

UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS
CENTRO DE TECNOLOGIA – CTEC
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

LUCAS ARAÚJO FRANÇA

**ESTUDO DAS VAZÕES DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IPANEMA E SUA
INUNDAÇÃO HISTÓRICA NO ANO DE 2020**

Maceió/AL
2021

LUCAS ARAÚJO FRANÇA

**ESTUDO DAS VAZÕES DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIO IPANEMA E SUA
INUNDAÇÃO HISTÓRICA NO ANO DE 2020**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao colegiado do curso de Engenharia Civil do Centro de Tecnologia da Universidade Federal de Alagoas, como parte dos requisitos para obtenção do título de Engenheiro Civil

Orientador: Prof. Dr. Valmir de Albuquerque Pedrosa

Maceió/AL

2021

Catlogação na Fonte
Universidade Federal de Alagoas
Biblioteca Central
Divisão de Tratamento Técnico

Bibliotecário: Marcelino de Carvalho Freitas Neto – CRB-4 – 1767

F815e França, Lucas Araújo.

Estudo das vazões da bacia hidrográfica do rio Ipanema e sua inundação histórica no ano de 2020 / Lucas Araújo França. – Maceió, 2021.

60 f. : il., graf. e tabs. color.

Orientador: Valmir de Albuquerque Pedrosa.

Monografia (Trabalho de conclusão de curso em Engenharia Civil) – Universidade Federal de Alagoas. Centro de Tecnologia. Maceió, 2021.

Bibliografia: f. 58-60.

1. Bacias hidrográficas. 2. Ipanema, Rio. 3. Estações hidrológicas. 4. Vazões naturais. 5. Hidrogramas. 6. Inundações. I. Título.

CDU: 556.51



ATA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Às 8 horas do dia 22 de setembro de 2021, em uma reunião online no Google Meet, reuniu-se a banca examinadora para avaliação e defesa do Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) da aluna Lucas Araújo França, sob o título “: Estudo das vazões da bacia hidrográfica do rio Ipanema e sua inundação histórica no ano de 2020”, composta pelos seguintes participantes:

Orientador: Prof (A₁): Valmir de Albuquerque Pedrosa

Prof Avaliador (A₂): Marllus Gustavo Ferreira Passos das Neves,

Prof Avaliador (A₃): Cleuda Custódio Freire

A apresentação oral do aluno foi realizada em 30 minutos, findos os quais foi iniciado o debate, perfazendo um tempo total de defesa de 1 hora.

O aluno obteve média final 7,5 (Sete, cinco).

Abaixo, assinatura do orientador, seguida dos membros da banca, de acordo com a ordem listada acima, todos seguidos da respectiva nota, a assinatura do aluno e a assinatura do Coordenador do TCC.

Prof (A₁) Valmir de A. Pedrosa, nota final 7,5

Prof (A₂) Marllus Gustavo F.P. das Neves, nota final 7,5

Prof (A₃) [Assinatura], nota final 7,5

Aluno: _____

Coordenador do TCC: _____

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que me dá forças e me guia a todo instante. Sem Ele não sou ninguém. A Ti devo minha vida e a Ti sempre louvarei.

Aos meus pais, que sempre estiveram ao meu lado e me apoiaram de todas as formas possíveis para que a única coisa que eu precise me preocupar é com minha vida acadêmica. Que se dedicaram a me ensinar o caminho correto da vida e nunca deixaram me desviar dele. Sou eternamente grato por tudo que fizeram por mim.

Ao meu irmão, Saulo, com quem convivo diariamente e que sempre repassou seu aprendizado sobre a vida e que me ajudou a evoluir como pessoa.

Ao amor da minha vida, Rafaela, que esteve comigo durante todo esse período universitário, que sempre me ouviu quando eu precisava falar, que afasta todos os sentimentos ruins com um simples abraço, que é minha melhor amiga e com quem sei que sempre posso contar. Viver ao seu lado é o melhor que eu poderia pedir.

Aos meus amigos de infância, os Traíras, que estiveram na minha vida em todos os momentos, desde quando comecei a vida escolar, quando fui aprovado na universidade e que, hoje, comemoram comigo o fim dessa jornada e o início de uma nova. Em especial ao Filipe, que sempre foi um irmão pra mim e com quem passei oito anos de colégio junto. Nossa parceria nunca acabará.

Aos meus amigos que a universidade me deu, que foram responsáveis por uma vida acadêmica muito mais leve e descontraída. Passamos por muitos momentos difíceis e períodos de acúmulo gigantesco de provas e atividades a fazer, mas que foram realizados com sucesso graças ao companheirismo mútuo. Espero manter essa amizade sempre.

Aos meus professores, sejam do colégio ou da universidade, que são responsáveis diretos por quem sou e pelo conhecimento que adquiri. Em especial ao meu orientador Valmir Pedrosa, que esteve comigo nessa árdua tarefa e que sempre mostrou que o mundo é gigante e não podemos ficar parados apenas num ponto infinitesimal dele.

Aos servidores da Seção de Manutenção e Reparos do TRE/AL, onde estagiei, e que sempre foram muito atenciosos e dedicados em me passar todo conhecimento possível e nunca hesitaram em me ajudar quando eu estava com dificuldade em algo.

Finalmente, mas não menos importante, a todos os meus amigos que foram parte importante na minha história e que até hoje sempre arrumamos algo para fazer juntos. Em especial cito Alisson, Andrey, Gaby, Mateus Araújo, Matheus Luan, Luís Otávio e todos os outros que aqui já foram citados implicitamente.

**“A dor é temporária.
A vitória é eterna.”**

(Aatrox)

RESUMO

Este trabalho visa o estudo das estações hidrológicas da bacia hidrográfica do rio Ipanema, sendo analisadas quatro estações fluviométricas que possuem dados de cota, curva descarga, perfil transversal, qualidade da água, resumo de descarga e vazões. Esse estudo se limitou às estações fluviométricas, já que as estações pluviométricas não possuem dado algum. Através de revisão constante da literatura, foram compreendidos e tratados os dados dessas quatro estações fluviométricas. Após isso, foram gerados gráficos visuais, como hidrogramas e curvas de permanência. Teve foco, também, na análise do período de março de 2020, onde ocorreu uma inundação histórica. Além disso, foi feito um estudo das características físicas e socioecon micas da região. Com os resultados obtidos foram feitas discussões acerca do perfil hidrológico dessa bacia.

Palavras-chave: bacia hidrográfica; rio Ipanema; esta es hidrológicas; estudo das vazões; hidrograma; inunda o.

ABSTRACT

This assignment aims the study of Ipanema river drainage basin's hydrological stations, analysing four fluvimetric stations with available data of stage, rating curve, cross section, water quality and discharges. This study was limited to fluvimetric stations as the pluviometric stations doesn't show any data. Through constant bibliographic review, the data from the four stations was comprehended and analysed. After that, graphic methods were done, like hydrographs and permanence curves. Was focused, also, on analysing the period of time around March 2020, where a historical flood happened. Furthermore, it has an study on the physic and socioeconomic features of the region. With the results, discussions about the hydrological profile of this drainage basin were done.

Keywords: drainage basin; rio Ipanema; hydrological stations; discharges study; hydrographs; flood.

LISTA DE FIGURAS

Figura 01 – Rio Ipanema em períodos de seca.....	12
Figura 02 – Rio Ipanema em sua cheia de 2020.....	13
Figura 03 – Leito do rio Ipanema.....	13
Figura 04 – Alagamentos gerados pela cheia de 2020.....	14
Figura 05 – Esquema do ciclo hidrológico.....	15
Figura 06 – Lâmina d'água.....	16
Figura 07 – Experimento proposto por Henry Darcy.....	18
Figura 08 – Água infiltrada em vazios deixados pelos grãos do solo.....	19
Figura 09 – Diferenças entre enchente, inundação e alagamento.....	22
Figura 10 – Bacia hidrográfica genérica.....	23
Figura 11 – Exemplo de declividades.....	25
Figura 12 – Isoietas.....	28
Figura 13 – Localização da bacia hidrográfica do rio Ipanema.....	29
Figura 14 – Localização das estações fluviométricas.....	32
Figura 15 – Isoietas: Precipitação média anual da bacia do rio Ipanema.....	34
Figura 16 – Caatinga em época de seca e de chuvas.....	36
Figura 17 – Juazeiro (Juá).....	37
Figura 18 – Mandacaru.....	37
Figura 19 – Hidrograma e cotagrama da estação de Batalha no período da maior vazão registrada, em 2.....	48
Figura 20 – Hidrograma e cotagrama da estação de Santana do Ipanema no período da segunda maior vazão registrada, em 2004.....	49
Figura 21 – Hidrograma e cotagrama da estação de Santana do Ipanema no período da terceira maior vazão registrada, em 1984.....	50
Figura 22 – Vazão média mensal das quatro estações.....	52
Figura 23 – Vazão média mensal.....	52
Figura 24 – Curva de permanência da estação de Santana do Ipanema.....	53
Figura 25 – Vazão máxima anual x probabilidade de excedência para a estação de Santana do Ipanema.....	55

LISTA DE TABELAS

Tabela 01 – Valores do coeficiente de permeabilidade para alguns tipos de solo....	18
Tabela 02 – Fator de forma.....	26
Tabela 03 – Municípios pertencentes à bacia hidrográfica do rio Ipanema divididos por estado.....	30
Tabela 04 – Estações fluviométricas com dados disponíveis.....	31
Tabela 05 – Intervalo de tempo dos dados das quatro estações.....	31
Tabela 06 – Insolação em horas por estação.....	35
Tabela 07 – Água evaporada por estação.....	35
Tabela 08 – Cidades com população acima de 40 mil habitantes.....	38
Tabela 09 – Porcentagem da população dos estados de Pernambuco e Alagoas inserida na bacia.....	38
Tabela 10 – População das cidades pertencentes à bacia hidrográfica do rio Ipanema em 1996, 2010 e o estimado em 2020.....	39
Tabela 11 – Culturas que ocupam maior área na bacia.....	40
Tabela 12 – Principais rebanhos em relação ao número de cabeças.....	41
Tabela 13 – Área colhida, em hectares, no ano de 2019.....	42
Tabela 14 – Efetivo animal.....	43
Tabela 15 – Consumo de água por tipo de usuário.....	44
Tabela 16 – Consumo médio de água.....	44
Tabela 17 – Dados de vazões disponíveis entre 25/03/2020 e 31/03/2020.....	46
Tabela 18 – Valores das 15 maiores vazões registradas nas estações fluviométricas em estudo.....	47
Tabela 19 – Dados de vazão e cota da estação de Batalha no período da maior vazão registrada, em 2020.....	48
Tabela 20 – Dados de vazão e cota da estação de Santana do Ipanema no período da segunda maior vazão registrada, em 2004.....	49
Tabela 21 – Dados de vazão e cota da estação de Santana do Ipanema no período da terceira maior vazão registrada, em 1984.....	50
Tabela 22 – Valores de vazão média mensal das quatro estações, em m ³ /s.....	51

Tabela 23 – Probabilidade de ocorrer algumas vazões de acordo com a curva de permanência da estação de Santana do Ipanema.....	54
Tabela 24 – Vazões máximas anuais na estação de Santana do Ipanema.....	54
Tabela 25 – Cálculo do volume de água estimado escoado no rio Ipanema.....	56

SUMÁRIO

1 – INTRODUÇÃO	10
2 – OBJETIVOS	11
2.1 – Objetivo geral.....	11
2.2 – Objetivos específicos.....	11
3 – JUSTIFICATIVA	12
4 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
4.1 – Ciclo hidrológico.....	15
4.1.1 – Precipitação.....	15
4.1.2 – Infiltração.....	16
4.1.2.a – Impermeabilização do solo.....	17
4.1.2.b – Tipo de solo.....	17
4.1.2.c – Presença de vegetação.....	19
4.1.2.d – Uso do solo.....	19
4.1.3 – Escoamento superficial.....	19
4.1.4 – Evaporação.....	19
4.1.5 – Transpiração.....	19
4.1.6 – Evapotranspiração.....	19
4.1.7 – Condensação.....	20
4.2 – Diferenças entre enchente, inundação, alagamento e enxurrada.....	21
4.2.1 – Enchente.....	21
4.2.2 – Inundação.....	21
4.2.3 – Alagamento.....	21
4.2.4 – Enxurrada.....	22
4.3 – Bacia hidrográfica.....	23
4.3.1 – Área de drenagem.....	24
4.3.2 – Comprimento axial.....	24
4.3.3 – Perímetro.....	24
4.3.4 – Declividade.....	25
4.3.5 – Cobertura vegetal e uso do solo.....	25
4.3.6 – Forma da bacia.....	26
4.3.7 – Tempo de concentração.....	26

4.3.8 – Densidade de drenagem.....	27
4.3 – Isoietas.....	28
5 – METODOLOGIA.....	29
5.1 – Área de estudo.....	29
5.2 – Obtenção e tratamento de dados.....	30
5.3 – Caracterização do meio físico e cobertura vegetal.....	32
5.3.1 – Clima.....	32
5.3.2 – Pluviometria.....	33
5.3.3 – Temperatura.....	33
5.3.4 – Insolação.....	35
5.3.5 – Evaporação.....	35
5.3.6 – Vegetação.....	36
5.3.7 – Socioeconomia.....	37
5.3.7.a – População.....	37
5.3.7.b – Área destinada à agricultura.....	40
5.3.7.c – Efetivo animal.....	40
5.3.7.d – Consumo de água.....	44
6 – RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	45
6.1 – Maiores vazões registradas.....	45
6.2 – Vazões médias mensais.....	51
6.3 – Curva de permanência.....	53
6.4 – Estimativa do volume de água escoado durante o período de chuvas de março de 2020.....	55
7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	57
8 – REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58

1 – INTRODUÇÃO

O estudo hidrológico de bacias hidrográficas e seus rios e afluentes é de extrema importância na engenharia civil. Diversas áreas necessitam de dados hidrológicos para que construções sejam executadas.

Uma estrada que está para ser construída necessita de uma boa drenagem da via, evitando que ocorram alagamentos na superfície do pavimento, que pode causar diversos problemas como a deterioração do pavimento e a aquaplanagem (a perda de aderência entre o pavimento e os pneus do carro devido a lâmina d'água formada) de veículos que estão trafegando naquele local, evitando graves acidentes.

Uma ponte sobre um rio necessita de dados históricos de vazão máxima no local para que, em caso de grandes chuvas, a ponte não perca sua estabilidade e venha a ruir devido aos esforços normais gerados pela passagem da água em sua estrutura.

Uma cidade planejada busca dados pluviométricos da região para projetar corretamente a drenagem do local e não estar sujeito a grandes alagamentos ou enchentes, caso seja estabelecida próximo a um curso d'água

Com o estudo das vazões da Bacia Hidrográfica do Rio Ipanema e seu rio principal pode ser possível compreender melhor seu comportamento, suas vazões máximas ao longo da história e tornar possível que problemas futuros devido a enchentes sejam amenizados ou até evitados.

2 – OBJETIVOS

2.1 – Objetivo geral

O presente trabalho tem como objetivo o estudo de vazões da Bacia Hidrográfica do Rio Ipanema, principalmente no mês de março de 2020, onde houve uma inundação histórica. Com isso, busca-se verificar a vazão contribuída para o rio São Francisco pelo rio Ipanema.

Também objetiva obter informações da caracterização física e vegetal da região, além de buscar informações do uso da água pelo ser humano e para agropecuária local.

2.2 – Objetivos específicos

- Analisar os dados de séries históricas, obtidas no HidroWEB, das estações fluviométricas da Bacia do Rio Ipanema;
- Geração de tabelas e gráficos para visualização das informações obtidas através dos dados das estações fluviométricas, como hidrogramas e curvas de permanência;
- Análise da região da bacia hidrográfica do rio Ipanema.

3 – JUSTIFICATIVA

No final de março de 2020 os moradores dos municípios de Santana do Ipanema Batalha e outros que se localizam próximo ao rio Ipanema foram surpreendidos por fortes chuvas. Por conta dessas chuvas o rio Ipanema chegou a transbordar. Moradores da cidade relataram que em décadas vivendo nessa cidade nunca haviam presenciado uma vazão tão alta do rio Ipanema. Devido ao transbordo do rio, diversas ruas e casas ficaram parcialmente ou totalmente submersas, causando diversos inconvenientes.

No dia 29 de março, a Defesa Civil informou que estava previsto uma elevação do nível do rio Ipanema nas próximas horas, inclusive com possibilidade de inundação de casas que estivessem muito próximas do leito do rio. O Corpo de Bombeiros pediu para que a população ficasse em alerta e deixasse suas casas em caso de risco de vida. Além disso, foi solicitado para que não espalhassem informações falsas, atrapalhando o trabalho de prevenção e resgate, se chegasse a esse ponto.

No dia 30 de março, essa previsão se confirmou. O rio Ipanema, um rio intermitente que passa a maior parte do ano com vazão nula, como pode ser visto na Figura 01, atingiu vazões que poderiam causar danos maiores se não houvesse o alerta dado pelos órgãos de monitoramento.

Figura 01 – Rio Ipanema em períodos de seca



Fonte: Michell (2021)

As Figuras 02 e 03 mostram o volume de água no leito do rio Ipanema, enquanto a Figura 04 mostra os alagamentos gerados por essa inundação.

Logo, o presente estudo foi desenvolvido para entender melhor a região da bacia hidrográfica do rio Ipanema, tanto através de análise das estações fluviais quanto do estudo das características do meio físico e da socioeconomia da região.

Figura 02 – Rio Ipanema em sua cheia de 2020



Fonte: Michell (2021)

Figura 03 – Leito do rio Ipanema



Fonte: Michell (2021)

Figura 04 – Alagamentos gerados pela cheia de 2020



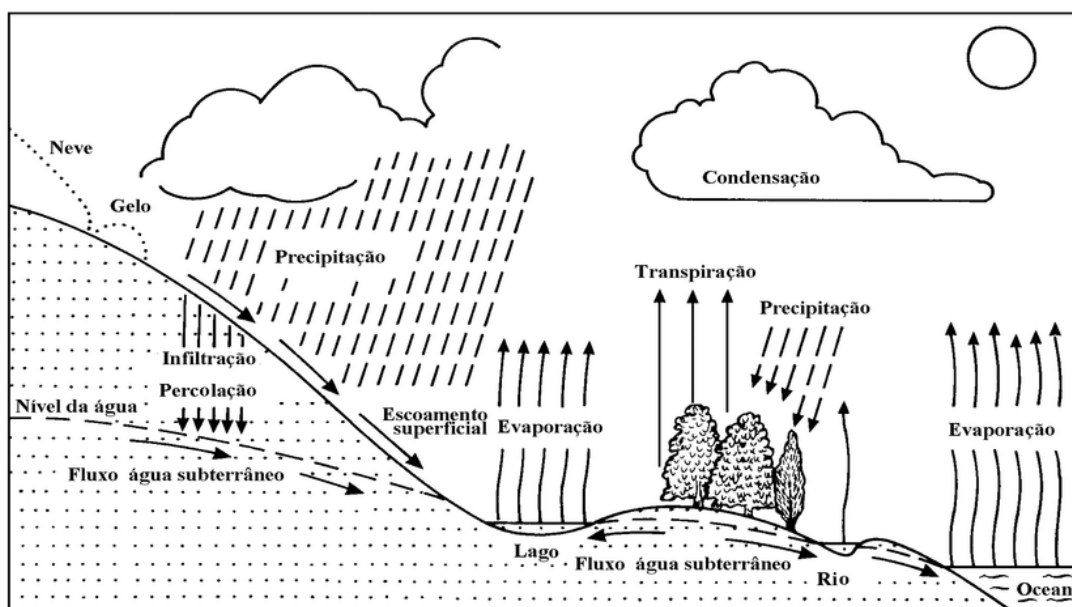
Fonte: Michell (2021)

4 – REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1 – Ciclo hidrológico

Segundo Tucci (2001), o ciclo hidrológico é o fenômeno fechado em que a água circula no planeta, com o auxílio da atmosfera, que não deixa a água evaporada escapar para fora. Alguns dos fatores que influenciam e definem o ciclo hidrológico da sua forma existente são a incidência dos raios solares, a rotação da terra e a gravidade. A incidência dos raios solares fará com que a água presente na superfície evapore, a rotação da terra gera os ventos que transfere a água evaporada para outros locais, e a gravidade faz com que a água evaporada volte a cair sobre a superfície terrestre.

Figura 05 – Esquema do ciclo hidrológico



Fonte: Tucci (2001)

Como pode ser visto na Figura 05, o ciclo hidrológico é formado pelas seguintes etapas:

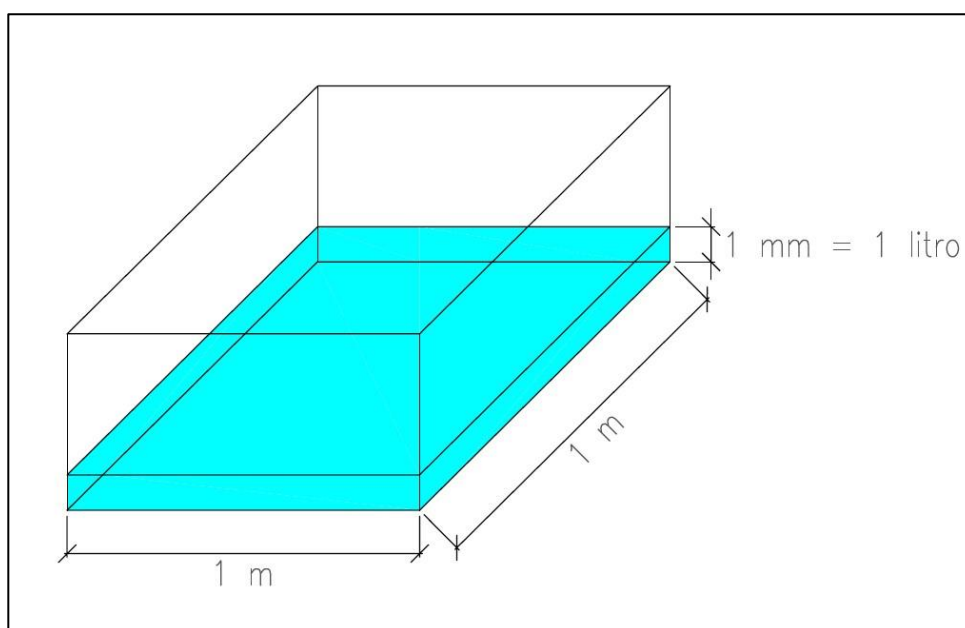
4.1.1 – Precipitação

Também chamada de chuva, é o desprendimento dos vapores condensados nas nuvens presentes na atmosfera, que retornam para a superfície terrestre devido à

gravidade. A água em forma de vapor se acumula em aglomerados conhecidos por gotas d'água, que vão se tornando cada vez mais pesadas até o ponto que começam a realizar o movimento descendente.

A precipitação é normalmente medida em milímetros de lâmina d'água. Como pode ser observado na Figura 06, cada milímetro precipitado corresponde a um litro de água numa área de 1 m². Ou seja, para um terreno comum de 150 m², uma precipitação de 25 mm neste local seria, aproximadamente, o volume de água presente em uma piscina olímpica (50 m de largura x 25 m de comprimento x 3,05 m de profundidade, totalizando 3812,5 litros).

Figura 06 – Lâmina d'água



Fonte: Autor (2021)

4.1.2 – Infiltração

A infiltração se dá pela percolação da água através do solo. A infiltração ocorre até o ponto em que o solo é saturado, e possui uma taxa de infiltração de acordo com o tipo de solo. Logo, se a água precipitada for maior que a quantidade de água que pode ser infiltrada em um determinado tempo, esta parcela restante irá escoar. Diversos fatores podem afetar a infiltração da água de solo, que tem como destino as águas subterrâneas, como a impermeabilização do solo, o tipo de solo, a presença ou não de vegetação e o uso do solo.

4.1.2.a – Impermeabilização do solo

Muito comum em áreas urbanas com a presença de calçadas, pavimentos, habitações, entre outros. O solo impermeabilizado faz com que a água precipitada, quase que em sua totalidade, escoe superficialmente por não permitir a infiltração naquele local. Caso o local não tenha um sistema de drenagem efetivo ou, caso tenha, a precipitação exceda a quantidade de chuva que pode ser drenada, podem ocorrer alagamentos. Algumas alternativas de pavimentação auxiliam na drenagem da água da chuva, como os pavimentos permeáveis.

4.1.2.b – Tipo de solo

O solo, por ser um material poroso, permite o escoamento de fluídos através dele. Cada tipo de solo possui um coeficiente de permeabilidade, que pode ser definido através do uso da Lei de Darcy.

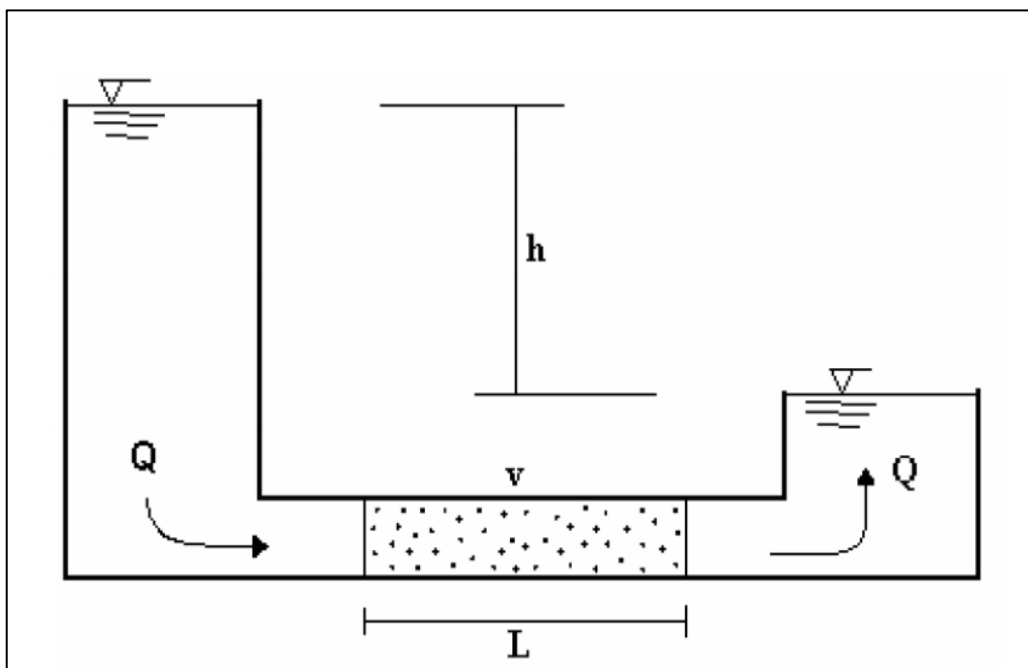
Conforme Tonin (2013), a Lei de Darcy proposta por Henry Darcy, consiste num esquema como mostrado na Figura 07.

Considerando um fluxo de água constante com vazão Q , transitando da esquerda para a direita, e passando através de um solo de largura L e área da seção transversal A . Darcy, então, observou que a água transitava pelo solo com uma vazão que pode ser definida pela Equação 1.

$$Q = k * \frac{\Delta h}{L} * A \quad (1)$$

Onde Q é a vazão, em cm^3/s ; k é coeficiente de permeabilidade, em cm/s ; Δh é carga dissipada na percolação, em cm ; L é a distância linear na qual a carga é dissipada, em cm ; e A é a área da seção transversal do solo, em cm^2 .

Figura 07 – Experimento proposto por Henry Darcy



Fonte: Tonin (2013)

O coeficiente de permeabilidade (k) varia de acordo com o tipo de solo. Ele pode ser determinado através da Equação 1 e seu valor numérico define quão permeável é determinado solo. Logo, um solo mais permeável terá uma vazão maior, tornando possível uma maior infiltração de água.

Tabela 01 – Valores do coeficiente de permeabilidade para alguns tipos de solo

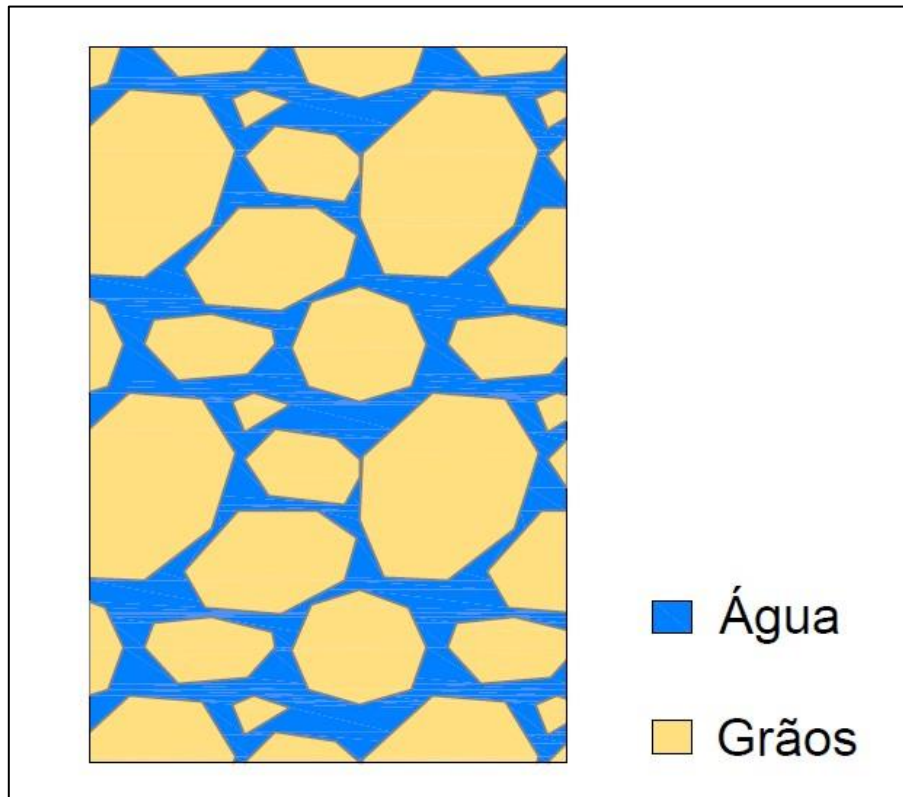
Material	Intervalo (cm/s)	Média (cm/s)
Cascalho	$(0,3 - 31,2) * 10^{-1}$	$2,88 * 10^{-3}$
Areia fina	$(0,2 - 189) * 10^{-4}$	$5,20 * 10^{-2}$
Areia grossa	$(0,9 - 6610) * 10^{-4}$	$4,03 * 10^{-1}$
Silte	$(0,1 - 7090) * 10^{-7}$	$2,83 * 10^{-5}$
Argila	$(0,1 - 47) * 10^{-8}$	$9,00 * 10^{-8}$

Fonte: Tucci (2004)

Ao compararmos os valores médios do coeficiente de permeabilidade da areia fina com a argila, vemos que a argila possui um coeficiente de permeabilidade muito menor. Ou seja, a água irá percolar numa velocidade muito menor. Com isso, a infiltração da água num solo arenoso será muito mais elevada que a infiltração num solo argiloso, que chega ao nível de ser até impermeável.

Isso se dá pelo fato da areia ser um material com maior índice de vazios que a argila, permitindo que a água transite entre seus grãos. Por conta de a argila ser um material muito fino, seus grãos se agrupam de uma forma que, praticamente, todos os seus vazios são preenchidos, justificando sua baixa permeabilidade.

Figura 08 – Água infiltrada em vazios deixados pelos grãos do solo



Fonte: Autor (2021)

4.1.2.c – Presença de vegetação

A vegetação tem um papel importante na quantidade de água que infiltrará no solo. Um local com muita vegetação fará com que a água precipitada pare em sua estrutura, num processo chamado de interceptação vegetal. Com isso, a água chega ao solo numa velocidade menor, permitindo que mais água infiltre no mesmo, já que demorará mais tempo para que o solo esteja saturado.

4.1.2.d – Uso do solo

A atividade ao qual determinado solo está sendo usado pode dificultar a infiltração. Numa área de criação de animais, o constante movimento naquele local fará com que o solo seja compactado. Com isso, a infiltração será dificultada.

4.1.3 – Escoamento superficial

Segundo Tucci (2001), o escoamento superficial manifesta-se na forma de filetes d'água que são levados de cotas mais altas até cotas mais baixas através da gravidade. Essa água que é escoada erode o solo de forma que, com o tempo, são formados os cursos d'água que convergem até um rio principal, que transfere essa água até o oceano.

4.1.4 – Evaporação

A evaporação é o processo que ocorre quando a água atinge seu ponto de ebulição, mudando seu estado físico de líquido para gasoso. Esse vapor de água, então, forma as nuvens através do processo chamado de condensação.

4.1.5 – Transpiração

A transpiração corresponde à parcela de água que é liberada pelas plantas. Segundo o Biólogo Fonseca (c.2021), a transpiração vegetal é a cessão da água ao meio ambiente através das folhas. Esse processo ocorre para balancear as substâncias presentes nessas plantas, para não ocorrer excesso. Também ocorre para eliminar o excesso de calor, evitando superaquecimentos.

4.1.6 – Evapotranspiração

Nada mais é que a soma da evaporação e da transpiração.

4.1.7 – Condensação

É o processo de formação das nuvens. Como as moléculas de água em seu estado gasoso são mais leves que o ar, elas realizam um movimento ascendente, se agrupando com outras moléculas de água. Essas moléculas resfriam e voltam ao seu estado líquido. Com um grande número de moléculas agrupadas, elas ficam visíveis no céu e são conhecidas como nuvens.

4.2 – Diferenças entre enchente, inundação, alagamento e enxurrada

É importante definir as diferenças entre os termos enchentes (ou cheias), inundação, alagamento e enxurrada. Segundo a Semasa (Serviço Municipal de Saneamento Ambiental de Santo André, 2015), a enchente e a inundação estão associadas ao curso d'água, como rios, enquanto o alagamento está associado ao perímetro urbano.

4.2.1 – Enchente

As enchentes, também conhecidas como cheias, podem ser definidas como o aumento temporário do nível de um canal de drenagem, atingindo sua cota máxima, mas sem ocorrer o transbordo.

4.2.2 – Inundação

A inundação, no entanto, ocorre após o transbordo do canal de drenagem. Ou seja, após o volume de água superar a cota máxima de um canal de drenagem, passando assim de uma enchente para uma inundação.

4.2.3 – Alagamento

O alagamento nada mais é que uma situação temporária ocorrida na zona urbana devido a uma drenagem deficiente. Isso pode ocorrer tanto por o sistema de drenagem possuir obstruções, como acúmulo de lixo em bocas de lobo; por falhas no

dimensionamento de determinado trecho, que ocorre em algumas ruas que ficam até conhecidas por alagarem sempre que chove; ou até devido ao dimensionamento para aquele local ter sido feito para um escoamento para um determinado tempo de retorno inferior ao tempo de retorno da chuva que está ocorrendo naquele momento.

4.2.4 – Enxurrada

A enxurrada é o movimento turbulento da água, que avança com elevada energia cinética, podendo causar destruição devido à força associada a essa grande energia. Ocorre principalmente em cursos d'água que possuem grande declividade, gerando uma maior velocidade de escoamento. O risco de enxurradas pode ser diminuído utilizando-se de mecanismos que proporcione a perda de energia desse movimento, como acontece em grandes barreiras utilizando-se de escadas hidráulicas de drenagem.

Figura 09 – Diferenças entre enchente, inundação e alagamento

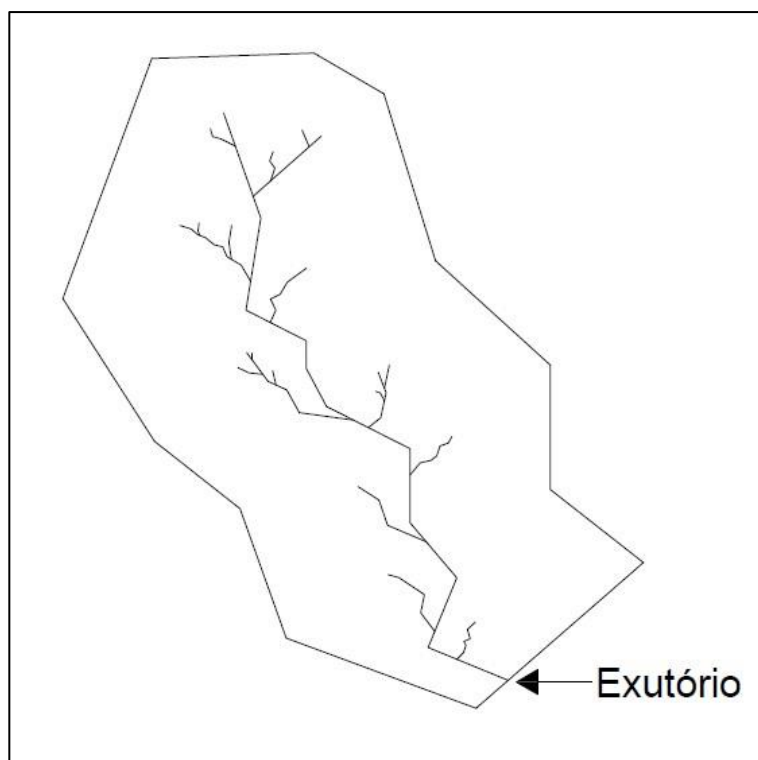


Fonte: Semasa (2015)

4.3 – BACIA HIDROGRÁFICA

Segundo Tucci (2001), uma bacia hidrográfica é composta por uma área de captação natural da água da precipitação que escoam até o exutório, o ponto final de saída de toda essa precipitação. Ela é composta de um conjunto de superfícies vertentes e de uma rede de drenagem formada por diversos caminhos em que a água traça sua trajetória. As regiões mais elevadas formam os chamados divisores de águas, que vem a ser os limites externos de uma bacia hidrográfica, pois a água da chuva que precipitar além dos seus limites pertencerá a uma diferente bacia hidrográfica. No entanto, podem haver pontos internos mais altos, como alguns picos, que não serão considerados um divisor de águas. Os pontos de mais baixas altitudes são chamados de fundos de vale, e normalmente é através deles que escoam a água da chuva, formando os rios.

Figura 10 – Bacia hidrográfica genérica



Fonte: Autor (2021)

As características físicas das bacias hidrográficas são parâmetros pertencente a cada uma delas que as define. Esses parâmetros podem ser obtidos por medição no

local ou pelo auxílio de fotogrametria, imagens de satélite, imagens extraídas de mapas, entre outros.

Entre as principais características físicas das bacias hidrográficas estão a área de drenagem, o comprimento axial, o perímetro, a declividade, a cobertura vegetal e uso do solo, a forma da bacia, o tempo de concentração, a densidade de drenagem, entre outros.

4.3.1 – Área de drenagem

É a área plana interna aos seus divisores de águas. Segundo Pedrazzi (2004), no traçado do divisor de águas (também chamado de D.A.): o divisor de águas não corta nenhum curso d'água; os pontos mais elevados geralmente são, também, parte do divisor de águas; quando entre duas curvas de mesmo nível, o divisor de águas deve passar igualmente afastado e deve corta-las o mais perpendicularmente possível.

4.3.2 – Comprimento axial

É dado como o comprimento do rio principal da bacia, somado com a distância da sua nascente até o divisor de águas.

4.3.3 – Perímetro

O perímetro é a soma dos comprimentos laterais da bacia hidrográfica, ou seja, o comprimento das extremidades formadas pelos divisores de águas. Logo, seu valor numérico será dado pela Equação 2.

$$P = \sum_{i=1}^n L_i \quad (2)$$

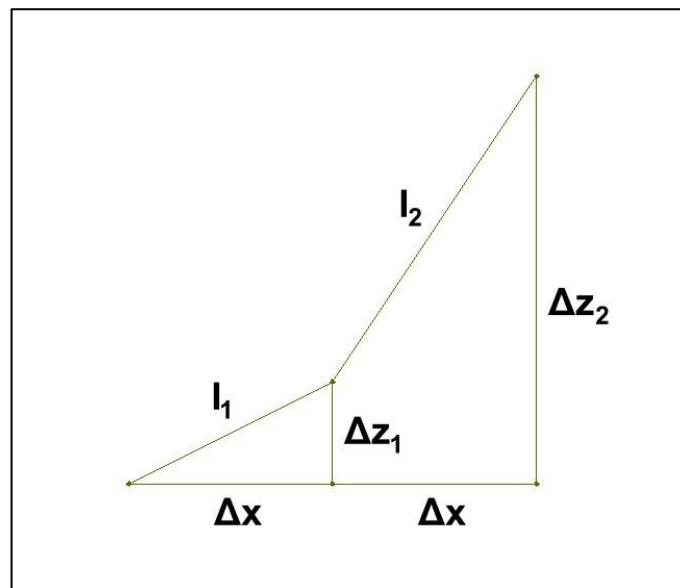
Onde P é o perímetro da bacia, em km.

4.3.4 – Declividade

A declividade (I) da bacia hidrográfica é um dos fatores responsáveis por determinar a velocidade do escoamento e do tempo de concentração. É a razão entre a diferença de elevação de duas curvas de nível (Δz) e a menor distância longitudinal entre as mesmas (Δx).

Como visto na Figura 11, os dois pontos possuem a mesma distância longitudinal. No entanto, Δz_2 possui uma cota maior que Δz_1 . Logo, I_2 terá uma inclinação maior que I_1 .

Figura 11 – Exemplo de declividades



Fonte: Autor (2021)

4.3.5 – Cobertura vegetal e uso do solo

Como dito anteriormente, a perda da cobertura vegetal influencia na infiltração da precipitação no solo, assim como aumenta a velocidade de escoamento superficial, por haver menos “barreiras” físicas, diminuindo a perda de energia cinética.

Além disso, o desmatamento causado para exploração do local diminui a área de árvores na região, diminuindo a interceptação vegetal e, logo, transferindo essa parcela de água para o solo, aumentando a quantidade de água escoada, já que a maior interceptação vegetal causa uma lentidão no escoamento, permitindo que mais

água precipitada possa infiltrar no solo, já que será menor a chance de ocorrer sua saturação.

Por fim, a presença de vegetação garante uma melhor estabilidade do solo, evitando deslizamentos em encostas e a erosão e posterior assoreamento dos rios.

4.3.6 – Forma da bacia

A forma da bacia hidrográfica pode ser representada numericamente através do Fator de Forma (k_f). Esse fator de forma é calculado através da Equação 3.

$$k_f = \frac{A}{L^2} \quad (3)$$

Onde k_f é o fator de forma da bacia; A é a área da bacia, em metros; L é o comprimento do rio principal, em metros.

Segundo Tonin (2013), bacias hidrográficas alongadas são menos susceptíveis a inundações, já é menos provável que chuvas intensas cubram toda sua área. Logo, quanto menor o valor do fator de forma, mais alongada será a bacia.

A Tabela 02 apresenta os valores do fator de forma que a bacia hidrográfica pode assumir.

Tabela 02 – Fator de forma

Fator de forma (f_k)	Probabilidade de enchentes
1,00 – 0,75	Sujeito a enchentes
0,75 – 0,50	Tendência intermediária
< 0,50	Pouco sujeito a enchentes

Fonte: Laina e Filho (1999)

4.3.7 – Tempo de concentração

De acordo com Tucci (2001), o tempo de concentração (t_c) é o tempo necessário para que a gota de chuva que foi precipitada no ponto mais distante da bacia hidrográfica em questão escoe até o exutório ou local de medição.

Entre os fatores que estão associados ao valor do tempo de concentração estão: o comprimento da bacia, já que um comprimento maior resultará num tempo de concentração maior; a declividade da bacia, já que bacias com declividades maiores

farão a água escoar com maior velocidade e, logo, percorrendo a mesma distância em menos tempo que uma bacia com menor declividade.

Uma das equações mais usadas para cálculo do tempo de concentração é a fórmula de Kirpich.

Segundo Mota e Kobiyama (2015, p. 56 – 57), Phillip Zalman Kirpich foi um engenheiro hidráulico, e publicou um artigo de apenas uma página, no ano de 1940, que apresentava um gráfico e uma curva de regressão. A fórmula de Kirpich é mais precisamente aplicada em pequenas bacias rurais, mas pode ser usada para estimar⁽⁴⁾ o tempo de concentração de outros tipos de bacia semelhantes. Através do trabalho de Kirpich, que também foi baseado nos dados de Ramser (1927), Rowe e Thomas (1942) apresentaram uma fórmula (Equação 4) para o cálculo do tempo de concentração.

$$t_c = \left(\frac{11,9 * L^3}{\Delta h} \right)^{0,385}$$

Onde t_c é o tempo de concentração, em horas; L é o comprimento axial do rio principal, em milhas; e Δh é a diferença de cota entre o ponto mais elevado e o exutório, em pés.

No entanto, a Equação 4 está nas unidades do Unidades de Medida Imperial. Tucci (2004) apresenta uma conversão mais usual para as unidades do SI, que pode ser visto na Equação 5.

$$t_c = 57 * \left(\frac{L^3}{\Delta h} \right)^{0,385} \quad (5)$$

Onde t_c é o tempo de concentração, em minutos; L é o comprimento axial do rio, em km; e Δh é a diferença de cota entre o ponto mais elevado e o exutório, em m.

4.3.8 – Densidade de drenagem

A densidade de drenagem é uma forma de medir o quão eficiente é a drenagem de uma bacia. Quanto menor seu valor, menos eficiente é a drenagem da região. O valor da densidade de drenagem pode ser obtido ao dividir o comprimento total dos cursos d'água da bacia pela área da bacia.

$$D = \frac{\sum L_{\text{cursos}}}{A} \quad (6)$$

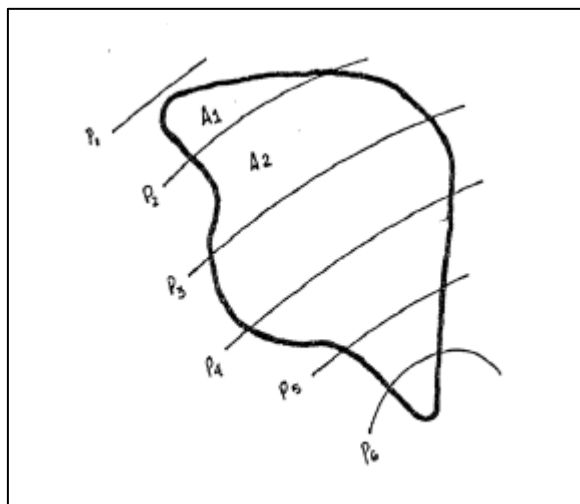
Onde D é a densidade de drenagem, em km/km²; $\sum L_{\text{cursos}}$ é a soma de todos os cursos de água da bacia, em km; e A é a área da bacia, em km².

4.4 – ISOIETAS

Segundo Correntino (2011), o método das isoietas é um método de cálculo e representação da precipitação média em uma bacia hidrográfica. Para seu cálculo é necessário a utilização de dados de observações de várias estações pluviométricas e/ou meteorológicas da região. Com isso, são traçadas curvas semelhantes às curvas de nível topográficas, que representam a altura da chuva.

A representação através das isoietas é muito útil, pois apresenta a precipitação média de um vasto local para tomada de decisões mais rápidas. Um exemplo genérico desse tipo de representação pode ser observado na Figura 12.

Figura 12 – Isoietas



Fonte: Correntino (2011)

5 – METODOLOGIA

5.1 – Área de estudo

A bacia hidrográfica do rio Ipanema se localiza nos estados de Pernambuco e Alagoas (Figura 13). Sua maior porção pertence ao estado de Pernambuco (aproximadamente 6174,3 km²), enquanto sua parte sul, em Alagoas (aproximadamente 1670,8 km²), se estende até o rio São Francisco, sendo sua área total aproximada de 7845,1 km². Situa-se entre as latitudes 08°18'04"S e 09°23'24"S, e entre as longitudes 36°36'28"W e 37°27'54"W.

Figura 13 – Localização da bacia hidrográfica do rio Ipanema



Fonte: Menke et al. (2008)

O rio Ipanema é o rio principal da bacia. Sua nascente se localiza na serra do Orobara, próximo ao município de Pesqueira-PE, e percorre aproximadamente 239 km ao longo dos municípios pernambucanos de Alagoinha, Venturosa, Pedra, Buíque,

Tupanatinga e Águas Belas, e dos municípios alagoanos de Poço de Trincheiras, Santana do Ipanema, Olivença, Major Isidoro, Batalha e Belo Monte, até desaguar no rio São Francisco.

Os municípios presentes na bacia hidrográfica do rio Ipanema estão dispostos na Tabela 03.

Tabela 03 – Municípios pertencentes à bacia hidrográfica do rio Ipanema divididos por estado

PERNAMBUCO		ALAGOAS	
Águas Belas	<u>Paranatama</u>	Batalha	Olho d'Água das Flores
Alagoinhas	Pedra	Belo Monte	Olivença
Arcoverde	Pesqueira	Cacimbinhas	Ouro Branco
Bom Conselho	<u>Saloá</u>	Carneiros	Palestina
Buíque	Terezinha	Dois Riachos	Pão de Açúcar
Garanhuns	Tupanatinga	Jacaré dos Homens	Poço das Trincheiras
<u>Iati</u>	Venturosa	Major Isidoro	Santana do Ipanema
Inajá		Maravilha	São José da Tapera
Itaíba		Monteirópolis	Traipu

Fonte: Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Ipanema (adaptado pelo autor) (1998)

5.2 – Obtenção e tratamento de dados

Os dados de séries históricas obtidos através do HidroWEB mostram 15 estações fluviométricas e pluviométricas na bacia hidrográfica do rio Ipanema. Dentre as estações, nenhuma das estações pluviométricas possui dados disponíveis, restando apenas o estudo das estações fluviométricas. Destas, apenas seis constam dados disponíveis e foram agrupados na Tabela 04 com o código da estação, sua localização e que tipo de dado está disponível. Está marcado com um “x” o tipo de dado que aquela estação possui.

Tabela 04 – Estações fluviométricas com dados disponíveis

Estação	Localização	DADOS DISPONÍVEIS					
		Cotas	Curva descarga	Perfil transversal	Qualidade da água	Resumo descarga	Vazões
49380000	HORIZONTE ALEGRE	x	x	x	x	x	x
49480000	ÁGUAS BELAS		x	x	x	x	x
49490000	SANTANA DO IPANEMA	x	x	x	x	x	x
49525000	BATALHA	x	x	x	x	x	x
49384000	AÇUDE INGAZEIRA	x			x		
49490002	SANTANA DO IPANEMA				x		

Fonte: Autor (2021)

Das seis estações contidas na Tabela 04, apenas quatro delas serão analisadas com mais profundidade, por possuírem praticamente todos os tipos de dados disponíveis.

São elas as estações:

- 49380000 – Horizonte Alegre
- 49480000 – Águas Belas
- 49490000 – Santana do Ipanema
- 49525000 – Batalha

A Tabela 05 mostra o intervalo de tempo em que há dados disponíveis para as quatro estações citadas

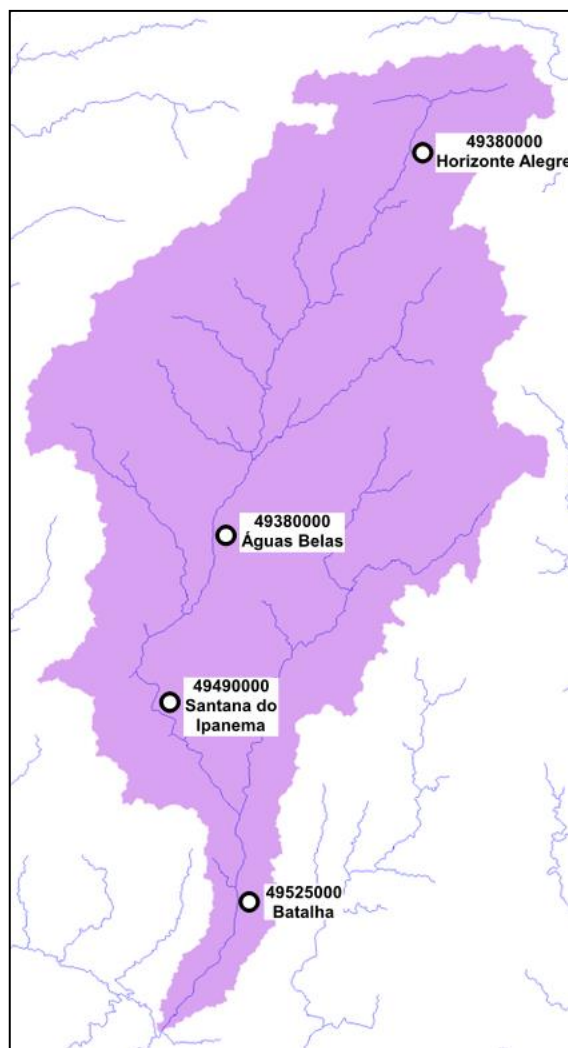
Tabela 05 – Intervalo de tempo dos dados das quatro estações

Estação	Intervalo de tempo
49380000 – Horizonte Alegre	2005 – 2020
49480000 – Águas Belas	1977 – 2020
49490000 – Santana do Ipanema	1977 – 2020
49525000 – Batalha	2015 – 2020

Fonte: Autor (2021)

A Figura 14 marca a localização das 4 estações citadas. A distribuição delas ao longo do rio Ipanema é bastante favorável, por conter leituras nos pontos próximos ao início, meio e final do rio

Figura 14 – Localização das estações fluviométricas



Fonte: Cavalcante et al. (2013)*

*alterada pelo autor

5.3 – Caracterização do meio físico e cobertura vegetal

5.3.1 – Clima

Segundo o Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Ipanema (1998), toda a bacia hidrográfica do rio Ipanema está inserida dentro do clima semiárido.

Conforme Sena (2011), a precipitação anual média do clima semiárido é de 800 mm. Nos períodos chuvosos, sua precipitação anual pode chegar a 1000 mm, enquanto em períodos secos pode ser de, apenas, 200 mm. Os períodos de maior chuva duram de 3 a 5 meses, geralmente de janeiro a maio. Já os períodos secos duram de 7 a 9 meses, geralmente de junho a dezembro.

5.3.2 – Pluviometria

Segundo o Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Ipanema (1998), a partir da observação de dados de estações pluviométricas e climatológicas, foi observado que a precipitação média anual da bacia hidrográfica do rio Ipanema é de aproximadamente 600 mm.

Analisando a isoietas da precipitação média anual, como visto na Figura 15, pode-se observar que este valor pode variar, chegando a 400 mm, nas regiões centro-norte e no extremo sul da bacia; e se elevando até 1100 mm, na porção noroeste da bacia.

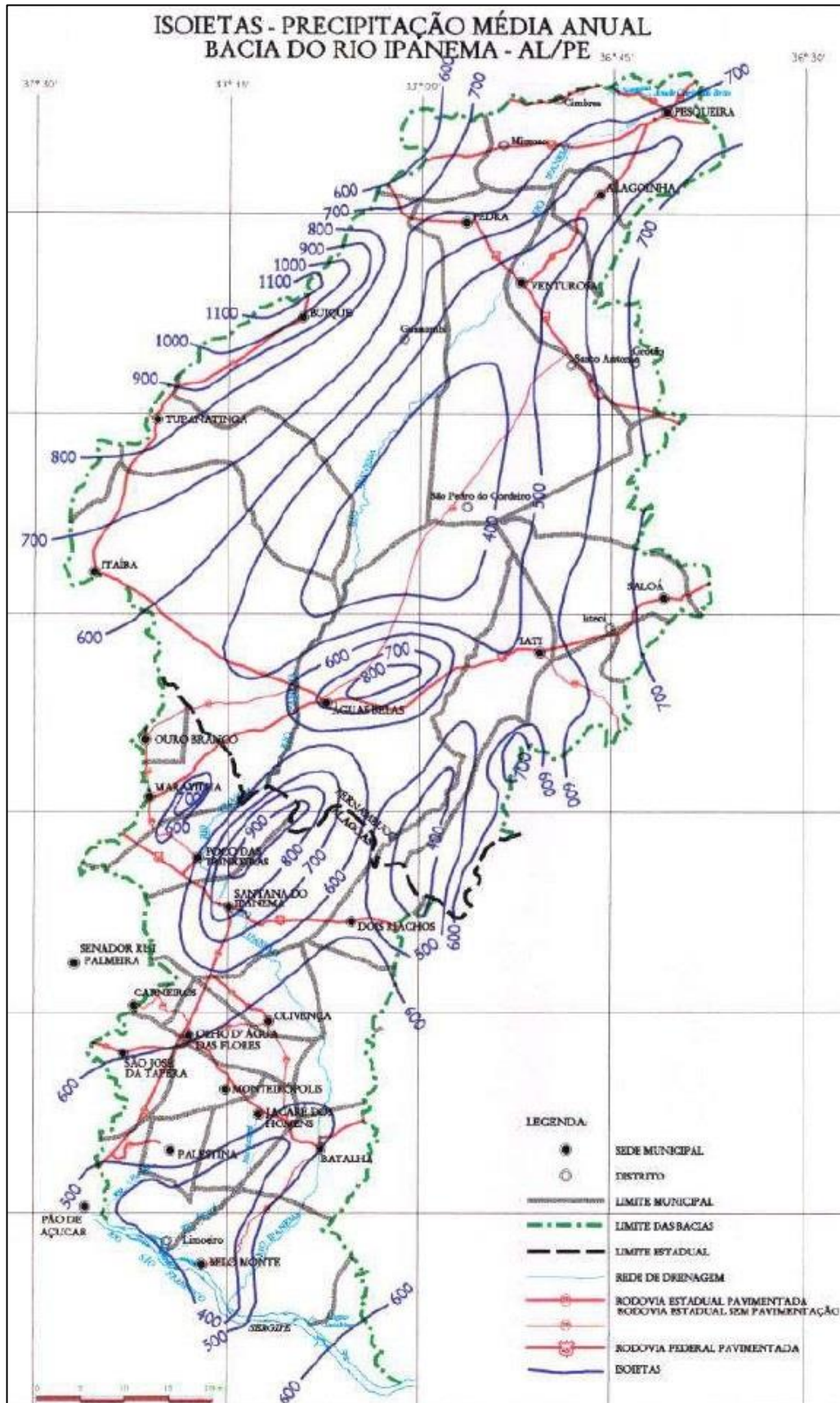
5.3.3 – Temperatura

No clima semiárido, as temperaturas médias anuais na bacia são sempre superiores a 18°C e com amplitude térmica superior a 5°C.

De acordo com o Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Ipanema (1998), as maiores médias anuais superam os 26°C e ocorrem no extremo sul da bacia, enquanto as menores médias anuais podem ser inferiores a 21°C e ocorrem no extremo norte da bacia.

Ao longo do ano as menores temperaturas são observadas no segundo semestre, entre julho e setembro na área norte da bacia e entre agosto e outubro na área sul da bacia. Já as maiores temperaturas ocorrem no início do ano, entre janeiro e março na parte norte da bacia e entre fevereiro e abril na área sul da bacia.

Figura 15 – Isoietas: Precipitação média anual da bacia do rio Ipanema



Fonte: Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Ipanema (1998)

5.3.4 – Insolação

A insolação está associada à incidência de raios solares em determinado local, que afeta diretamente a temperatura e, conseqüentemente, a quantidade de água evaporada na região.

Conforme o Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Ipanema (1998), o período de maior insolação ocorre entre janeiro e março na porção sul, e entre outubro e dezembro na porção norte.

Além disso, a insolação na porção oeste é maior que na porção leste. Isso é evidenciado através da insolação anual observada nas estações meteorológicas de Arco Verde e Pão de Açúcar, localizadas na porção oeste, e a de Garanhuns e Palmeira dos Índios, localizadas na porção leste, como pode ser observado na Tabela 06.

Tabela 06 – Insolação em horas por estação

Estação	Insolação (horas)
Arcoverde	2768,4
Pão de Açúcar	2717,2
Garanhuns	2341,8
Palmeira dos Índios	2487,8

Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Ipanema (1998)

Tabela 07 – Água evaporada por estação

Estação	Água evaporada (mm)
Arcoverde	1828
Pão de Açúcar	2717
Garanhuns	2342
Palmeira dos Índios	2488

Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Ipanema (1998)

5.3.5 – Evaporação

Segundo o Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Ipanema (1998), a quantidade de água evaporada na bacia aumenta de oeste para leste. Os períodos de maior evaporação ocorrem nos meses de verão.

Através de análise de valores das mesmas estações meteorológicas citadas, chegou-se ao valor da evaporação média anual das estações meteorológicas de Arco Verde, Pão de Açúcar, Garanhuns e Palmeira dos Índios, conforme Tabela 07.

5.3.6 – Vegetação

Por se localizar numa região de clima semiárido, seu bioma predominante é o da caatinga.

De acordo com Sena (2011), a caatinga é uma vegetação que predomina no Nordeste do Brasil. Seu nome vem do tupi, que significa “mata branca”, por conta das suas plantas perderem as folhas nas estações secas, evitando assim a perda excessiva de água. Devido a isso, em sua paisagem prevalece a aparência clara e esbranquiçada das árvores. No entanto, em períodos chuvosos, as folhas dessas plantas voltam a surgir, com a paisagem mudando para um tom mais esverdeado. Essa diferença paisagística pode ser observada melhor na Figura 16, onde é mostrado, num mesmo plano, a caatinga em períodos secos (à esquerda) e em períodos chuvosos (à direita).

No entanto, algumas plantas não perdem suas folhas devido ao fato de ter raízes profundas, capazes de retirar água do lençol freático. Um exemplo desse tipo de planta é o Juazeiro (também conhecido como Juá), ilustrado na Figura 17.

Outros tipos de plantas encontradas na caatinga são as cactáceas, que armazenam água em seu interior e ajudam animais a saciar a sede em épocas mais secas. Um exemplo desse tipo de planta é o Mandacaru, como pode ser visto na Figura 18, conhecido como símbolo da caatinga e do sertanejo.

Figura 16 – Caatinga em época de seca e de chuvas



Fonte: Araújo (2018)

Figura 17 – Juazeiro (Juá)



Fonte: Costa (2011)

Figura 18 – Mandacaru



Fonte: Araújo (2018)

5.3.7 – Socioeconomia

5.3.7.1 – População

De acordo com a Contagem Populacional promovida pelo IBGE em 1996, a população total das cidades pertencentes à bacia era de 754.387 habitantes. Após consulta ao site do IBGE, foi possível atualizar o número de habitantes de cada cidade, tanto para o último censo, ocorrido em 2010, quanto pela população estimada para o ano de 2020, já que ainda não ocorreu um novo censo, que está previsto apenas para 2022. Esses dados foram reunidos e dispostos na Tabela 10.

Já na Tabela 08 foram destacadas as cidades mais populosas, considerando para tal aquelas que possuem mais de 40 mil habitantes, tanto pelo censo de 2010, quanto pela estimativa da população para 2020.

Na Tabela 09 foi feito a soma da população das cidades de Pernambuco e Alagoas pertencentes à bacia, separadamente, e comparado com sua população total, de acordo com a População Estimada de 2020. Com isso, concluiu-se que 6,5% da população pernambucana e 8,8% da população alagoana está inclusa nessa região, mostrando, assim, sua importância.

Tabela 08 – Cidades com população acima de 40 mil habitantes

Cidades com população acima de 40 mil habitantes			
CIDADE	Cont. Populacional IBGE (1996)	Censo IBGE (2010)	População estimada (2020)
Garanhuns	110.084	129.408	140.577
Arcoverde	58.722	68.793	74.822
Pesqueira	55.954	62.931	67.735
Buíque	38.480	52.105	58.919
Bom Conselho	41.101	45.503	48.767
Santana do Ipanema	38.231	44.932	47.819
Águas Belas	35.965	40.235	43.686

Fonte: IBGE (adaptado pelo autor) (2021)

Tabela 09 – Porcentagem da população dos estados de Pernambuco e Alagoas inserida na bacia

POPULAÇÃO ESTIMADA (2020)	PERNAMBUCO	ALAGOAS
População que habita a bacia	621.924	294.201
População total estadual	9.616.621	3.351.543
Parcela da população que habita a bacia	6,5%	8,8%

Fonte: IBGE (adaptado pelo autor) (2021)

Tabela 10 – População das cidades pertencentes à bacia hidrográfica do rio Ipanema em 1996, 2010 e o estimado em 2020

População total			
MUNICÍPIOS	Cont. Populacional IBGE (1996)	Censo IBGE (2010)	População estimada (2020)
Águas Belas	35.965	40.235	43.686
Alagoinhas	11.462	13.759	14.718
Arcoverde	58.722	68.793	74.822
Bom Conselho	41.101	45.503	48.767
Buíque	38.480	52.105	58.919
Garanhuns	110.084	129.408	140.577
Iati	16.330	18.360	19.241
Inajá	22.686	19.081	23.645
Itaíba	24.808	26.256	26.308
Paranatama	12.195	11.001	11.566
Pedra	19.312	20.944	22.668
Pesqueira	55.954	62.931	67.735
Saloá	15.222	15.309	15.862
Terezinha	6.349	6.737	7.198
Tupanatinga	19.197	24.425	27.551
Venturosa	13.013	16.052	18.661
Cacimbinhas	8.663	10.195	10.889
Major Isidoro	17.282	18.897	19.864
Traipu	24.071	25.702	27.826
Batalha	13.446	17.076	18.338
Belo Monte	6.411	7.030	6.710
Carneiros	5.938	8.290	9.159
Dois Riachos	11.374	10.880	11.067
Jacaré dos Homens	5.273	5.413	5.219
Maravilha	13.747	10.284	9.004
Monteirópolis	6.453	6.935	7.165
Olho d'água das Flores	17.060	20.364	21.738
Olivença	10.209	11.047	11.657
Ouro Branco	9.076	10.912	11.535
Palestina	4.104	5.112	5.037
Pão de Açúcar	23.386	23.811	24.351
Poço das Trincheiras	10.969	13.872	14.418
Santana do Ipanema	38.231	44.932	47.819
São José da Tapera	27.814	30.088	32.405
Bacia	754.387	851.739	916.125

Fonte: IBGE (adaptado pelo autor) (2021)

5.3.7.2 – Área destinada à agricultura

Segundo o Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Ipanema, através da Pesquisa Agrícola Municipal do IBGE (1996), a área colhida de diversas culturas agrícolas na região da bacia foi de 273.060 hectares.

Porém, de acordo com a Pesquisa Agrícola do IBGE de 2019, a mais recente, a área colhida foi de apenas 34.079 hectares. Este valor pode ser verificado na Tabela 13, que detalha a área colhida de cada cultura para cada município. Isso mostra que, após 23 anos, essa área se reduziu a apenas 12,5% em comparação a 1996.

No entanto, segue prevalecendo como principais culturas as de feijão, milho e mandioca, respectivamente. A Tabela 11 destaca a área total colhida dessas três culturas na bacia.

Tabela 11 – Culturas que ocupam maior área na bacia

CULTURA	ÁREA COLHIDA (ha)
Feijão	15397
Milho	9726
Mandioca	3228

Fonte: IBGE (adaptado pelo autor) (2019)

5.3.7.3 – Efetivo animal

Segundo o Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Ipanema, de acordo com a Produção da Pecuária Municipal do IBGE (1996) o efetivo animal, considerando os bovinos, suínos, equinos, ovinos, galináceos e caprinos foi de 2.369.656 cabeças.

No entanto, conforme a Produção da Pecuária Municipal de 2019, o efetivo animal dos seguintes rebanhos foi de 5.148.415. Este valor pode ser verificado na Tabela 14, que detalha o número de cabeças de cada rebanho para cada município. Logo, após 23 anos, pode-se perceber que o número de cabeças desses rebanhos aumentou em 117%.

Com isso, pode-se concluir que houve uma substituição do uso das terras da bacia, diminuindo a área destinada à agricultura e aumentando a área destinada à pecuária.

A Tabela 12 destaca os três principais rebanhos criados na área da bacia.

Tabela 12 – Principais rebanhos em relação ao número de cabeças

REBANHO	Nº DE CABEÇAS
Galináceos	3.885.381
Bovinos	642.650
Ovinos	288.474

Fonte: IBGE (adaptado pelo autor) (2019)

Tabela 13 – Área colhida, em hectares, no ano de 2019

MUNICÍPIOS	Banana	Café	Castanha	Laranja	Limão	Manga	Maracujá	Batata-doce	Fava	Feijão	Mandioca	Milho	Tomate	Fumo	Melancia	Goiaba	Mamão	Cebola	Melião	TOTAL
Águas Belas	60			3		3				1700	65	1500								3331
Alagoinha										30	115	100								245
Arcoverde									45	307	3	20								375
Bom Conselho	300			5	5		2	350	8	1750	70	900								3390
Buique		1400					100	100		210	200	105								2015
Garanhuns	10			10			6	6	6	2100	300	480	60		2					2974
Iati								3	3	1650	800		68		1600	5	5	8	850	2453
Inajá	40									45	60									2681
Itaíba										100	15									115
Paranatama				10				4	6	1400	90	525								2035
Pedra	8					12				144	11	352	8		4					539
Pesqueira										650	110	300								1060
Salobá		13		2					10	2200	25	1000	70							3320
Terezinha		10		2					10	550	60	110								742
Tupanatinga							10			240	58	1000	3		10				5	1426
Venturosa																				0
Cacimbinhas										60		100								160
Major Isidoro										27		55								87
Traipu							5			270	700	300	1	200						1486
Batalha							5	10		10	1	1000			1					1014
Belo Monte							1	4		35	50	80		10						180
Cameiros										100	15	180								297
Dois Riachos			2							315	300									615
Jacaré dos Homens										9	4	50								63
Maravilha																				0
Monteirópolis			25								60									85
Olho d'água das Flores			45	1						80	15	47								188
Oliveira			50							22	15	5								92
Ouro Branco																				0
Palestina										7	2									9
Pão de Açúcar	7		1		2	16		2		200	35	200			5	2	18			488
Pogo das Trincadeiras			2							48	14	9								73
Santana do Ipanema			30							438	20	1008								1496
São José da Tapera			30							700	15	300								1045
TOTAL DA BACIA	425	23	1685	33	7	31	23	478	88	15397	3228	9726	210	210	1622	7	23	8	855	34079

Fonte: IBGE (adaptado pelo autor) (2019)

Tabela 14 – Efetivo animal

EFETIVO ANIMAL (NÚMERO DE CABEÇAS)							
MUNICÍPIOS	Bovinos	Suínos	Equinos	Ovinos	Galináceos	Caprinos	TOTAL
Águas Belas	38.152	1.200	1.150	20.000	142.000	6.500	209.002
Alagoinhas	11.462	13.200	480	2.000	45.000	3.050	75.192
Arcoverde	13.031	2.000	1.324	13.250	60.390	12.546	102.541
Bom Conselho	46.980	18.000	3.500	13.006	130.000	2.000	213.486
Buíque	43.587	10.000	1.781	39.632	65.000	16.000	176.000
Garanhuns	22.405	10.000	1.300	7.308	1.815.010	2.195	1.858.218
Iati	23.436	3.500	500	7.000	200.000	2.620	237.056
Inajá	4.721	594	1.700	14.197	12.240	21.944	55.396
Itaíba	53.627	2.926	650	22.562	5.000	4.384	89.149
Paranatama	5.371	3.500	1.800	6.500	180.000	2.500	199.671
Pedra	45.955	31.548	1.806	12.529	40.000	8.014	139.852
Pesqueira	26.924	7.500	783	6.600	480.000	5.100	526.907
Saloá	11.000	2.500	200	13.960	120.000	4.620	152.280
Terezinha	7.417	1.951	650	1.556	70.987	150	82.711
Tupanatinga	27.923	2.262	1.143	16.364	22.454	11.645	81.791
Venturosa	25.428	25.939	886	2.500	50.000	3.500	108.253
Cacimbinhas	16.573	850	510	3.100	13.800	400	35.233
Major Isidoro	31.128	3.671	1.888	8.985	19.900	687	66.259
Traipu	24.000	1.800	1.050	2.600	27.000	436	56.886
Batalha	18.400	8.000	1.480	4.300	40.000	890	73.070
Belo Monte	10.600	3.300	1.050	3.000	18.300	950	37.200
Carneiros	4.251	1.000	300	2.000	10.000	250	17.801
Dois Riachos	9.592	600	778	7.150	21.000	1.800	40.920
Jacaré dos Homens	10.500	3.400	850	3.800	20.500	600	39.650
Maravilha	8.290	1.022	800	10.000	20.500	1.000	41.612
Monteirópolis	6.982	710	200	450	3.500	200	12.042
Olho d'água das Flores	8.338	2.520	400	3.500	40.000	380	55.138
Olivença	11.520	1.200	720	4.800	19.200	480	37.920
Ouro Branco	6.019	620	629	4.150	20.000	1.500	32.918
Palestina	1.704	295	175	400	4.000	200	6.774
Pão de Açúcar	18.661	500	852	7.275	42.000	1.326	70.614
Poço das Trincheiras	9.202	1.080	900	7.000	25.100	1.200	44.482
Santana do Ipanema	19.928	5.400	1.500	7.000	57.500	2.500	93.828
São José da Tapera	19.543	2.300	1.200	10.000	45.000	520	78.563
TOTAL	642.650	174.888	34.935	288.474	3.885.381	122.087	5.148.415

Fonte: IBGE (adaptado pelo autor) (2019)

5.3.7.4 – Consumo de água

Para quantificar o consumo de água para uso humano e dessedentação animal da bacia foram considerados os valores de consumo de água presentes no Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Ipanema. A Tabela 15 detalha o valor de litros de água por dia para cada usuário.

Como a população total presente na bacia é de 916.125 habitantes e a Tabela 14 apresenta a quantidade total de cada rebanho, chega-se aos valores de consumo médio de água, apresentados na Tabela 16.

Logo, pode-se observar que o consumo de água para consumo humano e uso doméstico é majoritário, sendo responsável por 86% desse consumo, considerando humanos e animais pecuários.

Tabela 15 – Consumo de água por tipo de usuário

USUÁRIO	CONSUMO DE ÁGUA CONSIDERADO
Bovinos, suínos e equinos	22 litros/dia
Caprinos e ovinos	8,8 litros/dia
Galináceos	0,02 litros/dia
Ser humano	150 litros/dia

Fonte: Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Ipanema (adaptado pelo autor) (1998)

Tabela 16 – Consumo médio de água

CONSUMO MÉDIO DE ÁGUA	LITROS/DIA	LITROS/SEGUNDO	M ³ /ANO	% DE CONSUMO
Animal	22.445.050	260	8.191.624	14%
Humano	137.418.750	1.590	50.152.828	86%
Total	159.863.800	1.850	58.344.453	100%

Fonte: Autor (2021)

6 – RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 – Maiores vazões registradas

A Tabela 18 reúne os dados das 15 maiores vazões registradas em cada uma das quatro estações estudadas. Assim como mostrado na tabela, é razoável que, comparando a vazão máxima de cada estação, esta seja maior quanto mais à jusante do rio. No entanto, isso não é uma regra, já que em alguns casos a vazão é reduzida ao longo do percurso do rio, principalmente se não estiver ocorrendo precipitação.

Pode-se verificar que a vazão registrada no dia 30/03/2020 foi a maior entre os dados disponíveis das quatro estações. Logo, pode ser considerado que essa é a maior enchente da história do rio Ipanema.

O estudo hidrológico da bacia do rio Ipanema permitiu a análise de hidrogramas e cotogramas de vazões máximas registradas, além das vazões médias mensais. A Tabela 17 mostra os dados apresentados nas estações entre os dias 25/03/2020 e 31/03/2020. Foi destacada a vazão de 2.013,511 m³/s, registrada na estação de Batalha. Os dados referentes às estações de Horizonte Alegre, Belo Monte e Santana do Ipanema não foram registrados, tornando uma análise das vazões deste dia, ao longo de toda a bacia, inviável.

Porém, com os dados disponíveis na estação de Batalha, e apresentados na Tabela 19, foi possível traçar um hidrograma e um cotograma das vazões e cotas registradas nos dias anteriores e posteriores a este evento, que podem ser vistos na Figura 19. Este mesmo procedimento foi repetido para a segunda e a terceira maiores vazões registradas, ambas na estação de Santana do Ipanema.

A segunda maior vazão registrada foi de 1616,559 m³/s no dia 22/01/2004. Os dados de vazão e cota dos dias anteriores e posteriores deste evento estão disponíveis na Tabela 20, enquanto seu hidrograma e cotograma podem ser vistos na Figura 20.

Analogamente, a terceira maior vazão registrada foi de 1544,348 m³/s no dia 22/04/1984. A tabela 21 apresenta os dados de vazão e cota dos dias anteriores e posteriores a esse evento, já seu hidrograma e cotograma podem ser vistos na Figura 21.

É possível notar uma semelhança entre os hidrogramas e cotogramas apresentados. Em todos eles há uma vazão bem menor que a vazão de pico, seguida por esse grande pico de vazão e, posteriormente, uma queda brusca dessa vazão, nos dias seguintes. Por exemplo, de acordo com os dados da estação de Batalha, no dia 31/03/2020, dia anterior à vazão máxima registrada, havia uma vazão de 410,702 m³/s. No dia seguinte, foi registrada a vazão de 2013,511 m³/s. Em seguida, há uma vazão de, apenas, 165,516 m³/s. O mesmo ocorre na estação de Santana do Ipanema, onde há a vazão de 1544,348 m³/s no dia 22/04/1984 e uma vazão de, apenas, 60,117 m³/s no dia seguinte. Isso mostra que, apesar de possuir uma vazão acima da média num determinado momento, essa vazão não se sustenta por um longo período de tempo, caso haja interrupção das chuvas, ocorrendo acentuadas reduções de vazão. Esta é uma característica que demonstra bastante a dinâmica do rio Ipanema e sua natureza intermitente.

Tabela 17 – Dados de vazões disponíveis entre 25/03/2020 e 31/03/2020

Data	Vazão (m ³ /s)			
	49525000 - Batalha	49490000 - Santana do Ipanema	49480000 - Águas Belas	49380000 - Horizonte Alegre
31/03/2020	410,702	-	-	-
30/03/2020	2.013,511	-	-	-
29/03/2020	165,516	-	-	-
28/03/2020	167,812	-	-	18,652
27/03/2020	410,702	-	-	10,235
26/03/2020	488,274	-	546,564	14,675
25/03/2020	127,554	-	176,256	15,668

Fonte: Hidroweb (adaptado pelo autor) (2020)

**Tabela 18 – Valores das 15 maiores vazões registradas nas estações
fluviométricas em estudo**

49380000 - Horizonte Alegre		49480000 - Águas Belas	
Data	Vazão (m ³ /s)	Data	Vazão (m ³ /s)
21/05/2009	152,976	07/03/1978	525,184
01/04/2008	50,470	17/03/1978	519,178
24/07/2017	47,475	12/05/2009	336,485
16/05/2009	40,816	13/05/2009	259,993
02/04/2008	38,809	28/05/2009	258,104
25/07/2017	38,416	13/04/1985	213,774
27/07/2017	34,263	12/04/1985	208,821
26/07/2017	33,185	11/04/1985	202,335
28/07/2017	32,130	06/03/1978	200,735
29/06/2010	29,098	10/04/1985	197,559
03/04/2008	29,098	08/03/1978	197,559
22/05/2009	26,620	05/03/1978	191,308
28/06/2010	26,264	12/03/2007	188,232
15/04/2008	25,961	30/01/2004	185,189
16/04/2008	25,362	09/04/1985	169,033

49490000 - Santana		49525000 - Batalha	
Data	Vazão (m ³ /s)	Data	Vazão (m ³ /s)
22/01/2004	1616,559	30/03/2020	2.013,511
22/04/1984	1544,348	26/03/2020	488,274
07/03/1978	1356,808	31/03/2020	410,702
24/04/1982	1302,162	27/03/2020	410,702
01/02/2004	1301,966	09/07/2017	229,126
23/01/2004	947,748	17/05/2020	206,018
06/03/1978	747,841	17/06/2020	206,018
13/04/1985	731,139	16/06/2020	193,148
12/04/1985	682,089	08/07/2017	186,909
08/03/1978	674,068	28/03/2020	167,812
14/04/1985	642,425	29/03/2020	165,516
12/07/1989	566,425	05/07/2017	165,516
13/07/1989	481,125	06/07/2017	154,337
25/04/1982	455,162	24/07/2017	150,005
28/05/1989	447,500	10/07/2017	143,651

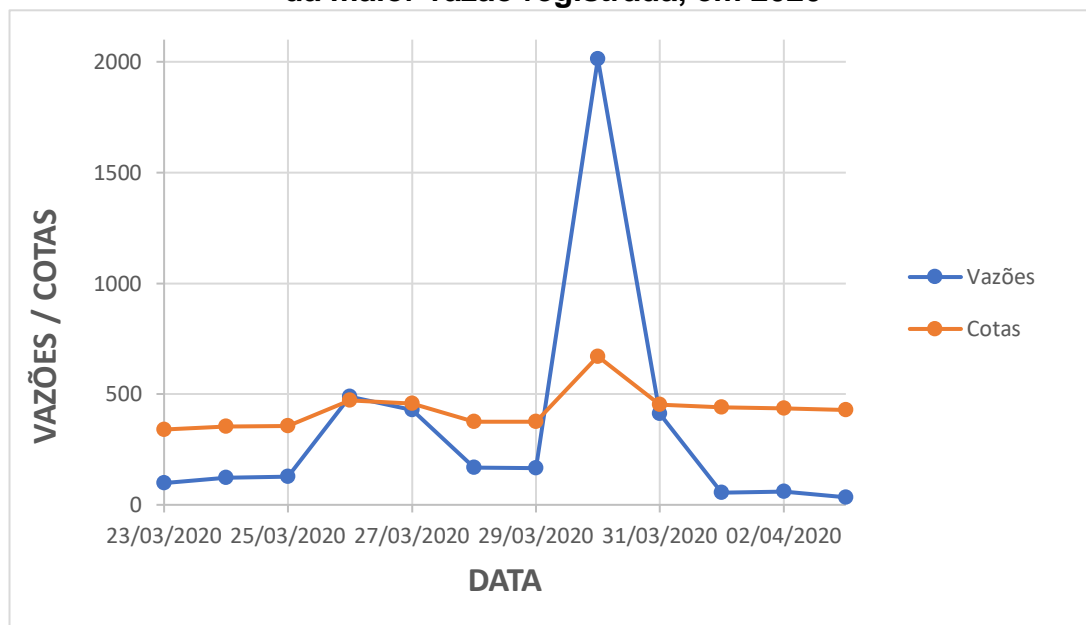
Fonte: Hidroweb (adaptado pelo autor) (2020)

Tabela 19 – Dados de vazão e cota da estação de Batalha no período da maior vazão registrada, em 2020

DATA	VAZÃO (m ³ /s)	COTA (cm)
23/03/2020	97,271	340
24/03/2020	121,828	354
25/03/2020	127,554	357
26/03/2020	488,274	471
27/03/2020	427,206	457
28/03/2020	167,812	376
29/03/2020	165,516	375
30/03/2020	2013,511	670
31/03/2020	410,702	453
01/04/2020	54,694	441
02/04/2020	59,334	436
03/04/2020	34,107	429

Fonte: Hidroweb (adaptado pelo autor) (2020)

Figura 19 – Hidrograma e cotagrama da estação de Batalha no período da maior vazão registrada, em 2020



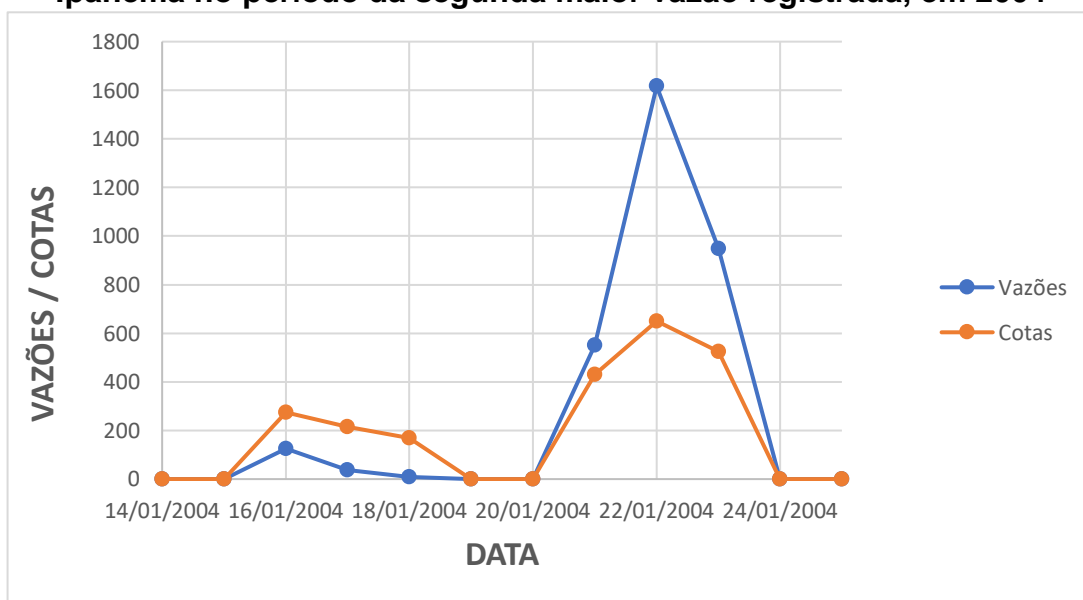
Fonte: Autor (2021)

Tabela 20 – Dados de vazão e cota da estação de Santana do Ipanema no período da segunda maior vazão registrada, em 2004

DATA	VAZÃO (m ³ /s)	COTA (cm)
14/01/2004	0	0
15/01/2004	0	0
16/01/2004	125,238	275
17/01/2004	38,399	215
18/01/2004	8,576	170
19/01/2004	0	0
20/01/2004	0	0
21/01/2004	551,76	430
22/01/2004	1616,559	650
23/01/2004	947,748	525
24/01/2004	0	0
25/01/2004	0	0

Fonte: Hidroweb (adaptado pelo autor) (2020)

Figura 20 – Hidrograma e cotagrama da estação de Santana do Ipanema no período da segunda maior vazão registrada, em 2004



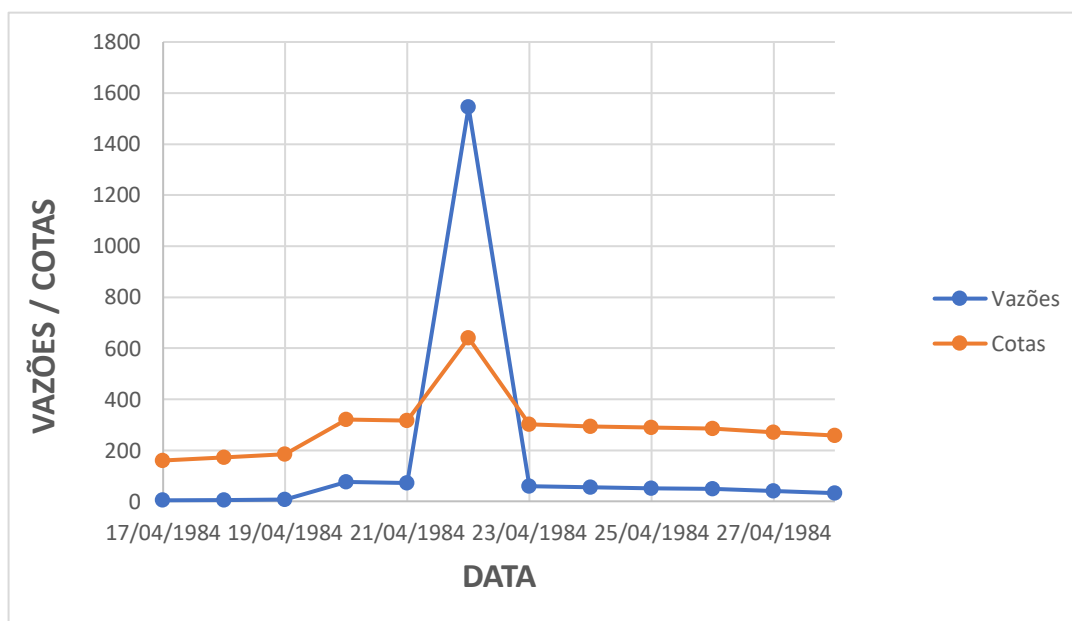
Fonte: Autor (2021)

Tabela 21 – Dados de vazão e cota da estação de Santana do Ipanema no período da terceira vazão registrada, em 1984

DATA	VAZÃO (m ³ /s)	COTA (cm)
17/04/1984	3,872	160
18/04/1984	5,532	172
19/04/1984	7,804	185
20/04/1984	75,766	321
21/04/1984	71,413	316
22/04/1984	1544,348	640
23/04/1984	60,117	302
24/04/1984	54,233	294
25/04/1984	51,44	290
26/04/1984	48,086	285
27/04/1984	39,478	271
28/04/1984	32,466	258

Fonte: Hidroweb (adaptado pelo autor) (2020)

Figura 21 – Hidrograma e cotograma da estação de Santana do Ipanema no período da terceira vazão registrada, em 1984



Fonte: Autor (2021)

6.2 – Vazões médias mensais

Na Tabela 23, são mostrados os valores médios das vazões mensais que foram calculados para cada uma das quatro estações. A estação de Batalha, por possuir uma amplitude temporal de dados de apenas cinco anos, acaba retornando dados mais discrepantes, que tornam sua análise um pouco mais difícil. Apesar disso, a Figura 22 apresenta um gráfico de vazão médio mensal ao longo do ano utilizando os dados das quatro estações.

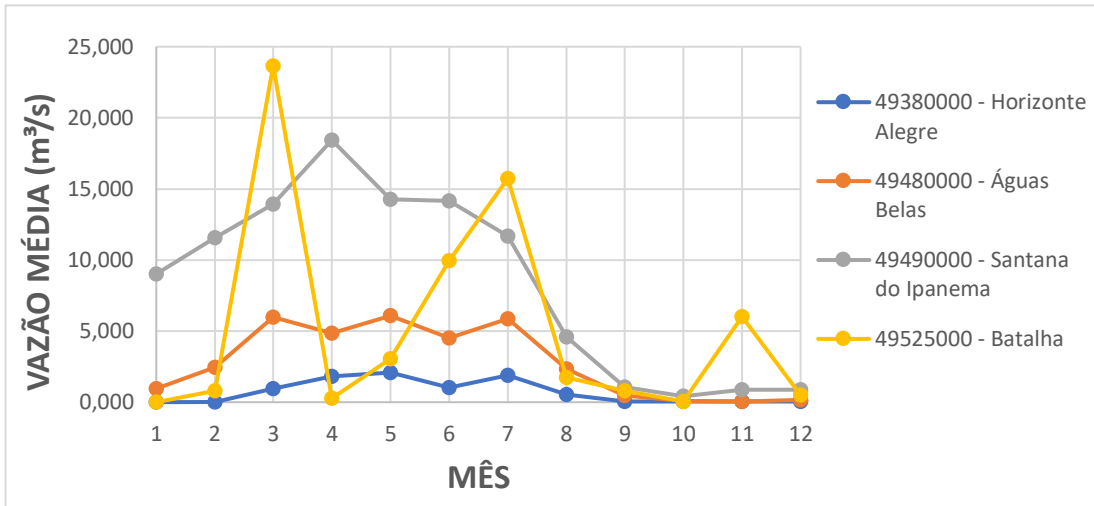
No entanto, na Figura 23, foram dispostos apenas os dados das estações de Horizonte Alegre, Águas Belas e Santana do Ipanema. A maior amplitude temporal dos dados dessas estações nos permite visualizar um comportamento semelhante nas curvas de vazão média mensal. Com isso, é possível observar que há uma tendência de maiores vazões no período de março a julho, enquanto há uma tendência de não haver vazão alguma nos períodos de setembro a janeiro.

Tabela 22 – Valores de vazão média mensal das quatro estações, em m³/s

	49380000 Horizonte Alegre	49480000 Águas Belas	49490000 Santana do Ipanema	49525000 Batalha
Janeiro	0,002	0,967	9,028	0,000
Fevereiro	0,014	2,470	11,569	0,799
Março	0,966	5,962	13,932	23,662
Abril	1,821	4,839	18,433	0,264
Mai	2,086	6,079	14,284	3,050
Junho	1,032	4,503	14,139	9,949
Julho	1,873	5,864	11,699	15,727
Agosto	0,530	2,334	4,601	1,739
Setembro	0,044	0,467	1,060	0,796
Outubro	0,039	0,083	0,416	0,055
Novembro	0,045	0,045	0,880	6,010
Dezembro	0,047	0,180	0,895	0,509

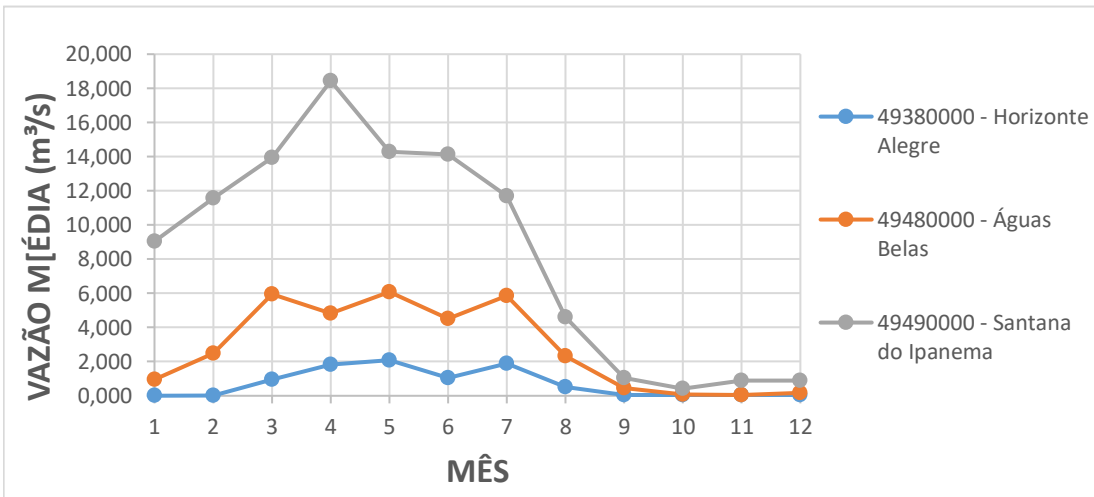
Fonte: Hidroweb (adaptado pelo autor) (2020)

Figura 22 – Vazão média mensal das quatro estações



Fonte: Autor (2021)

Figura 23 – Vazão média mensal

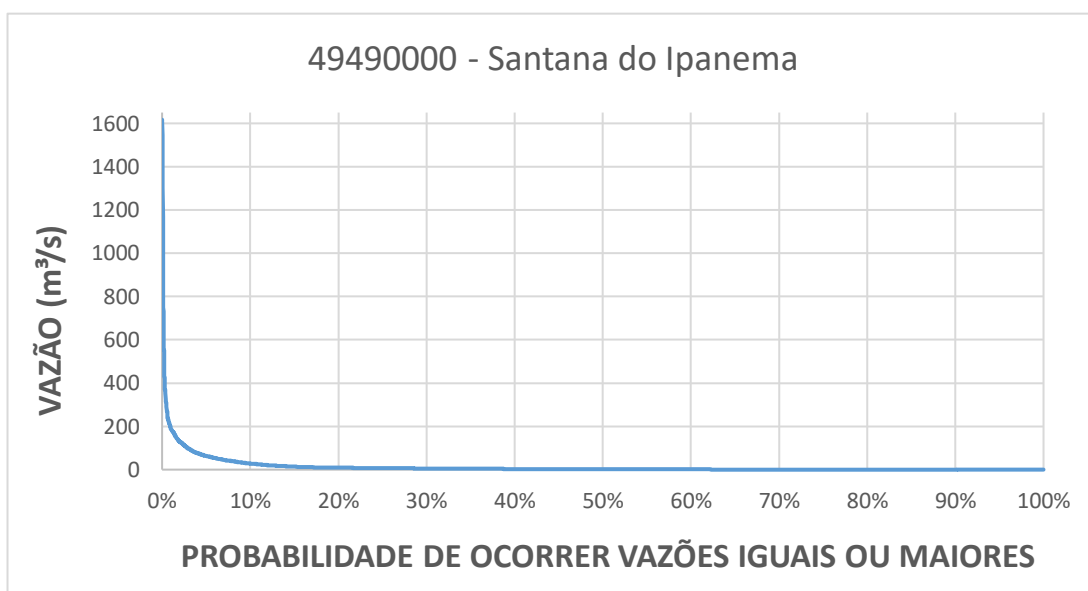


Fonte: Autor (2021)

6.3 – Curva de permanência

Utilizando dos dados disponíveis nas estações fluviométricas foram geradas curvas de permanência para cada estação. No entanto, como todas possuíam o mesmo formato, será dado um destaque maior para a curva de permanência da estação de Santana do Ipanema, que pode ser visualizada na Figura 24.

Figura 24 – Curva de permanência da estação de Santana do Ipanema



Fonte: Autor (2021)

Através do uso de quase 10 mil valores de vazão, chegou à essa curva de permanência. Nela, pode-se observar que, em grande parte, do tempo há uma vazão baixíssima. Na Tabela 23 pode-se verificar com que frequência certas vazões são superadas. Em apenas 1% do tempo há uma vazão maior que 185 m³/s, enquanto em apenas 20% do tempo há uma vazão maior que 9 m³/s.

Tabela 23 – Probabilidade de ocorrer algumas vazões de acordo com a curva de permanência da estação de Santana do Ipanema

Frequência	Vazão (m ³ /s)
1%	185,63
2%	128,92
3%	97,58
4%	76,03
5%	63,50
10%	28,44
20%	9,01

Fonte: Hidroweb (adaptado pelo autor) (2020)

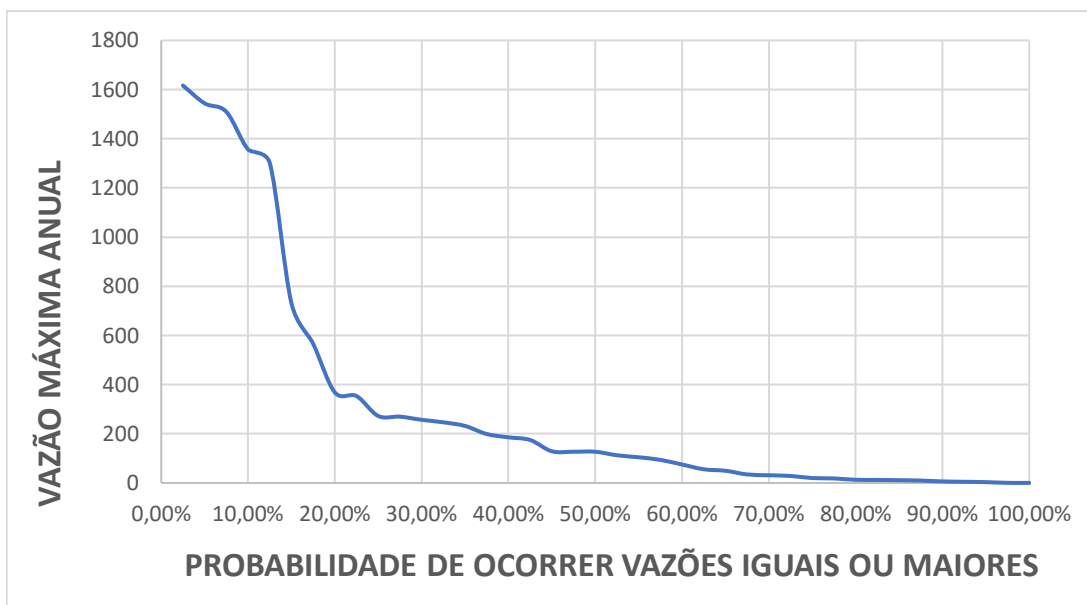
Com o uso dos dados de vazão máxima anual presentes na Tabela 24 foi traçada a curva vazão máxima anual x probabilidade de excedência para a estação de Santana do Ipanema. A Figura 25 mostra esse gráfico.

Tabela 24 – Vazões máximas anuais na estação de Santana do Ipanema

Ano	Vazão (m ³ /s)	Ano	Vazão (m ³ /s)	Ano	Vazão (m ³ /s)
2020	34,788	2005	112,742	1990	18,495
2019	9,83	2004	1616,559	1989	566,425
2018	0,454	2003	20,026	1988	231,951
2017	127,073	2002	128,92	1987	31,343
2016	0	2001	3,443	1986	55,734
2015	0	2000	12,941	1985	731,139
2014	49,623	1999	28,524	1984	1544,348
2013	12,312	1998	-	1983	93,919
2012	0,392	1997	256,899	1982	1302,162
2011	127,073	1996	174,803	1981	11,36
2010	199,023	1995	6,286	1980	1509,79
2009	246,777	1994	272,435	1979	104,541
2008	368,418	1993	-	1978	1356,808
2007	185,631	1992	353,462	1977	75,028
2006	269,816	1991	4,819		

Fonte: Hidroweb (adaptado pelo autor) (2020)

Figura 25 – Vazão máxima anual x probabilidade de excedência para a estação de Santana do Ipanema



Fonte: Autor (2021)

6.4 – Estimativa do volume de água escoado durante o período de chuvas de março de 2020

Para o cálculo estimativo do volume de água escoado ao longo do período de 10 dias, compreendido entre 25/03/2020 e 03/04/2020, foi considerado um ponto de medição fluviométrica de vazão à montante e outro à jusante do local em que o rio Ipanema desagua no rio São Francisco. Estas estações são, respectivamente, a 49370000 – Pão de Açúcar e 49660000 – Traipu.

Logo, para essa estimativa foi considerado que o aumento da vazão na estação de Traipu ocorreu devido ao desague das águas do rio São Francisco. Esses valores de vazão assim como o cálculo, considerando a vazão diária constante, estão dispostos na Tabela 25, com um volume de água total decorrente do período de intensa chuva e cheia do rio Ipanema estimado em 454 milhões de metros cúbicos.

Tabela 25 – Cálculo do volume de água estimado escoado no rio Ipanema

DATA	Vazão da estação (m ³ /s)		Diferença de vazão (m ³ /s)	Volume de água diário (m ³)
	49370000 Pão de Açúcar	49660000 Traipu		
25/03/2020	1185,602	1538,418	352,816	30.483.302
26/03/2020	994,66	1373,804	379,144	32.758.042
27/03/2020	1049,003	1606,335	557,332	48.153.485
28/03/2020	961,631	1509,363	547,732	47.324.045
29/03/2020	916,584	1276,208	359,624	31.071.514
30/03/2020	1204,38	1856,249	651,869	56.321.482
31/03/2020	1333,102	2616,892	1283,79	110.919.456
01/04/2020	1187,644	1878,589	690,945	59.697.648
02/04/2020	1320,68	1578,736	258,056	22.296.038
03/04/2020	1317,006	1496,467	179,461	15.505.430
				454.530.442

Fonte: Hidroweb (adaptado pelo autor) (2020)

7 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

A chuva ocorrida no período de 25/03/2020 a 03/04/2020, com pico no dia 30/03/2020 foi a máxima histórica dentre as 4 estações fluviométricas que registram vazão ao longo do rio Ipanema, com vazão de 2.013,511 m³/s. Através de um cálculo estimativo, chegou-se à conclusão que o volume d'água aproximado que percorreu este rio ao longo desses 10 dias foi de 454 milhões de metros cúbicos. Esta grande vazão elevou bastante o leito do rio e chegou a penetrar ruas da cidade e submergir algumas casas.

Este rio, por ser intermitente, possui períodos de altas vazões instantâneas, mas passa a maior parte do ano com vazão nula. Logo, esta grande vazão trouxe espanto para grande parte da população local.

Além disso, pode-se observar que além do crescimento populacional, em relação ao estudo promovido pelo Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do rio Ipanema, houve uma certa mudança no uso da terra e da água da região, com uma queda na área colhida pela agricultura e um aumento no número de cabeças animais e, conseqüentemente, a área destinada à pecuária.

8 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS – ANA. Hidroweb: Sistemas de informações hidrológicas. Disponível em: <<http://hidroweb.ana.gov.br/>>. Acesso em: maio de 2021.

ÁGUAS do rio Ipanema. Direção de Khristtian Michell. Batalha: 2021. 1 vídeo (9 min.). Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=1IDE9NjdV4Q>>. Acesso em: agosto de 2021.

ALAGOAS/ PERNAMBUCO (1998). Plano Diretor de Recursos Hídricos da Bacia Hidrográfica do Rio Ipanema – Estados de Alagoas e Pernambuco – Tomo I – Diagnóstico Regional – Volume II/II Caracterização dos recursos hídricos e avaliação ambiental. Maceió: SRH/IICA/HYDROS Engenharia e Planejamento LTDA, 1998.

ARAÚJO, Teones. Mandacaru é considerado a planta mais resistente a seca. Recife: Fundação Joaquim Nabuco. Disponível em: <<https://www.fundaj.gov.br/index.php/conselho-nacional-da-reserva-da-biosfera-da-caatinga/6683-mandacaru-quando-fulora-na-seca-e-o-sinal-que-a-chuva-chega-aosertao-o-cn-constatou-isto-no-distrito-de-riacho-da-onca>>. Acesso em: agosto de 2021.

BARBOSA JR., Antenor R. Bacia Hidrográfica. Minas Gerais. 2006. Hidrologia Aplicada.

CAVALCANTE, L. B. et al. Verificação do uso do software livre TerraViewHidro para a extração das características físicas da bacia hidrográfica do rio Ipanema. XVI Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto - SBSR, Foz do Iguaçu, p. 4708 - 4715, 13 abr. 2013.

CORRENTINO, Marcos Antônio da Cunha. NOTAS DE AULA SOBRE HIDROMETRIA – OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO DE ESTAÇÕES AUTOMÁTICAS DE COLETA DE DADOS. Brasília: DEL GIUDICE ASSESSORIA TÉCNICA LTDA, nov. 2011.

COSTA, Agefran. Juazeiro – Ziziphus joazeiro. Abr. 2011. Natureza Bela. Disponível em: <<https://www.naturezabela.com.br/2011/04/juazeiro-ziziphus-joazeiro.html>>. Acesso em: agosto de 2021.

FONSECA, Krukemberghe. TRANSPIRAÇÃO VEGETAL - SUGESTÃO EXPERIMENTAL. [S. l.], 17 jun. 2008. Disponível em: <https://educador.brasilecola.uol.com.br/estrategias-ensino/transpiracao-vegetal.htm#:~:text=A%20transpira%C3%A7%C3%A3o%20vegetal%20corresponde%20ao,e%20dessa%20para%20a%20atmosfera>. Acesso em: maio de 2021.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Censo Demográfico de 2010. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Produção Agrícola Municipal, 2019. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>>.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. Produção da Pecuária Municipal, 2019. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/>>.

TUCCI, Carlos E. M. Hidrologia: Ciência e aplicação. 2. ed. Rio Grande do Sul: ABRH, 2001.

MENKE, A. B. et al. COMPARTIMENTAÇÃO GEOMORFOLÓGICA PRELIMINAR DO RIO IPANEMA (AL/PE) UTILIZANDO ANÁLISE MULTIVARIADA EM BACIAS HIDROGRÁFICAS DE 1ª ORDEM. SINAGEO, Minas Gerais, 12 jun. 2008.

MOTA, Aline de Almeida; KOBAYAMA, Masato. Reconsiderações sobre a Fórmula de Kirpich para o cálculo de tempo de concentração. Rio Grande do Sul, v. 20, p. 55 - 59, jan/mar. 2015.

PORTO, R. L.; FILHO, K. Z.; SILVA, R. M. Bacias Hidrográficas. São Paulo. 1999. Hidrologia Aplicada.

SENA, Liana Mara Mendes de. Conheça e Conserve a Caatinga – O Bioma Caatinga. Vol. 1. Fortaleza: Associação Caatinga, 2011. 54p.

TASSI, R.; COLLISCHONN, W. Hidrologia. Rio Grande do Sul. [20--]. Notas de Aula de Hidrologia.

TONIN, Fabio. Permeabilidade dos Solos. São Paulo, abr. 2013. Notas de Aula de Mecânica dos Solos.