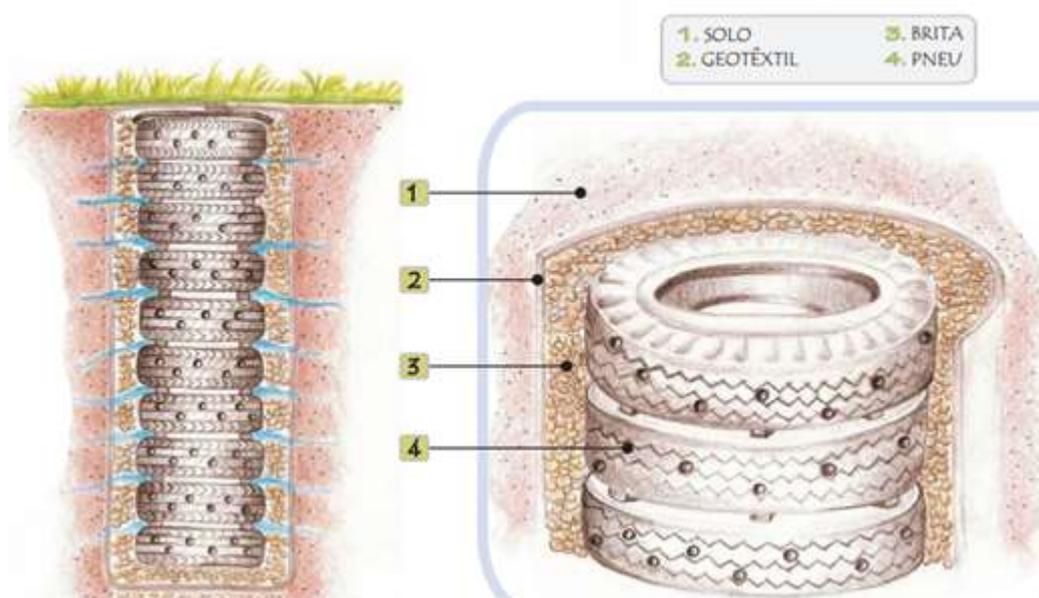


Figura 3: Utilização de pneus para confecção de poços de infiltração.

Fonte: Carvalho e Lelis (2010)

### 3.3 Regime de precipitação e umidade do solo

O armazenamento médio mensal de água no solo obtido durante o período de 1971-1990 foram transformados em percentual de água no solo, através da função da capacidade de água disponível, uma vez que o armazenamento de água é dependente do tipo de solo, ou seja, se um solo raso tem, por exemplo, um armazenamento de 50 mm e uma capacidade máxima de 50 mm obtém-se uma razão de 100% de água no solo e, se um solo profundo tem um armazenamento de 50 mm e uma capacidade máxima de 100 mm, obtém-se uma razão de 50%. Logo, o solo raso está mais saturado do que o solo profundo. A Figura 4 ilustra a média mensal climatológica do percentual de armazenamento de água no solo durante o período de 1971-1990, indicando quais regiões apresentam maior (cores esverdeadas) ou menor (cores em tons marrons) umidade do solo.

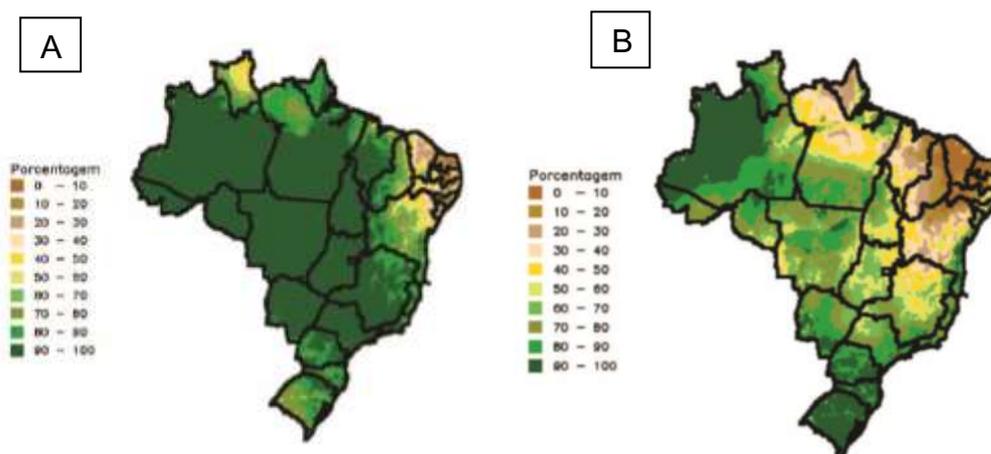


Figura 4: Ilustração da média mensal climatológica do percentual de armazenamento de água no solo durante o período de 1971-1990, sendo que A representa o mês de Janeiro e B o mês de Outubro.

Fonte: ROSSATO et al (2004)

O processo de infiltração é muito complexo, mesmo quando é assumido que o solo é um meio homogêneo com conteúdo inicial de umidade uniforme. Para muitos eventos de precipitação existe um período inicial durante o qual toda a precipitação se infiltra no solo. Durante este período e como a água se infiltra, a capacidade de infiltração decresce, até tornar-se menor que a intensidade de precipitação; a partir

deste momento, a água começa a acumular-se sobre a superfície do solo e o escoamento superficial pode ocorrer (PRUSKI, 2001)

A densidade do solo é um importante atributo físico, por fornecer indicações a respeito do estado de sua conservação, sobretudo em sua influência em propriedades como infiltração e retenção de água no solo, desenvolvimento de raízes, trocas gasosas e suscetibilidade do solo aos processos erosivos, e também sendo largamente utilizada na avaliação da compactação e/ou adensamento dos solos (GUARIZ, 2009)

As identificações de regiões com boa capacidade de infiltração representam aquela que tem a melhor conjugação de possibilidades para que a água permaneça e se infiltre no perfil de solo, como por exemplo uma área vegetada. Quando analisamos a Serra da Mantiqueira, a Serra da Bocaina apresenta a maior área contínua com boa capacidade de infiltração. Isso pode ser explicado por um conjunto de fatores positivos como elevadas precipitações médias anuais (1800 a 1900 mm), relevos predominantes de morros e morrotes, declividades médias baixas (3 a 12%), predominância de solos homogêneos e com boa drenagem (latossolos vermelho amarelos) e alto grau de fraturamento. Áreas expressivas com boas condições de infiltração ainda ocorrem nos contrafortes da Serra do Mar, na região entre Cunha e Lagoinha e em parte dos terrenos colinosos que acompanham o rio Paraíba do Sul, na porção norte da área. As áreas com boa capacidade de infiltração ocorrem de forma fragmentada e são caracterizadas por fatores como pluviometria média (1400 a 1600 mm) e relevos predominantemente constituídos de serras e solos de B textural incipiente (cambissolos) (SOARES, 2008)

### **3.4 Geoprocessamento aplicado ao espaço urbano**

O processo de fotointerpretação busca a identificação dos elementos da imagem com os objetos e a análise das relações entre as imagens e, finalmente, a descoberta ou avaliação do significado e função dos objetos e suas relações (TINOS, 2011)

Segundo Yuhara (2007), que realizou o mapeamento de uso e ocupação do solo elaborado por meio da interpretação visual da imagem de alta resolução espacial

ÍKONOS II, a fotointerpretação mostrou-se eficiente para a discriminação das unidades residenciais.

Análises de espaços físicos homogêneos, de mesma textura, no tecido urbano, aos quais correspondem agrupamentos humanos, é uma metodologia em uso no INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) para setorização visando planejamento urbano. Para realizar este trabalho é empregado a fotointerpretação visual de imagens por meio de produtos do sensoriamento remoto (Barros, 1979)

Praticamente todas as áreas de atuação municipal podem encontrar no geoprocessamento um importante aliado nas etapas de levantamento de dados, diagnóstico do problema, tomada de decisão, planejamento, projeto, execução de ações e medição dos resultados. De um modo geral, o fato de conhecermos onde os problemas ocorrem e poder visualizá-los espacialmente facilita sobremaneira seu entendimento e nos mostra as possíveis soluções, senão a única. O estágio atual das geotecnologias permite fazer uma análise espacial que combine o mapeamento dos problemas urbanos com informações físicas, demográficas, geográficas, topográficas ou de infraestrutura. Esta análise levará, sem dúvidas, a adotar uma solução mais racional que a sugerida pela análise de informações alfanuméricas, e em menor tempo (CORDOVEZ, 2002)

Costa (2005), realizou fotointerpretação para delimitar as manchas de ocupação urbana dentro de uma bacia hidrográfica, foram confeccionados neste estudo mapas utilizando imagens de satélite (escala 1:50.000) e também foram utilizadas fotografias aéreas (escala 1:15.000).

Atualmente existem facilidades para trabalhar com dados georreferenciados, sendo que uma ferramenta gratuita de acesso ao público geral é o Google Earth, por meio do qual é possível realizar análises de imagem para verificar as transformações da paisagem em seu aspecto multitemporal. Para realizar este tipo de análise e, assim, comparar os dados pode-se utilizar aplicativos comerciais com ENVI e Arc Gis e, também, utiliza-los na elaboração de mapas temáticos (PRINA et al., 2011). A avaliação das áreas com problemas de ocupação pode ser realizada através de processos e técnicas do sensoriamento remoto em conjunto com a coleta de dados do ambiente, como, por exemplo, as imagens obtidas por sensores orbitais ou até mesmo fotografias. O estudo quando realizado em um Sistema de Informações

Geográficas (SIG) possibilita representar graficamente os problemas e a distribuição dos dados a serem estudados, através de processos de sobreposição de informações e imagens para que se possa identificar e localizar as regiões com problemas. O geoprocessamento é uma ferramenta indispensável na gestão e gerenciamento de problemas ambientais. Os mapas temáticos ajudam a caracterizar a superfície de diferentes formas, e sobre diferentes parâmetros (GOMES et al., 2013).

Em ocasiões em que não se dispõe de recursos, sejam eles de qualquer natureza, ou por razões adversas não seja possível a aquisição de imagens de alta resolução espacial e/ou softwares proprietários específicos para se trabalhar com geoprocessamento, mostra-se que é possível integrar o uso de um SIG livre e gratuito com outra geotecnologia como o Google Earth e obter resultados que atendam a demanda de acordo com as necessidades apresentadas sem que sejam gerados custos ou ao menos que haja redução destes. É importante que os órgãos competentes tomem ciência do potencial de uso das ferramentas de geotecnologias livres e gratuitas como estas para apoio à gestão (AVILA et al., 2013).

A fotointerpretação é utilizada em diferentes áreas de atuação como geologia, agricultura, floresta, até o planejamento ambiental. Atualmente com a maior tendência de interpretar fotografias aéreas em meio digital, os foto interpretes contam com uma grande variedade de câmeras e ferramentas de processamento de imagens (FELDE et al., 2015).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 LOCALIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo está localizada na cidade de Campos do Jordão. Este município está inserido no estado de São Paulo (Figura 5). A população da cidade é estimada em 50.541 habitantes, possuindo uma área territorial equivalente a 290,520 km<sup>2</sup>. (IBGE, 2014). O clima é do tipo CFB (temperado) segundo classificação de Köpen (1948), caracterizado por chuvas uniformemente distribuídas, sem estação seca, com temperatura média de 22°C.

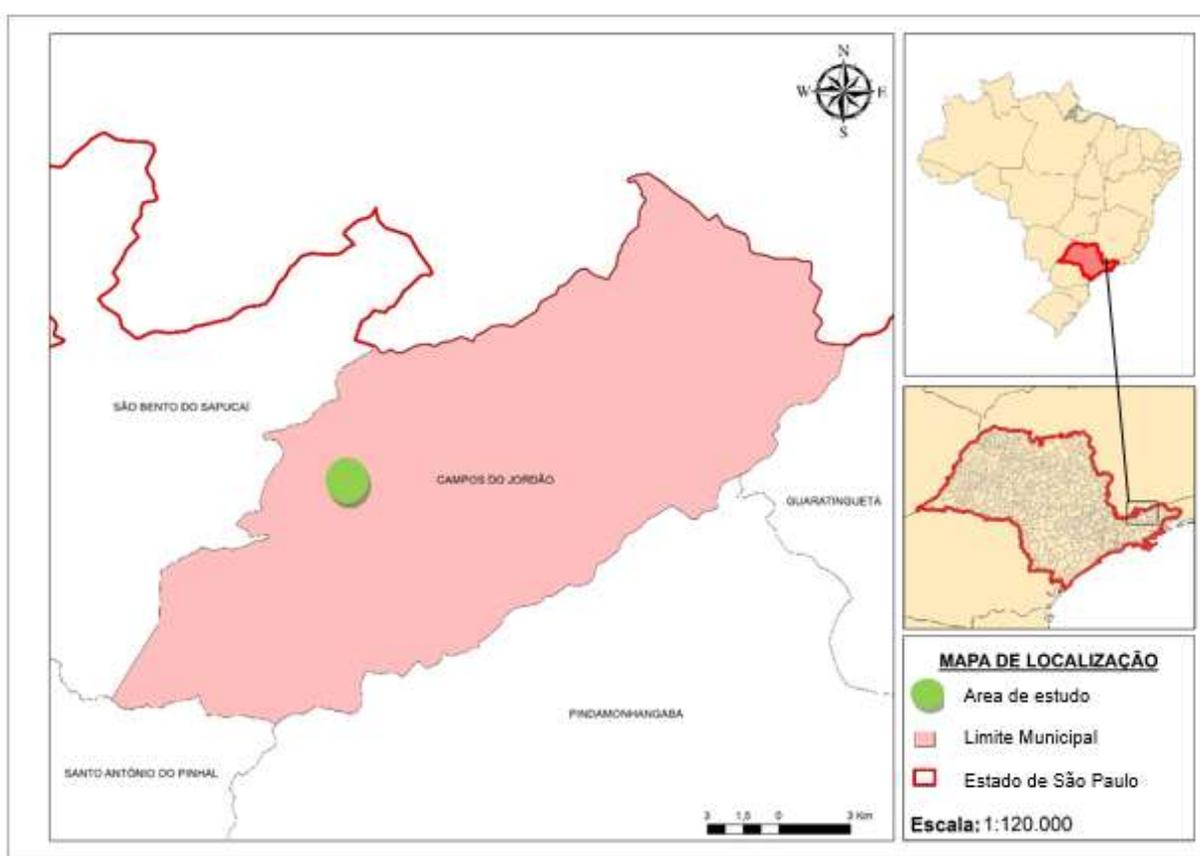


Figura 5: Mapa de localização do município de Campos do Jordão - SP.

Fonte: Adaptação de IBGE (2015).

O local de estudo apresenta coordenadas UTM: 438536m E; 7485319 m S (Figura 6). A área de estudo é situada no bairro Vila Santo Antônio que é um bairro consolidado, ou seja, com moradias, posto de saúde e comércios, ruas pavimentadas e ruas não pavimentadas. No bairro se observa áreas permeáveis dividindo-se em

áreas vegetadas e áreas de solo exposto. O sumidouro alternativo vertical foi instalado em um lote não edificado, com solo exposto sem a presença de vegetação.



Figura 6: Imagem do local de estudo - coordenadas UTM: 438536m E; 7485319 m S bairro Vila Santo Antônio, Campos do Jordão -SP. O ponto na figura indica o local de instalação do sumidouro.

Fonte: Adaptação ortofoto Emplasa (2010).

#### 4.2 CARACTERIZAÇÃO DA TOPOGRAFIA E GEOLOGIA DA ÁREA DE ESTUDO

O município de Campos do Jordão está situado no estado de São Paulo, na latitude  $22^{\circ} 43' 44''$  S e longitude  $45^{\circ} 35' 30''$ . Assenta-se na Serra da Mantiqueira, na zona leste do estado, entre o triângulo formado pelos principais polos urbanos do país: São Paulo, Rio de Janeiro e Belo Horizonte. Este município possui áreas de topografia acidentada com encostas de alta declividade. (VIEIRA et al., 2005)

O município de Campos do Jordão limita-se com os municípios de São Bento do Sapucaí, Santo Antônio do Pinhal, Guaratinguetá e Pindamonhangaba, em São Paulo, e com os municípios de Piranguçu, Wenceslau Brás e Delfim Moreira, em Minas Gerais. Suas altitudes, que variam entre 1600 e 2000 m (ROSA FILHO, 2010).

O planalto de Campos do Jordão é um planalto cristalino em bloco, alçado a mais de 2000m de altitude e limitado por escarpas abruptas que se erguem, aproximadamente, 1500 m sobre as colinas do médio vale do Paraíba. No planalto afloram terrenos cristalinos da Província Mantiqueira, representados por gnaisses, migmatitos, granitos, xistos, quartzitos, calcários, calciossilicáticas e anfibolitos (GAUTTIERI; HIRUMA, 2004).

### **4.3 ETAPAS PARA O DIMENSIONAMENTO DO SUMIDOURO ALTERNATIVO E FATORES RELEVANTES PARA A ESCOLHA DO MATERIAL RECICLADO**

Para realizar o dimensionamento do sumidouro foram analisadas as seguintes variáveis: granulometria do solo; cota de instalação da estrutura de garrafa PET; nível do freático na região, determinação do índice pluviométrico na cidade de Campos do Jordão. Também foram analisados os fatores relevantes para a escolha das garrafas PET para compor esta estrutura que captará as águas pluviais.

#### **4.3.1 Análise do solo proveniente do local de instalação do sumidouro alternativo para captação de águas pluviais**

Foi realizada a análise física do solo da área de estudo no Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas da Universidade de Taubaté- SP. Assim foi possível determinar a granulometria das partículas deste solo, além de obter a classificação do mesmo.

A amostra de solo analisada foi coletada no dia 15 de outubro de 2015, na mesma data do teste de infiltração da água no solo. Esta parcela de solo foi retirada a 50 cm de profundidade do nível do terreno. Logo após a retirada do solo, esta amostra foi envolta em um plástico insulfim e colocado em uma sacola plástica. Foi necessário adotar estes procedimentos para que as características do solo não sofressem alterações durante a locomoção da amostra, pois a mesma foi transferida da cidade de Campos do Jordão – SP para Taubaté – SP.

O resultado da análise física do solo, evidenciou que o mesmo é caracterizado como franco, ou seja, é uma mistura equilibrada de partículas de areia, silte e argila. Conforme observado em campo, este solo tem boa agregação, fenômeno este que representa boa taxa de infiltração.

#### 4.3.2 Análise da cota do terreno no local de instalação do sumidouro e média do nível estático do freático na região de campos do Jordão – sp

Através das curvas de nível da carta do IGC (1978) observou-se as cotas de elevação do terreno da área de estudo. Para calcular a cota do mesmo foi realizada interpolação entre as curvas de nível, ou seja, foi determinada a altura do local onde foi instalado o sumidouro. A cota obtida no local demonstrado na Figura 7, foi de 1.655 m. Observa-se que esta cota calculada é equivalente a cota demonstrada por Rosa Filho (2010), que caracterizou as altitudes em Campos do Jordão variando entre 1600m a 2000m de altitude.

Ainda na Figura 7, observamos que o IGC aponta um corpo hídrico próximo à área de estudo, portanto foi determinado a altura no freático na região. Para estabelecer esta altura do nível da água, foi utilizado o sistema de informação geográfica SIAGAS (2015) que contém dados dos poços devidamente outorgados, de acordo com o levantamento do Serviço Geológico do Brasil (Figura 8). Para estimar uma média da altura do nível d'água do freático no município de Campos do Jordão - SP, realizou-se a média aritmética dos níveis estáticos dos respectivos poços artesanais. Nota-se que há uma grande diferença entre as alturas do nível de água, variando entre 4,4m até 79,02m, esta diferença é resultado do relevo acidentado da cidade.

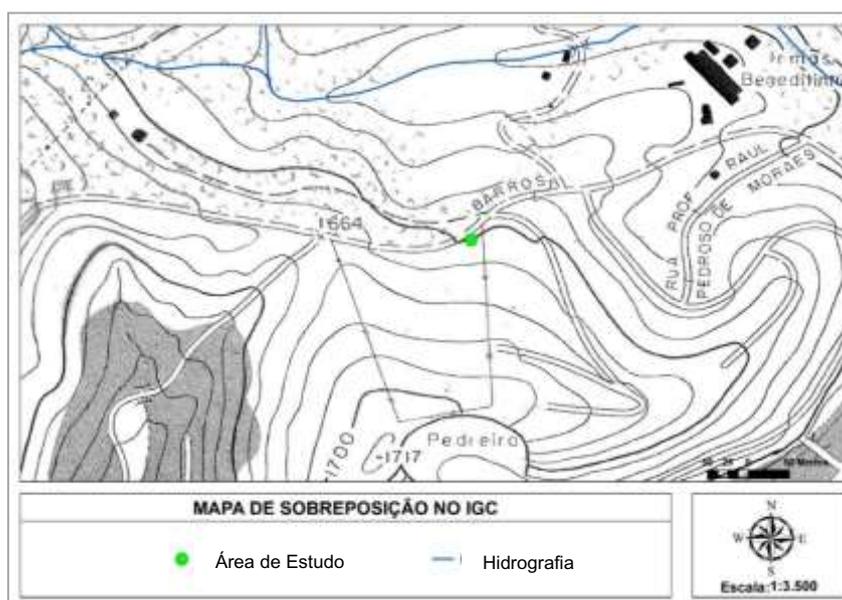


Figura 7: Planta da área de estudo demarcada em verde. A cota da área de instalação do sumidouro é de 1655m.

Fonte: Adaptado IGC (1978)

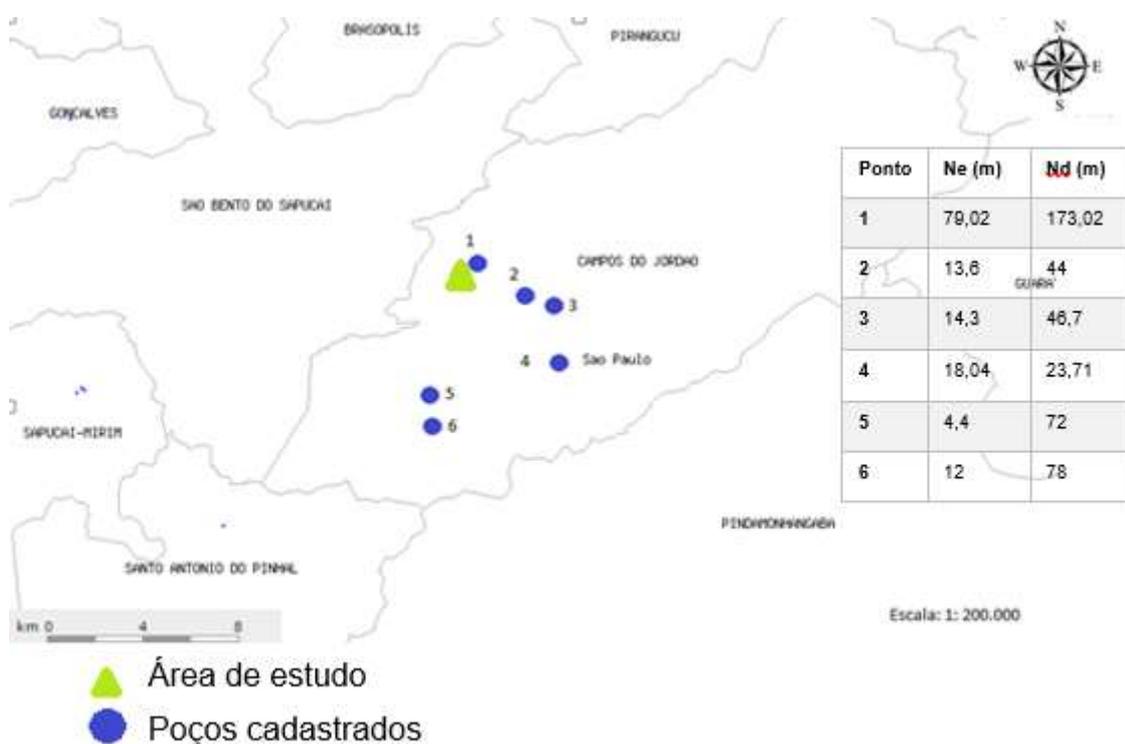


Figura 8: Cadastramento dos poços demonstrados na cor azul, em verde a área de estudo

Fonte: Adaptado SIAGAS (2015)

#### 4.3.3 Teste de permeabilidade ou absorção do solo e cálculo do coeficiente de infiltração

Para instalar o sumidouro sustentável foi necessário realizar o teste de permeabilidade do solo, com intuito de determinar o coeficiente de infiltração do local de instalação da estrutura.

Por definição, o coeficiente de infiltração representa o número de litros que 1 m<sup>2</sup> de área de infiltração do solo é capaz de absorver em um dia. O valor obtido neste teste foi utilizado para calcular a área total do sumidouro, que é diretamente proporcional a capacidade do solo em infiltrar a água. Foi realizada adaptação do teste de permeabilidade conforme apresentado por Alberti (2010), adotando duas maneiras de calcular o coeficiente de infiltração do solo sendo por meio da Equação 1, e por interpolação (Figura 9).

$$C_i = \frac{490}{t+2,5} \quad (\text{Eq.1})$$

Onde:

t = Tempo (minutos)

Ci= Coeficiente de infiltração (litros/ m<sup>2</sup>.dia)

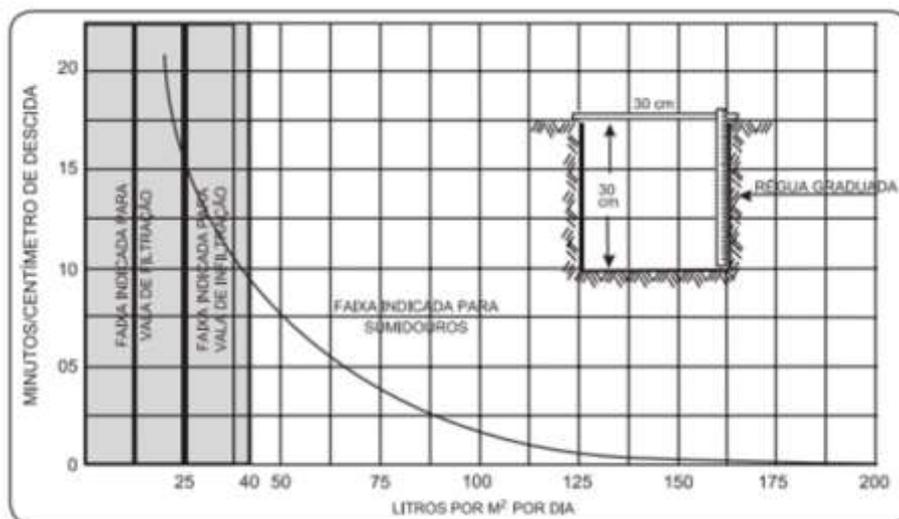


Figura 9: Tempo em minutos/ centímetros de descida da água versus indicação da quantidade de água infiltrada expressada em litros por m<sup>2</sup> por dia.

Fonte: Adaptado Alberti (2010).

Previamente a instalação do sumidouro foi realizado o nivelamento do terreno, com auxílio de uma pá, sendo cavado um quadrado de dimensões equivalentes a: 80 cm de lado e 20 cm de altura. A partir desse nivelamento foi cavado um buraco com a finalidade de realizar o teste de infiltração de água, com forma quadrada cuja dimensão de lado é equivalente a 30 cm, com profundidade de 30 cm (Figura 10). Foi adicionado brita no fundo desse buraco.

Conforme procedimentos preconizados e adaptados de Alberti (2010), o teste de permeabilidade deve ser realizado em uma altura média em relação a altura final da estrutura. Por esse motivo foi adotado o nivelamento com altura equivalente a 20 cm, pois possibilitou que o fundo do buraco do teste de infiltração ficasse a 50 cm de distância do solo natural, exatamente metade da altura total do sumidouro (Figura 11).

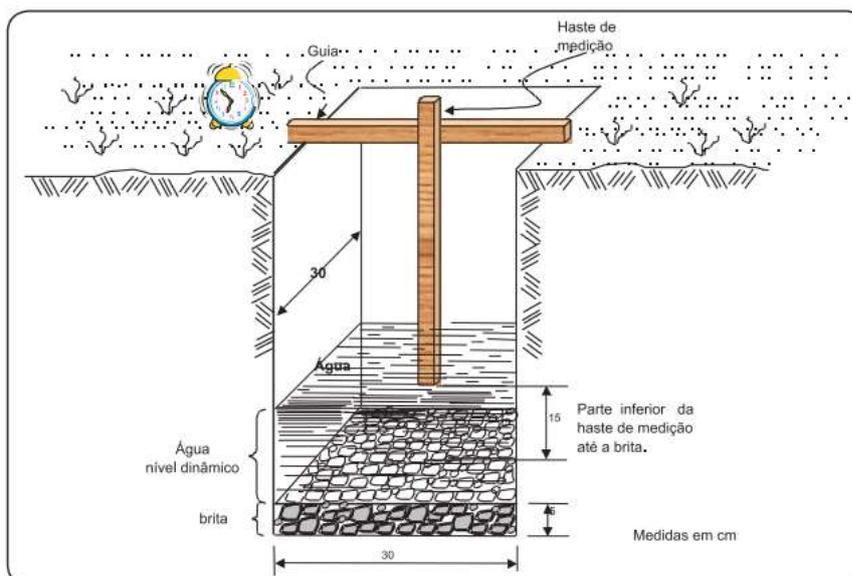


Figura 10: Figura esquemática do teste de percolação da água no solo

Fonte: FUNASA, 2004



Figura 11: Preparo do local para realização do teste de permeabilidade. A partir do nivelamento do terreno foi cavado um buraco de 30X30 cm (1) e (2). Após o buraco estar feito nas devidas proporções, colocou-se a brita (3).

Posteriormente a inserção das britas, foi adicionado água, de tal modo que, todo o espaço cavado no solo ficasse ocupado pelo líquido. A água levou uma hora e vinte minutos para ser completamente absorvida pelo solo. Este procedimento foi realizado por várias vezes, até que o solo alcançasse a saturação.

Após verificar a saturação do solo, o buraco foi novamente completado por água, desta vez para realizar as devidas medições. Com auxílio de um cronometro e uma régua graduada, foi medido o tempo gasto, em minutos, para que a água abaixasse 1 cm (Figura 12). O tempo gasto para o abaixamento de 1 cm de água foi equivalente a 2,4 minutos.



Figura 12: Execução da medição do abaixamento de 1 cm de água (água que irá infiltrar no solo). Observou-se que o tempo gasto para esta percolação foi de 2,4 minutos para a infiltração.

Depois da identificação do tempo de rebaixamento de 1 cm do nível de água, respectivos 2,4 minutos, foi calculado o coeficiente de infiltração do solo, determinado pela Eq. 1, cujo resultado foi de 100L/m<sup>2</sup>.dia.

$$C_i = \frac{490}{2,4+2,5} = 100L / m^2.dia$$

Na interpolação (Figura 13) para estabelecer o coeficiente de infiltração do solo, foi observado que ao marcar o tempo de 2,4 minutos no eixo de coordenadas Y, encontramos o resultado de 100L/m<sup>2</sup>.dia, no eixo de coordenadas X da respectiva figura. Assim o resultado obtido graficamente é análogo ao resultado da Equação 1, de modo que se adotou o coeficiente de infiltração de 100L/m<sup>2</sup>.dia.

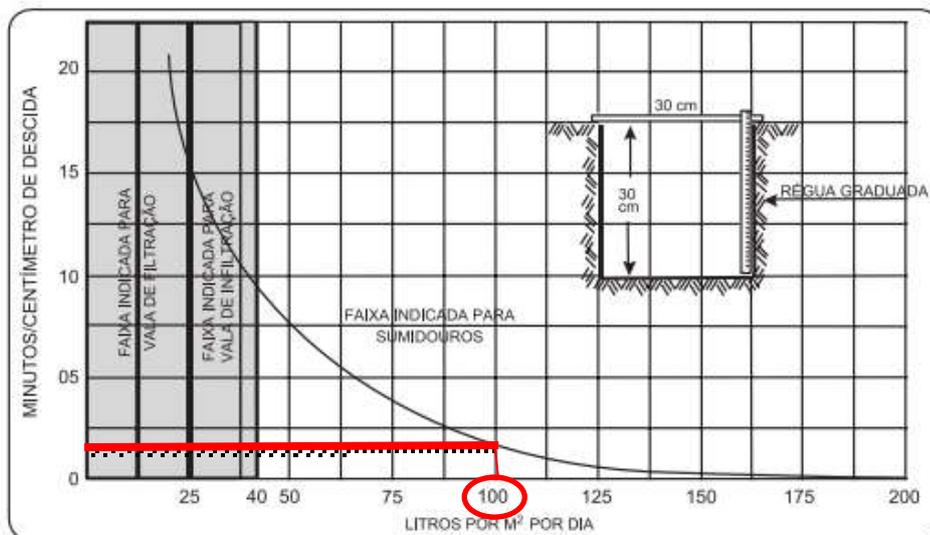


Figura 13: Indicação gráfica do tempo em minutos/ centímetros de descida da água versus indicação da quantidade de água infiltrada expressada em litros por m<sup>2</sup> por dia.

Fonte: Adaptado Alberti (2010).

#### 4.3.4 Estimativa do índice pluviométrico em Campos do Jordão- SP

Após a obtenção do coeficiente de infiltração do solo foi necessário estimar a média de chuvas mensais na cidade de Campos do Jordão – SP. Estes dados pluviométricos definiram o volume do projeto, tornando possível o dimensionamento do sumidouro utilizando a média pluviométrica respectiva a 1m<sup>2</sup>.

A partir dos registros do posto meteorológico de prefixo D2-096, foram obtidos os dados pluviométricos do ano de 1972 até o ano de 2002, ou seja, foi considerada média aritmética pluvial mensal de 30 anos, conforme Tabela 1.

Tabela 1: Dados pluviométricos (mm) de Campos do Jordão - SP, do posto meteorológico de prefixo D2-096, no período de 1972 a 2002.

Ano	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Mai	Junho	Julho	Agosto	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
1972											215,6	235,1
1973	330,5	281,5	174,8	121,6	63,2	17,4	57,4	6,6	67,1	221,8	131,4	457,2
1974	301,9	93,4	128,6	74,1	43,3	107,9	0	6,1	15,3	93,4	130,6	347,1
1975	159,9	268,3	137,4	70,6	60,4	12,8	27,5	0	21,6	190	221,6	331,1
1976	157,6	403,1	244,4	109,6	154,8	56	159,9	104,1	192,4	75	212	297,7
1977	389,2	50,9	157,1	190,9	19,7	47,8	11,3	20,9	100,2	108	169,7	258,4
1978	204,8	202,8	224	74,5	89,3	67,9	46	7,5	19,8	91,9	338,2	318,4
1979	247,2	207,4	183,2	145,3	99,6	0,6	63	83,3	110,2	105,3	314,2	197,6
1980	380,1	250,8	83,6	283,6	19,2	89,1	3,1	55,6	79,1	83,3	184,3	394,7
1981	487	166,9	218,1	75,3	26,6	90	39,3	29,5	26,9	218	297,9	290,4
1982	453,1	175,4	369,6	71,2	76,5	99,7	62,1	57,5	24,1	218,2	141,5	295,3
1983	376,7	310,7	320,4	170,9	215,4	208,6	65,6	18,8	298	209,9	199,4	391,7
1984	205,3	71	98,9	77,8	97,2	0	14,8	140,7	129,2	53,9	176,5	281,2
1985	350,8	354	262,4	106	35,6	14,4	4,6	37,9	115,4	121,6	112,3	345,5
1986	225,4	234,5	238,3	177	165,2	7,1	44,1	95,8	53,3	83,3	145,5	402,2
1987	385,2	180,9	147,6	173,5	172,6	63	17	18,1	175,3	99,5	112,4	300,9
1988	319,4	280	313,6	143,7	181,5	69,3	2,6	0	36,9	188,3	116,5	215,2
1989	294	351,8	268,1	60,4	40,3	35,5	83,5	34	98,8	28,8	155,4	358,9
1990	217,1	220,5	226,5	44,9	51	4,9	85,8	118	106,8	189,7	55,9	283,3
1991	485,3	183,2	407,2	195,4	30,1	39,2	13,7	5,2	74,5	198,5	77,2	251,2
1992	266,9	152,5	179,9	107,3	111,2	0	124,5	40,5	181,5	191,2	195,1	248
1993	172,4	389,1	176,2	74	94,3	50,5	16,6	26,3	156,9	128,7	109,3	174,9
1994	199,3	74,8	276,7	90,5	147,1	37	43	0	1,7	107,3	173,2	464,1
1995	264,8	436,1	189,8	34,7	100	16,6	62,2	14,3	59,6	380,6	174,3	265,5
1996	335,2	282,5	292,3	60,9	61,1	38,6	3,1	30,6	206,3	185,9	227,2	304,9
1997	349,4	166,2	111,2	96,9	73,7	161,3	12,1	13,3	84,7	124,5	249,7	217,3
1998	193,1	307,6	167,5	55,6	108,3	7,8	3,1	7,7	85,3	223,3	88	238,2
1999	295	297,4	157,3	69,7	14,8	68,2	8,8	1,6	45,5	81,4	67,1	368,3
2000	677,9	285,8	174,9	37,9	--	3	82,5	72,6	101,1	70,4	247,8	288,5
2001	159,8	214,3	124,1	32	73,9	18	11,1	43,6	104	218,8	277,3	420,8
2002	322,9	286,6	147,9	29,8								
Média dos Dados Hidrometeorológicos	306,91	239,33	206,72	101,85	86,64	49,39	40,29	37,59	95,57	147,95	177,24	308,12
Média dos Dados Hidrometeorológicos calculada	149,8											

Fonte: Adaptado do Banco de dados Hidrológicos do DAEE (2015)

As doze médias mensais estimadas foram utilizadas para calcular a vazão do sumidouro. Utilizou-se novamente a média aritmética destes dados fornecidos, ou seja, estas doze médias foram somadas e divididas por doze, chegando a média final de 149,8 mm. Quando acontece uma precipitação de 149,8 mm em 1 m<sup>2</sup>, temos um volume equivalente à 149,8 L/m<sup>2</sup>.

#### 4.3.5 Fórmulas utilizadas para o dimensionamento do sumidouro alternativo

Após determinação do coeficiente de infiltração do solo, caracterização do local de implantação do sumidouro e volume do sumidouro definidos, foi possível realizar o dimensionamento do sumidouro alternativo.

Foram utilizadas fórmulas expressas na NBR 13969 de 1997, norma esta que dispõe sobre os procedimentos técnicos para dimensionamento de sumidouros.

Inicialmente foi calculado a área total do sumidouro conforme Equação 2. Após a obtenção do resultado desta área total, foi utilizado a Equação 3, onde obtivemos o diâmetro da estrutura.

$$AT = \frac{\text{Volume do efluente}}{\text{Taxa máx.aplicação no solo}} \quad (\text{Eq.2})$$

Onde:

AT= Área Total (m<sup>2</sup>);

$$AT = \pi \cdot R^2 + 2 \cdot \pi \cdot R \cdot h \quad (\text{Eq.3})$$

Onde:

AT= Área Total do sumidouro ( m<sup>2</sup>);

R= Raio do Sumidouro (m)

h= Altura adotada para o sumidouro (m).

#### 4.3.6 Escolha do material para composição do sumidouro vertical

O material escolhido para confeccionar este sumidouro foi a garrafa PET, pois, a crescente e constante geração desse tipo de resíduo sólido gera alta porcentagem de descarte inadequado. Portanto estes recipientes de plásticos foram utilizados como matéria prima para concepção do sumidouro sustentável. Cita-se outros fatores

relevantes que foram considerados para a escolha do material na confecção do sumidouro de garrafas PET:

- O material utilizado é resistente às intempéries do clima, visto que este polímero resiste até 400 anos na natureza;
- Reciclar e dar um uso ambientalmente correto às garrafas PET;
- As garrafas PET são de fácil manuseio, o que tornou positiva a construção do sumidouro, além de serem leves e práticas para futuras limpezas e manutenções;
- As garrafas PET são de custo baixo ou nulo, além de ser um material fácil de ser encontrado em residências e comércios.

#### 4.4 CONSTRUÇÃO DO SUMIDOURO VERTICAL ALTERNATIVO E AVALIAÇÃO DO TEMPO DE INFILTRAÇÃO DA ÁGUA NO SOLO

O sumidouro foi calculado para contemplar uma forma cilíndrica e vertical. Foram utilizadas as garrafas PET, lacres plásticos e um cano PVC. Inicialmente as garrafas PET foram cortadas, com auxílio de uma tesoura, retirando a parte superior (bico), e inferior (fundo). Após recortadas, estas garrafas foram furadas com auxílio de uma chave canhão. (Figura 14).

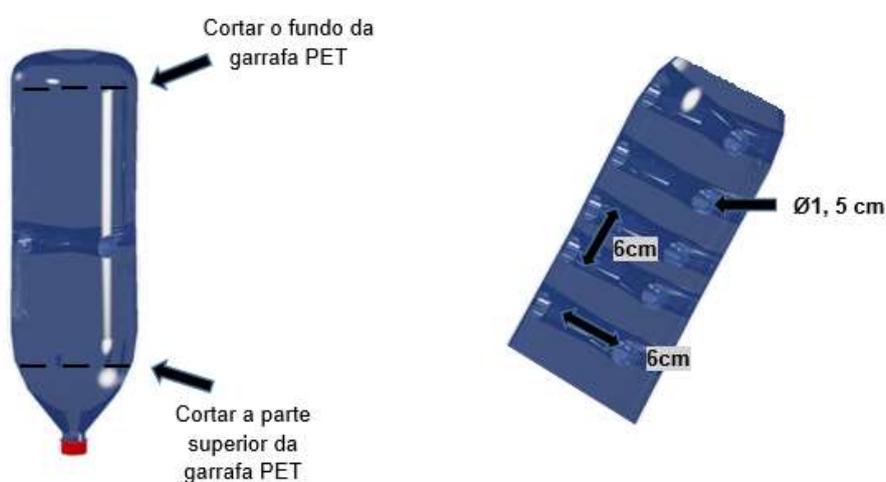


Figura 14: Esquemático das distâncias entre os furos, e diâmetros. Representa também o local do corte das garrafas.

Esta ferramenta denominada como chave canhão é similar à uma chave de fenda, porém, possui a ponta circular, com diâmetro de 1,5 cm. Foi necessário aquecer a ponta deste utensílio para perfurar as garrafas plásticas. Nota-se que os espaçamentos entre os orifícios obedeceram ao mesmo padrão, ou seja, foram medidos 6 cm na horizontal bem como na vertical. O cano PVC também foi completamente perfurado, obedecendo as distancias entre os furos conforme citado acima e utilizou a mesma ferramenta para realizar os furos.

Após o término da perfuração e recorte das peças integrantes do sumidouro, foi possível realizar a união das garrafas através dos lacres plásticos. Foi realizado inicialmente a junção das garrafas, e posteriormente esta estrutura foi interligada ao cano PVC, que ficou disposto na parte central da estrutura.

O sumidouro vertical de forma cilíndrica assemelhou-se a uma colmeia de abelhas. Esta estrutura foi instalada no solo, e por meio de recargas manuais com água da rede municipal de abastecimento, foi completamente preenchida por água. Com auxílio de um equipamento denominado “ Medidor eletrônico de nível do freático” foi realizada medições do abaixamento do nível de água dentro da estrutura em diferentes períodos de tempo.

Após aquisição de dados respectivos ao funcionamento do sumidouro reciclável foi calculado quantas destas estruturas seriam necessárias para captar a água pluvial proveniente do escoamento dos telhados. Este cálculo iniciou-se com as medidas do telhado mais próximo à estrutura instalada em campo. Após este primeiro resultado, foi realizado o extrapolação destes dados para as demais residências do bairro Vila Santo Antônio. Para adquirir as dimensões dos telhados foi utilizado uma ortofoto da Emplasa (2010) e através de fotointerpretação foram adquiridas as áreas dos telhados supracitados. Para realizar estas delimitações utilizou-se o programa ArcGis 10.0.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 DIMENSIONAMENTO E CONSTRUÇÃO DO SUMIDOURO SUSTENTÁVEL UTILIZANDO GARRAFAS PET

Inicialmente foi calculada a área total do sumidouro, conforme Equação 2, expressa pela NBR 13969 de 1997. Nesta equação foi utilizado o volume de água, estabelecido pela média das precipitações entre os anos de 1972 e 2002, equivalente a 149,8 L e também o valor de coeficiente de infiltração do solo. Substituindo os valores na Equação 2 teremos:

$$AT = \frac{149,8}{100}$$

$$AT = 1,498 \text{ m}^2$$

Portanto área total do sumidouro adotada foi arredondada, sendo equivalente à 1,5 m<sup>2</sup>. Foi estabelecido previamente a altura do sumidouro alternativo, sendo esta equivalente a 1m. Uma vez estabelecida a área total e altura dessa estrutura foi possível calcular o diâmetro do sumidouro.

A Equação 3, possibilita o cálculo do diâmetro do sumidouro. Substituindo os valores na Equação 3, teremos:

$$1,5 = \pi \cdot R^2 + 2 \cdot \pi \cdot R \cdot 1,0$$

$$1,5/\pi = R^2 + 2R$$

$$R^2 + 2R - 0,5 = 0$$

$$R = \frac{-2 \pm [(2^2) - 4 \cdot (-0,477)]^{0,5}}{2}$$

$$R = 0,2153 \text{ m} \therefore \varnothing = 0,43 \text{ m}$$

Portando as dimensões do sumidouro ficam assim definidas: altura mínima de um (1) metro e diâmetro mínimo de 0,45m.

Uma vez dimensionada a estrutura de engenharia foi possível construí-la, utilizando os seguintes materiais para sua confecção:

- 60 garrafas PET;
- 1,5 m de tubo PVC;
- Abraçadeiras de plástico;
- Tesoura,
- Chave canhão com a ponta circular de 1,5cm de diâmetro

As 60 garrafas PET foram unidas ao cano PVC, de tal modo que a estrutura ficou com a altura de 1m e diâmetro de 0,45 m, conforme dimensionamento. A Figura 15 deixa evidenciado o diâmetro e a altura respectivamente.



Figura 15: Esquemático das distâncias entre os furos, e diâmetros. Representa também o local do corte das garrafas.

A NBR 13969 de 1997 determina que o sumidouro convencional, que recebe águas residuárias provenientes de um tanque séptico, deve ficar a 1,5 m de distância do nível do freático, para que não haja contaminação dessa água subterrânea com metais pesados ou outras substâncias.

Notamos que a estrutura desenvolvida recebe águas pluviais, provenientes também do escoamento superficial o que diminui o risco de contaminação, porém, não

é possível assegurar que não haverá riscos de poluição do freático caso a estrutura esteja dentro desses 1,5 m de distância do recurso hídrico, conforme preconizado na NBR 13969 de 1997.

## **5.2 AVALIAÇÃO DO TEMPO DE INFILTRAÇÃO DA ÁGUA NO SOLO POR INTERMÉDIO DO SUMIDOURO VERTICAL**

O sumidouro foi instalado no dia 07 de Janeiro de 2016, exatamente no mesmo local do teste de infiltração realizado anteriormente. Foi efetuado, portanto, no centro desta área nivelada, um buraco circular com 0,45 cm de diâmetro e com 1 m de profundidade, que corresponde à altura do sumidouro desenvolvido. Para escavar este buraco usou-se uma pá, conforme Figura 16.

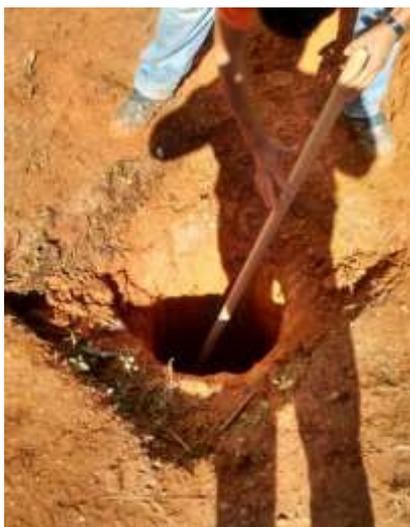


Figura 16: Escavação do buraco para instalação do sumidouro. O mesmo possui diâmetro equivalente a 0,45 cm, com uma profundidade de 1m, conforme dimensionamento.

Para completar a estrutura com água e viabilizar as medições de infiltração de água no solo, foi simulado a recarga hídrica através de água fornecida pela distribuidora de água municipal. Os principais componentes do sistema foram: caixa de água, tubos PVC, torneira, balde plástico de 20 L, mangueira e o sumidouro de garrafas PET conforme mostra o esquema da Figura 17.



Figura 17: Figura esquemática da localização da caixa d'água, tubulação e sumidouro ao lado da área edificada

Para analisar a capacidade de infiltração de água no solo por intermédio do sumidouro, e por não haver metodologia descrita em literatura para o protótipo, adotou-se o procedimento de recargas hídricas manuais para o enchimento do sumidouro, uma vez que no período de teste não ocorreram precipitações na área. Foram anotados o volume de água, disposta através de um balde de 20 L, e comparado ao volume de dimensionamento do sumidouro.

Como o objetivo é acompanhar a infiltração da água no solo, foi necessário envolver a estrutura em saco plástico para que não houvesse perdas iniciais, ou seja, antes de colocar o sumidouro no buraco cavado no solo, o mesmo foi envolto por saco plástico (Figura 18). Este saco plástico tinha as duas extremidades abertas, após envolver a estrutura, o lado que ficou no fundo do buraco teve o plástico dobrado para que não houvesse vazamento da água no solo.

A estrutura ficou impermeabilizada enquanto era preenchida com água, caso contrário o solo iria absorver a água, saturando os vazios do mesmo. Desta maneira a quantidade de água seria maior ao volume calculado, e conseqüentemente as medições não seriam confiáveis.



Figura 18: Instalação do sumidouro envolto com saco plástico no solo.

Para encher esta estrutura com água, foi utilizado um balde plástico de 20L, uma mangueira plástica para facilitar o direcionamento da água até o local de instalação do sumidouro. Foram contabilizados 7 baldes e meio, ou seja, 150 L de água para encher esta estrutura. Notamos que as perdas foram mínimas, equivalente a 0,2 L, pois esta estrutura foi dimensionada para 149,8L de água.

Antes de retirar o plástico foi fixado o medidor eletrônico de nível de freático, um equipamento que auxiliou a medição do nível da lâmina de água, ou seja, através deste dispositivo foram realizadas medições para evidenciar o abaixamento do nível da água, e consecutivamente observar a infiltração do volume total do sumidouro. A Figura 19 demonstra o sumidouro sem o plástico de vedação, já preenchido com água, e o equipamento que possibilitou as medições do abaixamento do nível de água causado pela infiltração da água no solo.



Figura 19: Sumidouro instalado no solo, cheio de água e o equipamento de medição do nível de água instalado sobre a estrutura.

O equipamento utilizado para medir o nível da água é composto por um cabo com marcações de distancias a cada 10 cm, este fio é envolto por uma manivela. Na extremidade deste fio, temos uma boia, que ao entrar em contato com a superfície da água, aciona um dispositivo que viabiliza acender uma pequena luz vermelha, mostrando assim, qual altura está o nível da água.

Conforme pode ser verificado na Tabela 2, foram realizadas 21 medições em diferentes períodos de tempo, sendo que da 1ª à 6ª medição o intervalo de tempo adotado foi equivalente a 5 minutos; da 6ª à 10ª medição o intervalo de tempo foi equivalente à 30 minutos; da 10ª a 21ª medição foi adotado o intervalo de tempo equivalente a 1 hora.

O equipamento foi posicionado 30 cm acima do sumidouro alternativo (Figura 20). Reparamos que a Tabela 2 expressa a altura do equipamento até o sumidouro, e altura do equipamento até o nível de água. Para obtenção da altura real foi subtraído o valor da altura do equipamento até o sumidouro da altura do equipamento até o nível de água, assim o resultado das medições ficou ajustado para a altura real do nível de água medido pelo equipamento.

Como é sabido que o sumidouro possui 1 m de profundidade, também foi realizada a medição do fundo da estrutura até o nível de água. Para chegar a esta altura equivalente foi subtraído da altura total do sumidouro as respectivas medidas reais do abaixamento do nível d'água realizada pelo equipamento. Na Tabela 2 estão expressos estes resultados como altura de água dentro do sumidouro.



Figura 20: Diferença de altura de 30 cm entre o equipamento e o sumidouro

Tabela 2: Horários das medições e respectivo rebaixamento do nível da água causado pela infiltração.

Medição	Horário	Atura do equipamento até sumidouro (cm)	Atura do equipamento até o nível da água (cm)	Atura real do nível de água medido pelo equipamento (cm)	Atrura de água dentro do sumidouro (cm)
1ª	10:50	30	30	0	100
2ª	10:55	30	40	10	90
3ª	11:00	30	44	14	87
4ª	11:05	30	47	17	84
5ª	11:10	30	50	20	79
6ª	11:15	30	55	25	71
7ª	11:45	30	63	33	64
8ª	12:15	30	70	40	56
9ª	12:45	30	78	48	49
10ª	13:15	30	85	55	42
11ª	14:15	30	92	62	35
12ª	15:15	30	99	69	30
13ª	16:15	30	104	74	25
14ª	17:15	30	109	79	20
15ª	18:15	30	114	84	17
16ª	19:15	30	117	87	14
17ª	20:15	30	120	90	11
18ª	21:15	30	123	93	8
19ª	22:15	30	126	96	5
20ª	23:15	30	129	99	4
21ª	00:15	30	130	100	0

O teste de absorção do solo iniciou as 10:50 horas da manhã do dia 07 de janeiro de 2016, e terminou as 00:15 do dia 08 de janeiro de 2016, contabilizando 13 horas e 25 minutos para que 149,8 L de água fossem completamente infiltrados no solo. Em todas as medições teve abaixamento do nível da água, indicando a infiltração. A partir da 14ª medição notamos que a infiltração diminuiu, mostrando neste ponto o início de saturação do solo. A Figura 21 mostra o comportamento da infiltração pelo tempo.

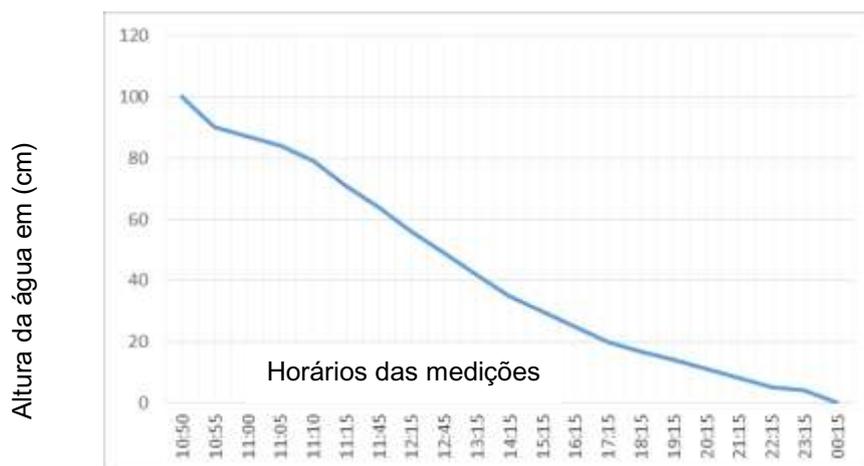


Figura 21: Distribuição dos registros obtidos em campo referente ao tempo de infiltração da água no solo através do sumidouro sustentável.

### 5.3 GEORREFERENCIAMENTO DA ÁREA E APLICABILIDADE DO SUMIDOURO NO BAIRRO DE ESTUDO

Conforme observado a estrutura desenvolvida foi eficiente na absorção de água no solo, ou seja, os 149,8 L de água equivalente à média pluviométrica no município de Campos do Jordão – SP foi infiltrada no solo após 13h e 25 minutos. Com a eficiência comprovada no teste realizado, foi extrapolado este resultado, de tal maneira que fosse possível calcular quantos destes dispositivos serão necessários para reter as águas pluviais provenientes do escoamento superficial dos telhados das construções do bairro Vila Santo Antônio, otimizando a infiltração da água nos solos permeáveis e diminuindo possíveis riscos em relação às enchentes, já que a água de escoamento superficial diminuirá.

Feldre (2015) também utilizou ortoimagens para realizar o seu estudo e por meio de interpretação cognitiva e técnicas de vetorização sobre a tela, seguido de

associação de polígonos foi possível a identificação de determinadas classes pré-estabelecidas. Neste trabalho também foram empregadas essas técnicas para delimitar as áreas de interesse conforme mostra a Figura 22.

Costa (2005) utilizou fotos em alta resolução para realizar sua pesquisa delimitando através de fotointerpretação as manchas urbanas dos municípios. Felde (2015) também utilizou ortoimagens para realizar o estudo, onde por meio de interpretações cognitivas e técnicas de vetorização sobre tela seguido de associação dos polígonos possibilitou a identificação de determinadas classes pré estabelecidas. Neste trabalho também utilizou-se também ortofotos de alta resolução para delimitar as áreas de interesse deste trabalho conforme Figura 22.

Ainda segundo Felde (2015) a interpretação de fotografias digitais de alta resolução permite um nível de detalhamento bastante alto dos diversos materiais componentes da estrutura urbana proporcionando um resultado bastante confiável. Tanto no trabalho do autor como no presente trabalho foram definidas classes, por exemplo o solo exposto, as áreas permeáveis e áreas de telhados, entre outras, onde fica evidente que a distribuição dessas classes além das taxas de uso e ocupação do solo, permitem estudos de permeabilidade do solo, de grande utilidade à gestão da urbanização como também ao planejamento de escoamento e drenagem até o gerenciamento de áreas sujeitas à inundação. Desta maneira observamos que a fotointerpretação realizada neste trabalho, indicando as áreas que podem receber o sumidouro de águas pluviais, é uma ferramenta útil para diminuir o escoamento superficial e proporcional a infiltração de águas pluviais no solo.

Por meio da confecção de mapas temáticos Gomes (2013) pode relacionar as áreas de risco, de acordo com a declividade evidenciada no mapa. Já neste estudo, a área de risco foi delimitada utilizando os fatores de risco demonstrados pelo IG (2013).

Inicialmente foram identificadas as áreas que compõe o bairro em análise, delimitando através de georreferenciamento as áreas permeáveis e impermeáveis. Foi considerado também as áreas de risco de escorregamentos e com erosões, apontadas pelo IG (2013). Nota-se que esta área de risco abrange desde riscos baixos, médios e altos, em relação a desmoronamento. Por este motivo, não foram propostos a instalação dos sumidouros sustentáveis, uma vez que, a acumulação de água nesse solo, não trará benefícios.

O autor Cordovez (2002), afirma que os municípios podem encontrar no geoprocessamento uma ferramenta para diagnosticar problemas, realizar o

planejamento e executar medidas mitigadoras corretas, ou seja, esta combinação de dados obtidos por meio da imagem, possibilitará a adoção de soluções racionais, desta maneira, este trabalho compôs uma imagem de alta resolução trazendo as informações importantes para calcular o número de sumidouros que serão necessários para captar a água proveniente do escoamento dos telhados.

Foram delimitadas manualmente por meio de fotointerpretação, cada propriedade, áreas permeáveis, ruas pavimentadas e ruas com solo exposto. Uma vez que identificado os polígonos de cada uma das estruturas, foi possível através do software, calcular a respectiva área, conforme tabela abaixo.

Tabela 3: Quantidade de edificações e áreas total referente às áreas impermeáveis e permeáveis, dentro e fora da área de risco obtidas por meio de georreferenciamento.

Área fora de risco			Área de risco		
Total de edificações (unid)	Área Permeável (m <sup>2</sup> )	Área Impermeável (m <sup>2</sup> )	Total de edificações (unid)	Área Permeável (m <sup>2</sup> )	Área Impermeável (m <sup>2</sup> )
166	20.142,85	16.049,88	152	10.895,52	11.676,24

As áreas dos telhados obtidas por meio do georreferenciamento foram disposta em uma tabela (Anexo A), e posteriormente multiplicadas pelos dados pluviométricos obtidos por Alberti (2010), apresentados na Tabela 4. O resultado desta multiplicação foi dividido pelo volume de armazenamento do sumidouro, assim, foi calculado quantos sumidouros seriam necessários para captar o volume de água que escorrerá dos telhados. O intuito é verificar se com o sumidouro alternativo conseguiremos atingir o resultado positivo em relação à infiltração de água no solo, conforme protótipo desenvolvido neste trabalho.

Depois de delimitar todas as residências e demais fatores relatados acima, o bairro Vila Santo Antônio foi dividido em duas áreas, com base no levantamento do Instituto Geológico (2013), sendo respectivamente a área com risco iminente de escorregamento e solapamentos e áreas fora de risco.

Conforme o IG (2013), estas áreas que são caracterizadas com alto grau de risco de desmoronamento eminente, apresentando erosões, e por isso não são favoráveis à instalação dessas estruturas alternativas, visto que, com a saturação do solo por meio de uma estrutura que impossibilite que a água escoe, aumentará o

agravamento dos riscos apontados pelo instituto. Desta maneira foi considerado neste trabalho somente as estruturas que estavam fora da área de risco. Quando comparamos os valores pluviométricos de Alberti (2010), e atribuímos a quantidade de sumidouros para captar o volume de escoamentos dos telhados da Vila Santo Antônio, percebemos que a estrutura será eficaz para os dados pluviométricos menores, ou seja, para 5mm, 8mm e 10mm. Com estes índices pluviométricos cada moradia terá que implantar uma menor quantidade de sumidouros esta quantidade de estruturas conseguiria ser instalada nas áreas permeáveis próximas as edificações. Já os índices pluviométricos equivalentes à 35mm, 46mm e 17mm, requerem um grande número de sumidouros para captarem o volume de água escoado, deixando desta maneira inviável a instalação dos mesmos. O Anexo A, deixa explícito quantos sumidouros seriam necessários para reter o volume pluviométrico escoado dos telhados da região.

O telhado mais próximo à instalação do protótipo desenvolvido neste trabalho é da edificação número 19 (Figura 22). Para captar o volume escoado deste telhado com uma precipitação equivalente a 5mm, precisaríamos de 6 sumidouros alternativos; para uma precipitação de 8 mm precisaríamos de 10 sumidouros alternativos já para uma precipitação equivalente a 10mm precisaríamos 13 unidades. A água dos telhados deverá ser conduzida por tubulações até a estrutura proposta.

Tabela 4: Precipitação registrada por Alberti (2010) em Setembro de 2010 no município de Foz do Iguaçu, Paraná- PR.

<b>Mês de Setembro</b>	
<b>Dia</b>	<b>Precipitação (mm)</b>
11	8
14	35
22	10
23	46
26	5
28	17
<b>Total</b>	<b>121</b>

Comparando estes dados pluviométricos de Alberti (2010), com os dados pluviométricos dos dados pluviométricos de Campos do Jordão - SP, do posto meteorológico de prefixo D2-096, no período de 1972 a 2002, percebemos que nos meses de junho, julho, agosto e setembro temos índices pluviométricos próximos aos

ideais para a eficiência dos sumidouros alternativos. Notamos que estes meses pertencem a três estações do ano, sendo elas: outono, inverno e primavera.

Conforme apontado pelo IG (2013) o município de Campos do Jordão compreende 51 setores com risco de inundação, sendo que um dos pontos identificados fica a jusante ao bairro onde o sumidouro foi instalado. Notamos que com a instalação dos sumidouros alternativos nas áreas permeáveis do bairro, será permitido maior infiltração da água no solo, diminuindo o escoamento superficial, e diminuirá o volume de água que ocasiona as inundações supracitadas.

Griebeler et al.(2001) identificaram que associado ao escoamento superficial, ocorre o transporte de partículas do solo, nutrientes, sementes ou substratos agrícolas. Esse transporte de substâncias pode acontecer na área de instalação do sumidouro alternativo, e caso não seja adotado uma distância mínima entre a estrutura e o freático poderá acontecer contaminações, causando prejuízos ambientais.

O teste de infiltração foi realizado no mês de outubro de 2015; e a instalação do sumidouro foi realizado no mês de janeiro de 2016. Em relação a umidade do solo, considerando o estudo de Rossato (2004), percebemos que o percentual de armazenamento de água no solo durante o período de 1971-1990 no mês de janeiro é maior que no mês de outubro, porém os dois meses apresentaram elevado percentual de água no solo. Em janeiro o intervalo foi de 90 a 100 já em outubro o percentual foi equivalente de 80 a 90.

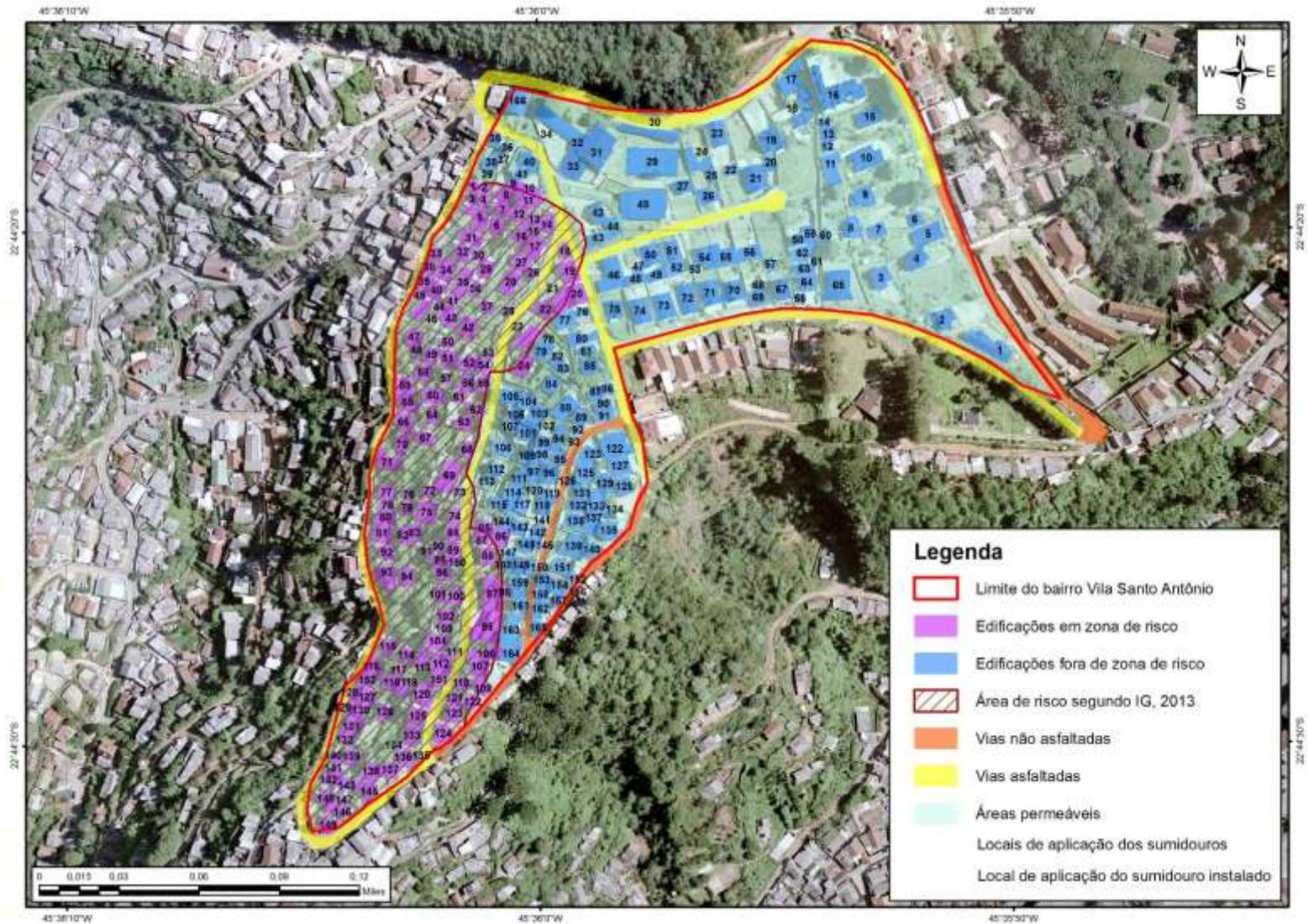


Figura 22: Fotointerpretação da área de estudo contemplando as áreas impermeáveis e permeáveis bem como área de risco.

## 6 CONCLUSÃO

O sumidouro alternativo desenvolvido com garrafas PET garantiu a infiltração de águas no solo em Campos do Jordão- SP sendo uma estrutura de engenharia simples.

Sua implantação em áreas permeáveis dentro das zonas urbanas poderá garantir benefícios como a redução do volume de água escoado dos telhados da região. Esta solução é aplicável para precipitações equivalentes a 5mm, 8mm e 15mm. Esta solução alternativa poderia ser adotada no programa cidade sustentável, para que municípios aplicassem pequenos sumidouros em áreas permeáveis, otimizando a infiltração da água no solo e diminuindo consecutivamente o escoamento superficial.

## 7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, NBR. 13969. **Tanques sépticos-Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos-Projeto, construção e operação**, 1997.

AGRA, S. G. **Estudo experimental de microrreservatórios para controle do escoamento superficial**. 2001. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

ALBERTI, G.A. **Sumidouro residencial para recarga freática na área urbana no município de Foz do Iguaçu – PR, Foz do Iguaçu, 2010**. Projeto de Trabalho Final de Graduação - Faculdade Dinâmica de Cataratas.

ANA - , Agência Nacional de Águas., **Conjuntura dos Recursos Hídricos no Brasil , Informe 2014 - Encarte Especial sobre a Crise Hídrica**. 30 p. 2014. Disponível em: <<http://conjuntura.ana.gov.br/docs/crisehidrica.pdf>> Acesso em: 27 out. 2015.

BARBASSA, A. P.; FONTES, A.R.M. Diagnóstico e prognóstico da ocupação e da impermeabilização urbanas. **RBRH-Revista Brasileira de Recursos Hídricos. Porto Alegre**, 2003.

BARROS, M.S.S.; GUICHOU, C.J. **PROCEDIMENTOS PARA DETERMINAÇÃO AUTOMÁTICA DE ZONAS HOMOGÊNEAS URBANAS COM DADOS DE SENSORES À BAIXA ALTITUDE**.

BEUX, F.C.; OTTONI, A.B. MÉTODOS ALTERNATIVOS DE DRENAGEM A PARTIR DA RETENÇÃO E INFILTRAÇÃO DAS ÁGUAS DE CHUVA NO SOLO, VISANDO A REDUÇÃO DAS ENCHENTES URBANAS. **Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades/National Journal of Cities Management**, v. 3, n. 17, 2015.

BRASIL, CPRM–Serviço Geológico. **Sistema de Informação de águas subterrâneas–SIAGAS**. 2006.

CARVALHO, J. C. C. LELIS, A. C. **Cartilha de Infiltração**. Geotecnia UNB, vol 2, 2010

COHIM, E.; GARCIA, A.; KIPERSTOK, A. Captação e aproveitamento de água de chuva: dimensionamento de reservatórios. **Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste**, v. 9, 2008.

CORDOVEZ, J.C.G. Geoprocessamento como ferramenta de gestão urbana. **Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto**, v. 1, 2002

COSTA, H.B; ROSSI, M.; COELHO, R.M. Mapa de impermeabilização do solo da Bacia do Ribeirão das Anhumas, Campinas-SP. **Anais do XI Simpósio Brasileiro de Geografia Física Aplicada. São Paulo**, p. 876-895, 2005.

DOS ANJOS, T.T.M. **Jardim da chuva: sistema de biorretenção como técnica compensatória no manejo de águas pluviais urbanas**. 2011.

FUNDAÇÃO NACIONAL DE SAÚDE (BRASIL). **Manual de saneamento**. Funasa, 2004.

GRIEBELER, N. P. et al. Avaliação de um modelo para a estimativa da lâmina máxima de escoamento superficial. **Revista brasileira de ciência do solo**, v. 25, n. 2, p. 411-417, 2001.

HADDAD, E. A. **Enchentes em São Paulo dão prejuízos de R\$ 762 milhões por ano**. Disponível em: <http://revistapesquisa.fapesp.br/2013/03/15/enchentes-em-sao-paulo-dao-prejuizo-de-r-762-mi-por-ano>. Acesso em: Fevereiro de 2016

IBGE **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**, , 2014. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/>

IG - **Instituto Geológico. Mapeamento de Riscos Associados a Escorregamentos, Inundações, Erosão, Solapamento, Colapso e Subsidência - Município de Campos do Jordão, SP - Relatório Técnico / Maria José Brollo (Coordenação)**. – São Paulo: I G / SMA, 2013.

HERNANDES, A.T.; DE AMORIM, S.V. **Diretrizes para o gerenciamento da água pluvial nas edificações escolares municipais da cidade de Ribeirão Preto. Simpósio brasileiro de captação e manejo de água de chuva**. São Carlos-UFSCar, 2006.

JÚNIOR, J.J.D. **Avaliação de Uma Biorretenção Como Estrutura Sustentável de Drenagem Urbana**. Dissertação de mestrado. Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2013

KAUFFMANN, M. O. SILVA, L. P. Taxa de impermeabilização do solo: um recurso para a implementação da bacia hidrográfica como unidade de planejamento urbano integrado à gestão dos recursos hídricos. **Anais XI Encontro Nacional da associação nacional de pós graduação e pesquisa em planejamento urbano e regional – ANPUR**, 2005

MACHADO, F.O.; CORDEIRO, J.S. Gerenciamento Sustentável de águas pluviais. **Anais CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL**. 2004.

MELO, T. A. T. **Jardim de chuva: Sistema de Biorretenção como técnica compensatória no manejo de águas pluviais**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Pernambuco, 2011

MODENESI-GAUTTIERI, M.C.; HIRUMA, S.T. A expansão urbana no planalto de Campos do Jordão: diagnóstico geomorfológico para fins de planejamento. **Revista do Instituto Geológico**, v. 25, n. 1-2, p. 1-28, 2004.

OHNUMA, A. A. Medidas Não Convencionais de Reservação d'Água e Controle de Poluição Hídrica em Lotes Domiciliares. **São Carlos**, v. 306, 2008.

REIS, R.P.A.; ILHA, M.S.O. Comparação de desempenho hidrológico de sistemas de infiltração de água de chuva: poço de infiltração e jardim de chuva. **Ambiente Construído**, v. 14, n. 2, p. 79-90, 2014.

ROSSATO, L.; ALVALÁ, R.C. S.; TOMASELLA, J. Variação espaço-temporal da umidade do solo no Brasil: análise das condições médias para o período de 1971-1990. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 19, n. 2, p. 113-122, 2004.

ROSA FILHO, A. A problemática socioambiental da ocupação urbana em áreas de risco de deslizamento da “Suíça Brasileira”. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 3, n. 1, p. 33-40, 2010.

DA SILVA, V.A.C. Crise Hídrica e o Demarketing da Água em Concessionárias Estaduais de Saneamento. **Revista de Ciências Gerenciais**, v. 18, n. 28, 2015.

SILVA, G. B. L., **Avaliação experimental sobre a eficiência de superfícies permeáveis com vistas ao controle do escoamento superficial em áreas urbanas**. Tese de doutorado em tecnologia ambiental e recursos hídricos Brasília, 2006

SÃO PAULO (Estado). **Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE. Banco de Dados Hidrometeorológicos do estado de São Paulo**. Dados pluviométricos de Campos do Jordão. São Paulo, 1999. Disponível em: <http://www.hidrologia.dae.sp.gov.br/> Acesso: 10 de novembro de 2015

SÃO PAULO (Estado). **Instituto de Geografia e Cartografia IGC**. GeoPortal. Disponível em: SÃO PAULO (Estado). <http://geoportal.igc.sp.gov.br:8080/GeoPortallGC/Internet/> Acesso: 2 de agosto de 2015

SÃO PAULO (Estado) Empresa Paulista de Planejamento Metropolitano. EMPLASA. Disponível em: <http://www.emplasa.sp.gov.br/Emplasa/Cartografia/Fotoaereadigitais.asp> Acessado em: dezembro de 2015

SOUZA, C.F.; CRUZ, M.; TUCCI, C.E.M. Desenvolvimento Urbano de Baixo Impacto: Planejamento e Tecnologias Verdes para a Sustentabilidade das Águas Urbanas In. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 17, n. 2, p. 9-18, 2012.

TINÓS, T.M.. **Mapeamento geológico-geotécnico a partir de metodologia de análise integrada: ensaio de aplicação no município de Poços de Caldas-MG**. 2011.

TUCCI, C.E.M. Gerenciamento integrado das inundações urbanas no Brasil. **Rega/Global Water Partnership South América**, v. 1, n. 1, p. 59-73, 2004.

TUCCI, C.E.M.; CLARKE, R.T. Impacto das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: revisão. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 2, n. 1, p. 135-152, 1997.

VIEIRA, I.M.; KAZMIERCZAK, M.L.; MALTA, F.J.N.C. Proposta metodológica para identificação de áreas de risco de movimentos de massa em áreas de ocupação urbana. Estudo de caso: Campos do Jordão, SP. **Anais XII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**, Goiânia, Brasil, INPE, 2005.

YUHARA, C.H.; LUCHIARI, A.; DA SILVA, D.A. Identificação das Unidades Residenciais Intra-Urbanas da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Cocaia-Área de Proteção aos Mananciais da represa Billings, SP—utilizando Dados Orbitais de Alta Resolução Espacial. **Anais XIII Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto**. Florianópolis-SC, Brasil. INPE, p. 695-702, 2007.

## ANEXO A

Nº	Área (m2)	Precipitação (mm)	Quantidade de sumidouro (unid)										
1	273,55	8	15	35	64	10	18	46	84	5	9	17	31
2	144,95	8	8	35	34	10	10	46	45	5	5	17	16
3	127,85	8	7	35	30	10	9	46	39	5	4	17	15
4	139,97	8	7	35	33	10	9	46	43	5	5	17	16
5	183,31	8	10	35	43	10	12	46	56	5	6	17	21
6	66,92	8	4	35	16	10	4	46	21	5	2	17	8
7	82,50	8	4	35	19	10	6	46	25	5	3	17	9
8	127,95	8	7	35	30	10	9	46	39	5	4	17	15
9	134,95	8	7	35	32	10	9	46	41	5	5	17	15
10	205,07	8	11	35	48	10	14	46	63	5	7	17	23
11	175,51	8	9	35	41	10	12	46	54	5	6	17	20
12	36,40	8	2	35	9	10	2	46	11	5	1	17	4
13	71,94	8	4	35	17	10	5	46	22	5	2	17	8
14	35,47	8	2	35	8	10	2	46	11	5	1	17	4
15	139,79	8	7	35	33	10	9	46	43	5	5	17	16
16	400,31	8	21	35	94	10	27	46	123	5	13	17	45
17	187,80	8	10	35	44	10	13	46	58	5	6	17	21
18	172,08	8	9	35	40	10	11	46	53	5	6	17	20
19	186,00	8	10	35	43	10	12	46	57	5	6	17	21
20	64,14	8	3	35	15	10	4	46	20	5	2	17	7
21	211,31	8	11	35	49	10	14	46	65	5	7	17	24
22	44,81	8	2	35	10	10	3	46	14	5	1	17	5
23	159,43	8	9	35	37	10	11	46	49	5	5	17	18
24	134,44	8	7	35	31	10	9	46	41	5	4	17	15
25	46,69	8	2	35	11	10	3	46	14	5	2	17	5
26	104,55	8	6	35	24	10	7	46	32	5	3	17	12
27	98,44	8	5	35	23	10	7	46	30	5	3	17	11
29	532,24	8	28	35	124	10	36	46	163	5	18	17	60
30	193,44	8	10	35	45	10	13	46	59	5	6	17	22
31	373,45	8	20	35	87	10	25	46	115	5	12	17	42
32	68,94	8	4	35	16	10	5	46	21	5	2	17	8
33	187,29	8	10	35	44	10	13	46	58	5	6	17	21
34	236,70	8	13	35	55	10	16	46	73	5	8	17	27
35	53,06	8	3	35	12	10	4	46	16	5	2	17	6
36	23,62	8	1	35	6	10	2	46	7	5	1	17	3
37	20,47	8	1	35	5	10	1	46	6	5	1	17	2
38	50,01	8	3	35	12	10	3	46	15	5	2	17	6
39	22,00	8	1	35	5	10	1	46	7	5	1	17	2
40	107,05	8	6	35	25	10	7	46	33	5	4	17	12

Nº	Área (m2)	Precipitação (mm)	Quantidade de sumidouro (unid)										
41	48,93	8	3	35	11	10	3	46	15	5	2	17	6
42	94,02	8	5	35	22	10	6	46	29	5	3	17	11
43	79,69	8	4	35	19	10	5	46	24	5	3	17	9
44	83,82	8	4	35	20	10	6	46	26	5	3	17	10
45	479,96	8	26	35	112	10	32	46	147	5	16	17	54
46	236,87	8	13	35	55	10	16	46	73	5	8	17	27
47	18,00	8	1	35	4	10	1	46	6	5	1	17	2
48	71,26	8	4	35	17	10	5	46	22	5	2	17	8
49	99,61	8	5	35	23	10	7	46	31	5	3	17	11
50	159,44	8	9	35	37	10	11	46	49	5	5	17	18
51	123,25	8	7	35	29	10	8	46	38	5	4	17	14
52	79,85	8	4	35	19	10	5	46	25	5	3	17	9
53	15,57	8	1	35	4	10	1	46	5	5	1	17	2
54	133,86	8	7	35	31	10	9	46	41	5	4	17	15
55	168,60	8	9	35	39	10	11	46	52	5	6	17	19
56	119,90	8	6	35	28	10	8	46	37	5	4	17	14
57	42,01	8	2	35	10	10	3	46	13	5	1	17	5
58	57,06	8	3	35	13	10	4	46	18	5	2	17	6
59	71,00	8	4	35	17	10	5	46	22	5	2	17	8
60	36,41	8	2	35	9	10	2	46	11	5	1	17	4
61	9,41	8	1	35	2	10	1	46	3	5	0	17	1
62	108,85	8	6	35	25	10	7	46	33	5	4	17	12
63	83,35	8	4	35	19	10	6	46	26	5	3	17	9
64	104,22	8	6	35	24	10	7	46	32	5	3	17	12
65	266,77	8	14	35	62	10	18	46	82	5	9	17	30
66	30,66	8	2	35	7	10	2	46	9	5	1	17	3
67	117,94	8	6	35	28	10	8	46	36	5	4	17	13
68	25,07	8	1	35	6	10	2	46	8	5	1	17	3
69	88,44	8	5	35	21	10	6	46	27	5	3	17	10
70	139,11	8	7	35	33	10	9	46	43	5	5	17	16
71	176,75	8	9	35	41	10	12	46	54	5	6	17	20
72	197,91	8	11	35	46	10	13	46	61	5	7	17	22
73	182,10	8	10	35	43	10	12	46	56	5	6	17	21
74	164,46	8	9	35	38	10	11	46	51	5	5	17	19
75	98,70	8	5	35	23	10	7	46	30	5	3	17	11
76	48,81	8	3	35	11	10	3	46	15	5	2	17	6
77	95,89	8	5	35	22	10	6	46	29	5	3	17	11
78	32,89	8	2	35	8	10	2	46	10	5	1	17	4
79	92,19	8	5	35	22	10	6	46	28	5	3	17	10
80	117,94	8	6	35	28	10	8	46	36	5	4	17	13

N°	Área (m2)	Precipitação (mm)	Quantidade de sumidouro (unid)										
81	54,62	8	3	35	13	10	4	46	17	5	2	17	6
82	36,48	8	2	35	9	10	2	46	11	5	1	17	4
83	41,32	8	2	35	10	10	3	46	13	5	1	17	5
84	91,57	8	5	35	21	10	6	46	28	5	3	17	10
85	103,52	8	6	35	24	10	7	46	32	5	3	17	12
86	47,53	8	3	35	11	10	3	46	15	5	2	17	5
87	54,72	8	3	35	13	10	4	46	17	5	2	17	6
88	150,08	8	8	35	35	10	10	46	46	5	5	17	17
89	75,71	8	4	35	18	10	5	46	23	5	3	17	9
90	70,80	8	4	35	17	10	5	46	22	5	2	17	8
91	75,05	8	4	35	18	10	5	46	23	5	3	17	9
92	19,34	8	1	35	5	10	1	46	6	5	1	17	2
93	11,63	8	1	35	3	10	1	46	4	5	0	17	1
94	105,88	8	6	35	25	10	7	46	33	5	4	17	12
95	44,92	8	2	35	10	10	3	46	14	5	1	17	5
96	117,93	8	6	35	28	10	8	46	36	5	4	17	13
97	99,04	8	5	35	23	10	7	46	30	5	3	17	11
98	63,19	8	3	35	15	10	4	46	19	5	2	17	7
99	65,94	8	4	35	15	10	4	46	20	5	2	17	7
101	99,68	8	5	35	23	10	7	46	31	5	3	17	11
102	51,63	8	3	35	12	10	3	46	16	5	2	17	6
103	76,15	8	4	35	18	10	5	46	23	5	3	17	9
104	84,87	8	5	35	20	10	6	46	26	5	3	17	10
105	111,02	8	6	35	26	10	7	46	34	5	4	17	13
106	61,69	8	3	35	14	10	4	46	19	5	2	17	7
107	50,80	8	3	35	12	10	3	46	16	5	2	17	6
108	104,98	8	6	35	25	10	7	46	32	5	4	17	12
109	64,25	8	3	35	15	10	4	46	20	5	2	17	7
110	17,34	8	1	35	4	10	1	46	5	5	1	17	2
111	50,21	8	3	35	12	10	3	46	15	5	2	17	6
112	54,92	8	3	35	13	10	4	46	17	5	2	17	6
113	35,35	8	2	35	8	10	2	46	11	5	1	17	4
114	100,96	8	5	35	24	10	7	46	31	5	3	17	11
115	66,18	8	4	35	15	10	4	46	20	5	2	17	8
116	45,65	8	2	35	11	10	3	46	14	5	2	17	5
117	59,94	8	3	35	14	10	4	46	18	5	2	17	7
118	90,99	8	5	35	21	10	6	46	28	5	3	17	10
119	30,21	8	2	35	7	10	2	46	9	5	1	17	3
120	20,13	8	1	35	5	10	1	46	6	5	1	17	2

Nº	Área (m2)	Precipitação (mm)	Quantidade de sumidouro (unid)										
121	17,11	8	1	35	4	10	1	46	5	5	1	17	2
122	230,57	8	12	35	54	10	15	46	71	5	8	17	26
123	104,45	8	6	35	24	10	7	46	32	5	3	17	12
124	11,40	8	1	35	3	10	1	46	4	5	0	17	1
125	133,38	8	7	35	31	10	9	46	41	5	4	17	15
126	21,61	8	1	35	5	10	1	46	7	5	1	17	2
127	142,76	8	8	35	33	10	10	46	44	5	5	17	16
128	99,87	8	5	35	23	10	7	46	31	5	3	17	11
129	87,61	8	5	35	20	10	6	46	27	5	3	17	10
130	57,33	8	3	35	13	10	4	46	18	5	2	17	7
131	81,56	8	4	35	19	10	5	46	25	5	3	17	9
132	75,74	8	4	35	18	10	5	46	23	5	3	17	9
133	66,61	8	4	35	16	10	4	46	20	5	2	17	8
134	31,81	8	2	35	7	10	2	46	10	5	1	17	4
135	123,26	8	7	35	29	10	8	46	38	5	4	17	14
137	97,84	8	5	35	23	10	7	46	30	5	3	17	11
138	99,11	8	5	35	23	10	7	46	30	5	3	17	11
139	165,35	8	9	35	39	10	11	46	51	5	6	17	19
140	67,61	8	4	35	16	10	5	46	21	5	2	17	8
141	20,83	8	1	35	5	10	1	46	6	5	1	17	2
142	59,73	8	3	35	14	10	4	46	18	5	2	17	7
143	74,87	8	4	35	17	10	5	46	23	5	2	17	8
144	52,89	8	3	35	12	10	4	46	16	5	2	17	6
145	72,95	8	4	35	17	10	5	46	22	5	2	17	8
146	26,22	8	1	35	6	10	2	46	8	5	1	17	3
147	27,40	8	1	35	6	10	2	46	8	5	1	17	3
148	60,49	8	3	35	14	10	4	46	19	5	2	17	7
149	78,16	8	4	35	18	10	5	46	24	5	3	17	9
150	39,82	8	2	35	9	10	3	46	12	5	1	17	5
151	89,43	8	5	35	21	10	6	46	27	5	3	17	10
152	21,71	8	1	35	5	10	1	46	7	5	1	17	2
153	76,54	8	4	35	18	10	5	46	24	5	3	17	9
154	68,94	8	4	35	16	10	5	46	21	5	2	17	8
155	29,17	8	2	35	7	10	2	46	9	5	1	17	3
156	12,32	8	1	35	3	10	1	46	4	5	0	17	1
157	39,17	8	2	35	9	10	3	46	12	5	1	17	4
158	37,13	8	2	35	9	10	2	46	11	5	1	17	4
159	70,34	8	4	35	16	10	5	46	22	5	2	17	8
160	37,87	8	2	35	9	10	3	46	12	5	1	17	4
162	79,56	8	4	35	19	10	5	46	24	5	3	17	9
162	106,69	8	6	35	25	10	7	46	33	5	4	17	12
163	175,69	8	9	35	41	10	12	46	54	5	6	17	20
164	93,22	8	5	35	22	10	6	46	29	5	3	17	11
165	66,63	8	4	35	16	10	4	46	20	5	2	17	8
166	185,95	8	10	35	43	10	12	46	57	5	6	17	21