



# **CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS**

COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO"  
Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607 - D.O.U. nº 202 de 20/10/2005

**RUBENS SOARES DE SOUZA QUINTILIANO**

## **ESTUDO DE OFERTA E DEMANDA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA CIDADE DE PALMAS-TO REGIÃO CENTRAL E SUL**

**Palmas – TO  
2015**



# **CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS**

COMUNIDADE EVANGÉLICA LUTERANA "SÃO PAULO"  
Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 3.607 - D.O.U. nº 202 de 20/10/2005

**RUBENS SOARES DE SOUZA QUINTILIANO**

## **ESTUDO DE OFERTA E DEMANDA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA CIDADE DE PALMAS-TO REGIÃO CENTRAL E SUL**

Projeto de Pesquisa elaborado e apresentado como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II (TCC II) do curso de Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. M. Sc. Daniel Iglesias.

**Palmas – TO  
2015**

Rubens Soares de Souza

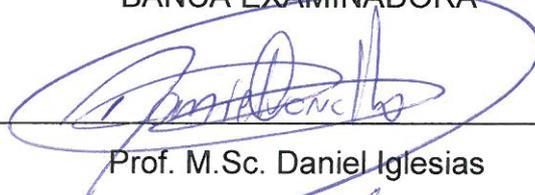
## ESTUDO DE OFERTA E DAMANDA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA DA CIDADE DE PALMAS-TO REGIÃO CENTRAL E SUL

Projeto de Pesquisa elaborado e apresentado como requisito parcial para aprovação na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II (TCC II) do curso de Engenharia Civil pelo Centro Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. M. Sc. Daniel Iglesias

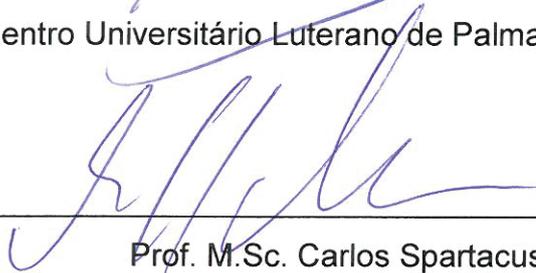
Aprovado em: 09/11/2015

### BANCA EXAMINADORA



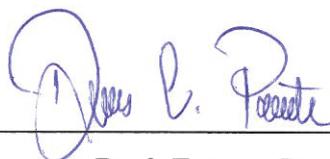
Prof. M.Sc. Daniel Iglesias

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. M.Sc. Carlos Spartacus

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP



Prof. Espec. Denis Cardoso

Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

## DEDICATÓRIA

A Deus por ter permitido eu vir ao mundo. A minha esposa Luziany pelo seu apoio durante meus estudos. A meu filho Samuel que veio ao mundo na véspera da minha conclusão do curso de Engenharia Civil que muito me incentivou com a sua beleza. Aos meus pais Jurandy e Ana por me acompanhar durante toda a minha trajetória, me incentivando e dando forças nas horas de dificuldades.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela oportunidade de realizar este momento.

Aos meus pais Jurandy Antônio e Ana Soares pela dedicação à minha formação, compreensão e exemplos de vida.

A minha esposa Luziany Quintiliano pela paciência e compreensão nas horas de estudo.

Ao meu filho Samuel Soares que muito me incentivou com o seu nascimento na véspera da conclusão do curso de Engenharia Civil.

As minhas irmãs Cristina Soares e Ettiene Soares pela união e companheirismo.

Ao meu avô Fabrício Rodrigues (*in memoriam*), que conquistava a todos com o seu carisma e bom humor. Sinto muitas saudades e sempre te agradecerei pelos ensinamentos e afeto que me foi dado durante todo o tempo em que tive a oportunidade de estar ao seu lado.

Ao meu cunhado Antonio Flávio Reigota pela amizade que temos há vários anos.

As minhas cunhadas Raiane e Raissa pela amizade, apoio e companheirismo, sempre tiveram do meu lado me dando forças.

A minha querida sogra Valdenice que me apoiou em tudo, me deu muita força até agora nos 10 anos de casado.

Ao meu sobrinho Arthur Soares, que veio ao mundo nos trazer muitas felicidades.

À todos os meus professores do curso de Engenharia Civil do CEULP/ULBRA, ao Prof. M.S.c Edivaldo Alves pela paciência, orientação e comprometimento à realização deste trabalho. A todos os meus familiares, aos meus colegas e amigos.

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	4
1.1	Objetivos.....	6
1.1.1	Objetivo Geral .....	6
1.1.2	Objetivos Específicos .....	6
1.2	Justificativa e Importância do Trabalho.....	7
1.3	Estrutura do Trabalho .....	8
2	REFERENCIAL TEÓRICO .....	9
2.1	Hidrologia.....	9
2.2	Ciclo Hidrológico .....	11
2.2.1	Tipos de Precipitações.....	11
2.3	Bacias Hidrográficas .....	17
2.3.1	Área da Bacia .....	19
2.3.2	Fator de Forma da Bacia .....	21
2.3.3	Perímetro da Bacia .....	22
2.3.4	Densidade de Drenagem .....	22
2.3.5	Inclinação Média das Vertentes.....	23
2.3.6	Retângulo Equivalente.....	23
2.3.7	Curva Hipsométrica .....	24
2.4	Cobertura Vegetal e Camada Superficial do Solo .....	24
2.5	Pluviometria .....	25
2.6	Modelos Hidrológicos.....	27
2.7	Modelos Hidrodinâmicos em Rios .....	31
2.8	IBGE .....	34
3	METODOLOGIA.....	37

3.1	Características da Bacia Hidrográficas do Ribeirão Taquarussú Grande .....	37
3.2	Levantamentos de campo.....	40
3.3	Históricos de Precipitação na Região da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Taquarussú Grande.....	50
3.4	Clima da Região do Tocantins.....	51
3.5	Sistema de Abastecimento de água da Cidade de Palmas – TO .....	54
3.6	Crescimento Populacional da Cidade de Palmas - TO.....	57
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	59
4.1	Histórico de Vazão do Ribeirão Taquarussú Grande.....	59
4.2	Estimando Oferta e demanda de Água na Cidade de Palmas – TO Região Central e sul.....	60
5	CONCLUSÕES .....	65
5.1	SUGESTÕES.....	65
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	67

QUINTILIANO, Rubens Soares. **Estudo de oferta e demanda de abastecimento de água da cidade de Palmas-TO região central e sul**. 2015. 85 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em engenharia civil) - Centro Universitário Luterano de Palmas. Palmas – TO.

## RESUMO

Devido o crescimento populacional e a redução de recursos hídricos ao longo dos anos, tem-se a necessidade de investigação do problema real de falta de água que está estampado até aos olhos dos leigos no assunto. Este trabalho teve como objetivo desenvolver um estudo de avaliação das disponibilidades hídricas para o abastecimento de água na cidade de Palmas – TO, região central e região sul, verificando a oferta que temos hoje e a demanda de abastecimento. O foco principal foi saber o período onde oferta de água não suportou a demanda nestas regiões. A metodologia propôs obter na estimativa de demanda a verificação da vazão existente hoje no manancial onde é coletado esta água, no caso a ETA 06, e o crescimento da população de Palmas – TO que não para de crescer. Em decorrência deste constante crescimento mostra-se que o caminho para se obter dados de recursos hídricos da região é buscar informações sobre a bacia hidrográfica do Ribeirão Taquarussú, bem como também dados de precipitações ao longo dos anos, também é importante saber o consumo da população de hoje e da população futura. Assim foi proposta fazer visita na bacia hidrográfica do ribeirão Taquarussú Grande para aplicar um questionário em moradores de 10 residências com o afim de saber o motivo da redução da vazão do ribeirão e verificar os níveis de impactos ambientais na região.

**Palavras – chave:** Oferta e demanda de abastecimento público, Bacia Hidrográfica, disponibilidade hídrica, crescimento populacional.

QUINTILIANO, Rubens Soares. **Offer study and water supply demand of the city of Palmas-TO central and southern.** 2015. 85 f. Completion of course work (undergraduate civil engineering) - Centro Universitário Luterano de Palmas. Palmas – TO.

## ABSTRACT

Due to population growth and the reduction of water resources over the years, there is a need for research on the real problem of lack of water that is stamped to the eyeballs of the laity in the subject. This work aims to develop an evaluation study of water availability for the water supply in the city of Palmas-TO central and southern region, noting the offer that we have today and the supply demand. The main focus and know the period where water supply no longer will support demand in these regions. The methodology proposed in the estimation of demand checking of existing flow today in the spring where water is collected in case the ETA 06, and the growth of population of Palmas-TO that never stops growing. As a result of this constant growth shows that the way to get data on water resources in the region is to seek information about the basin of Taquarussú Creek as well as precipitation data over the years, and also important to know the population of today and future population. So do visit proposed in the catchment area of the river Taquarussú Big to apply a questionnaire on residents of 10 homes with hard to know the reason for the reduction in the flow of the river and check the levels of environmental impacts in the region.

**Key – words:** Supply and demand of public supply, watershed, water availability, population growth.

## LISTA DE FIGURAS

<b>FIGURA 1:</b> TIPOS DE CHUVAS, BLOG, GEOCONCEIÇÃO.....	13
<b>FIGURA 2:</b> ESQUEMA CICLO HIDROLÓGICO. ....	14
<b>FIGURA 3:</b> MODELO ESQUEMÁTICO DE BACIA HIDROGRÁFICA.....	18
<b>FIGURA 4:</b> MODELO ESQUEMÁTICO DE BACIA HIDROGRÁFICA. ( CARACTERIZAÇÃO DE BACIA ) .....	21
<b>FIGURA 5:</b> DEMONSTRATIVO DE LOCALIZAÇÃO DA ETA 06.....	38
<b>FIGURA 6:</b> MAPA DE APTIDÃO AGRÍCOLA DA BACIA DO RIBEIRÃO TAQUARUSSÚ GRANDE. ....	39
<b>FIGURA 7:</b> DESMATAMENTO E ASSOREAMENTO DO NO RIBEIRÃO TAQUARUSSÚ GRANDE. ....	42
<b>FIGURA 8:</b> DESMATAMENTO E ASSOREAMENTO DO NO RIBEIRÃO TAQUARUSSÚ GRANDE. ....	42
<b>FIGURA 9:</b> DESMATAMENTO NAS ENCOSTA DO RIBEIRÃO TAQUARUSSÚ GRANDE.....	43
<b>FIGURA 10:</b> LIXOS INORGÂNICOS NO RIBEIRÃO TAQUARUSSÚ GRANDE .....	43
<b>FIGURA 11:</b> MAPA DE ÁREAS ATIVAS DE RIOS DA BACIA HIDROGRÁFICA DO RIBEIRÃO TAQUARUSSÚ GRANDE.....	44
<b>FIGURA 12:</b> HISTÓRICO DE VAZÃO NO PERÍODO DE ESTIAGEM DO RIBEIRÃO TAQUARUSSÚ GRANDE .....	45
<b>FIGURA 13:</b> MÉDIA DE VAZÃO DO RIBEIRÃO TAQUARUSSÚ GRANDE NO PERÍODO DE ESTIAGEM. ....	45
<b>FIGURA 14:</b> AFERIÇÃO DE VAZÃO DO RIBEIRÃO TAQUARUSSÚ GRANDE, (MEDINDO A LARGURA DO CÓRREGO). ....	46
<b>FIGURA 15:</b> MEDINDO A PROFUNDIDADE DO RIBEIRÃO TAQUARUSSÚ GRANDE.....	47
<b>FIGURA 16:</b> MEDINDO VELOCIDADE DO CURSO D'AGUA DO RIBEIRÃO TAQUARUSSÚ GRANDE. (MÉTODO FLUTUADOR). ....	48

<b>FIGURA 17:</b> PRECIPITAÇÕES MÁXIMAS NA REGIÃO DE PALMAS –TO.....	50
<b>FIGURA 18:</b> NORMAIS DE CHUVA MÁXIMA - 24 H.....	53
<b>FIGURA 19:</b> NORMAIS DE CHUVA MÁXIMA - 24 H.....	53
<b>FIGURA 20:</b> CAPITAÇÃO DE ÁGUA NA ETA 006 .....	56
<b>FIGURA 21:</b> SISTEMAS DE CONTENÇÃO DE ÁGUA COM SACOS DE AREIA. ...	56
<b>FIGURA 22:</b> ESTIMATIVA DE POPULAÇÃO AO LONGO DOS ANOS DA CIDADE DE PALMAS REGIÃO CENTRAL E SUL.....	58
<b>FIGURA 23:</b> HISTÓRICO DE VAZÃO NO PERÍODO DE ESTIAGEM DO RIBEIRÃO TAQUARUSSÚ GRANDE .....	59
<b>FIGURA 24:</b> MÉDIA DE VAZÃO DO RIBEIRÃO TAQUARUSSÚ GRANDE NO PERÍODO DE ESTIAGEM. ....	60
<b>FIGURA 25:</b> RELAÇÃO ENTRE OFERTA E DEMANDA DE ÁGUA EM PALMAS TO .....	62
<b>FIGURA 26:</b> RELAÇÃO OFERTA E CONSUMO, COMO BASE A VAZÃO DO RIBEIRÃO TAQUARUSSÚ GRANDE.....	63

## LISTA DE QUADROS E TABELAS

<b>QUADRO 1:</b> CARACTERÍSTICAS FÍSICAS E GEOGRÁFICAS DA BACIA DO RIBEIRÃO TAQUARUSSÚ GRANDE .....	40
<b>QUADRO 2:</b> DADOS DE VELOCIDADE DA ÁGUA DO RIBEIRÃO TAQUARUSSÚ GRANDE ( MÉTODO DO FLUTUADOR).....	49
<b>QUADRO 3:</b> DADOS DE VELOCIDADE DA ÁGUA DO RIBEIRÃO TAQUARUSSÚ GRANDE (MÉTODO DO FLUTUADOR ).....	49
<b>QUADRO 4:</b> DADOS HIDRÁULICOS COLETADOS NO RIBEIRÃO TAQUARUSSÚ GRANDE.....	50
<b>QUADRO 5:</b> ESTAÇÕES PLUVIOMÉTRICAS PRÓXIMO AO MUNICÍPIO DE PALMAS - TO .....	51
<b>QUADRO 6 :</b> CAPACIDADE DAS ETA'S PALMAS - TO .....	54
<b>QUADRO 7:</b> CONSUMO DE ÁGUA POR PESSOA /DIA .....	55
<b>QUADRO 8:</b> DADOS REFERENTES À OFERTA E DEMANDA DE ÁGUA NA CIDADE DE PALMAS TO. ....	61
<b>QUADRO 9:</b> DADOS REFERE A VAZÃO DO RIBEIRÃO TAQUARUSSÚ GRANDE E O CONSUMO DA POPULAÇÃO EM ESTUDO.....	63
<b>QUADRO 10:</b> AVALIAÇÃO DA OFERTA E DEMANDA DE ÁGUA ELABORADO PELA (ANA) .....	64
<b>TABELA 1:</b> DADOS REFERENTES À CONSERVAÇÃO E USO DO SOLO NA BACIA DO RIBEIRÃO TAQUARARRUSÚ GRANDE. ....	41

## LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

<b>ANA</b>	-	Agencia Nacional das Águas
<b>CPRM</b>	-	Companhia de Pesquisas de recursos Minerais
<b>EBC</b>	-	Empresa Brasil de comunicação
<b>ET</b>	-	Evapotranspiração
<b>ETp</b>	-	Evapotranspiração Potencial
<b>ETr</b>	-	Evapotranspiração Real
<b>ETA</b>	-	Estação de tratamento de Água
<b>F</b>	-	Fator de Forma
<b>INMET</b>	-	Instituto Nacional de Meteorologia
<b>IBGE</b>	-	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
<b>IC</b>	-	Índice de Circularidade
<b>PMSB</b>	-	Plano Municipal de Saneamento Básico
<b>Q</b>	-	Vazão
<b>SAA</b>	-	Sistema de Abastecimento de Água
<b>SEPLAN</b>	-	Secretaria de Planejamento do Estado do Tocantins
<b>Tc</b>	-	Tempo de Concentração
<b>Kc</b>	-	Coeficiente de Compacidade
<b>Kf</b>	-	Coeficiente de Forma
<b>YD</b>	-	Densidade de Drenagem
<b>UHE</b>	-	Usina Hidrelétrica Lageado

# 1 INTRODUÇÃO

Em dias de tecnologias e globalização a humanidade encontra-se em uma situação surpreendente, uma possível escassez de recursos hídricos e a certeza de que a água é um recurso finito, com tantos desperdícios e falta de controle no uso das fontes de água, hoje um grande desafio do futuro é consertar os erros cometidos no passado, a fim de manter a disponibilidade dos recursos hídricos para todos.

Problemas como desmatamentos, poluição, desperdícios e falta de eficiência política faz com que o Brasil sofra com a falta de água em alguns estados.

O Brasil é privilegiado com 12% do total de reservas de água doce do planeta, detém ao mesmo tempo o maior rio e o maior aquífero subterrâneo do mundo e apresenta também índices recorde de chuvas (REBOUÇAS, 1999).

Durante o Império, as ideias para solucionar o problema da seca surgem em alguns momentos, através de políticas, como no ano de 1831, quando o governo imperial adota providências para o combate da seca como, por exemplo, a decisão da Regência Trina, que autorizava a abertura de poços artesianos profundos (COELHO, 2004).

Neste meio a manutenção de recurso hídricos decorre de mecanismo naturais de controle desenvolvidos ao longo de processos evolutivos da própria natureza. Um exemplo deste mecanismo é a relação íntima entre a cobertura vegetal e a água, especialmente na cabeceira dos rios onde estão suas nascentes, é uma condição natural de equilíbrio dinâmico que está sendo alterado constantemente pelo homem através do desmatamento, crescimento da agricultura, abertura de estradas, crescimento populacional, criação de assentamentos e vários outros processos de transformação antrópica da paisagem, que alteram assim o ciclo da água.

Estudos de vazões de água para abastecimento público vêm da necessidade de se compreender o funcionamento da necessidade humana de oferta e demanda de água para uma cidade. A importância de se adotar a bacia onde se encontra as

fontes como unidade hidrológicas, está ligada ao fato de que suas características estão intimamente ligadas com a produção de água.

## 1.1 Objetivos

### 1.1.1 Objetivo Geral

Verificar o período que a oferta de abastecimento de água seja insuficiente para a demanda da cidade de Palmas - TO, região central e sul.

### 1.1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos dessa pesquisa são:

- Verificar as disponibilidades de oferta hídrica que abastecem a cidade de Palmas – TO.
- Realizar análise hidrológica de precipitações da cidade de Palmas - TO e fazer discursões.
- Apresentar resultados alternativos para o abastecimento da cidade de Palmas - TO.

## 1.2 Justificativa e Importância do Trabalho

É de fundamental importância a observação e se possível a prevenção, de um racionamento de água em local onde habitam pessoas, como é o caso de uma cidade. A necessidade de analisar a prevenção de falta de água é muito importante, pois sem ela a vida não é possível. E hoje diante de crises no setor hídrico em vários locais do Brasil e com o aumento populacional nas regiões urbanas o investimento governamental tende a ser focado nos grandes centros.

Um item importante é a conscientização, mobilização e organização das comunidades, que se inteirarem nos elementos que motivam a vontade pública, e que a questão dos recursos hídricos deixe de ser apenas um assunto técnico e passe ter como reivindicação popular prioritária, conseguindo assim mobilizar os governantes a ponto de incluir a matéria em suas agendas políticas. Assim, espera-se que haja um consenso e que seja necessário um gerenciamento nacional e regional sobre a água e sobre os ecossistemas que reciclam e garantem a qualidade e a quantidade das ofertas que temos hoje.

Em meio ao crescimento populacional e as tendências de crescimento da sociedade, a industrialização, poluição, produção de alimentos e diminuição de recursos naturais, podemos prever que o limite de crescimento de uma cidade será alcançado futuramente.

### 1.3 Estrutura do Trabalho

Na execução deste trabalho foi desenvolvida a Pesquisa bibliográfica, determinando o estudo em 5 tópicos: tópico 01 introdução, tópico 02 Referencial Teórico, tópico 3 Metodologia, 4 Resultados e discursões e 5 Conclusão e sugestões. Logo após apresentados às referencias bibliográficas.

Na introdução foram expostos os objetivos, justificativas e organização, demonstrando a visão integral da pesquisa realizada.

No referencial teórico foi apresentada toda a base da pesquisa, embasado em teorias de especialistas estudiosos peritos no assunto, de modo a entender o norteamento da certificação ambiental, por meio do material bibliográfico.

Desta forma, a metodologia mostra como consistiu a fonte de pesquisa e a forma como o trabalho foi elaborado, sendo por meio de uma revisão bibliográfica.

Foi avaliado o conhecimento sobre o assunto produzido nas pesquisas prévias, primeiramente foi feito uma análise de texto para a obtenção de uma visão geral sobre o assunto. Depois uma análise minuciosa e por último a análise interpretativa que foi uma visão crítica, observando a importância e contribuição do tema pertinente para o desenvolvimento deste trabalho.

O trabalho oferece demonstração quanto à redução dos recursos hídricos e impactos ambientais, bem como as suas consequências para a população que usufrui destes bens naturais.

Na conclusão são evidenciadas as opiniões conclusivas, de maneira a finalizar o assunto, de maneira a agregar conhecimento e implementá-lo para sua aplicação na Engenharia Civil.

Foram propostas medidas alternativas para soluções de problemas causados por impactos ambientais gerando a redução dos recursos naturais envolvidos no consumo da população. Em seguida as referencias bibliográficas que serviram de base para a pesquisa e desenvolvimento deste trabalho.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Hidrologia

Segundo Alvarez (1988), a hidrologia na maior parte de seu âmbito infere os seus princípios a partir de séries históricas, sendo de conhecimento que resulta da observação sistemática dos fenômenos hidrológicos no decorrer do tempo. Muitos dados hidrológicos, como por exemplo, a ocorrência das precipitações atmosféricas e as vazões de enchentes, são elementos de natureza histórica porque cada um deles constitui um evento que não pode ser repetido na prática sob o controle de um experimentador.

De acordo com Robinson (1993), estudos hidrológicos em bacias hidrográficas vem da necessidade de se compreender o funcionamento dos balanços hídricos, os processos que controlam movimentos da água e os impactos de mudanças do uso de terra sobre a qualidade e quantidade da água, a importância de se adotar a bacia como unidade hidrológica está ligada ao fato de que suas características estão intimamente relacionadas com a produção de água.

Conforme Alvarez (1988), a hidrologia Estocástica pode efetuar o estudo estocástico de um número limitado de variáveis, com a finalidade de se estender ou se ampliar a amostragem disponível ou a consideração de leis estatísticas na previsão do regime de cursos de água para o futuro, deixando de considerá-lo uma simples repetição de eventos passados, e como a aplicação da hidrologia paramétrica pode ser citado os processos para obtenção de hidrogramas unitários sintéticos e os métodos de reconstituição de hidrogramas em função de dados meteorológicos e parâmetros físicos das bacias hidrográficas.

Alvarez (1988), afirma que há um grande reservatório de vapor de água que apresenta algumas regiões de água no estado líquido, formando micro gotículas que constituem os nevoeiros e as nuvens. Em consequência de fenômenos mecânicos e termodinâmicos, os elementos dessa fase condensada ou se evaporam de novo, ou

se aglomeram para dar lugar as precipitações, as vezes em decorrência de particulares condições de temperatura, em lugar de micro gotículas pode haver formação de minúsculas partículas de gelo.

Segundo Lima (1996), a água é o suporte e a componente principal de todos os seres vivos, sem ela não seria possível a existência de vida na Terra. Como sabiamente afirmou Leonardo da Vinci, a água é um dom divino da Natureza. Direta ou indiretamente, a água é indispensável a todas as atividades humanas. A água constituiu e constitui um instrumento de progresso, um fator de desenvolvimento e um agente modelador de civilizações e de culturas. A água está intimamente ligada à história da humanidade.

Conforme Alvarez (1988), para o máximo aproveitamento dos recursos hídricos de uma bacia é recomendável que o estudo abranja a bacia hidrográfica como um todo, evitando-se eventuais conflitos decorrentes dos diversos usos da água pelo homem. É fundamental também que as decisões sobre as providencias, diretrizes e obras estejam fundamentadas em fatos e números concretos. Os fatos e números referentes à disponibilidade, à quantidade, à qualidade, aos usos e ao controle e à conservação dos recursos hídricos constituem os dados básicos para o planejamento integrado de uma bacia hidrográfica.

A precipitação se dá pela aglutinação de gotículas de água em torno de núcleos de condensação, quando as massas das gotas atingem magnitudes suficientes para vencer pela gravidade, as forças de sustentação, e sua média anual sobre os oceanos e continentes correspondem a uma altura de lâmina d'água em torno de 1040m. (RIGHETTO, 1998)

A probabilidade de ocorrência de um evento hidrológico indesejável, seja com relação às grandes precipitações que provocam enchentes, seja com as grandes estiagens, é um parâmetro fundamental para a avaliação e projeto de sistemas hídricos como reservatórios, canais, vertedouros, bueiros, galerias de água pluviais tec. (RIGHETTO, 1998)

Na engenharia hidrológica, chuvas intensas são aquelas que provocam cheias nos sistemas de drenagens, por exemplo, são chuvas que geram escoamentos pluviais nas galerias e canais, tais como, as vazões de pico atingem valores próximos da capacidade do sistema, as chuvas intensas podem também causar enchentes, isto é, podem gerar vazões superiores a capacidade do sistema de drenagem, resultando em inundações. (RIGHETTO, 1998)

As intensidades de chuva em geral são expressas em mm/h, mm/min ou mm/d. São obtidos a partir de registros de pluviógrafos e análise dos pluviógrafos. Com esse pluviógrafo, quantifica-se altura pluviométrica, da precipitação, assim como a intensidade de chuva nos intervalos de tempo considerados dentro da duração da chuva, em geral, com a resolução dos pluviógrafos mecânicos convencionais, consegue-se extrair informações da precipitação em intervalos de tempo de 10min. (RIGHETTO, 1998)

Segundo Silva (2006), em determinadas ocasiões, a natureza parece trabalhar em excesso, quando provoca chuvas torrenciais que ultrapassam a capacidade dos cursos d'água provocando inundações. Em outras ocasiões parece que todo o mecanismo do ciclo parou completamente e com ele a precipitação e o escoamento superficial. E são precisamente estes extremos de enchente e de seca que mais interessam aos engenheiros, pois muitos dos projetos de Engenharia Hidráulica são realizados com a finalidade de proteção contra estes mesmos extremos.

## **2.2 Ciclo Hidrológico**

De acordo com Riguette (1998), denomina-se ciclo hidrológico o processo natural de evaporação, condensação, precipitação, detenção e escoamento superficial, infiltração, percolação da água no solo e nos aquíferos, escoamentos fluviais e interações entre esses componentes.

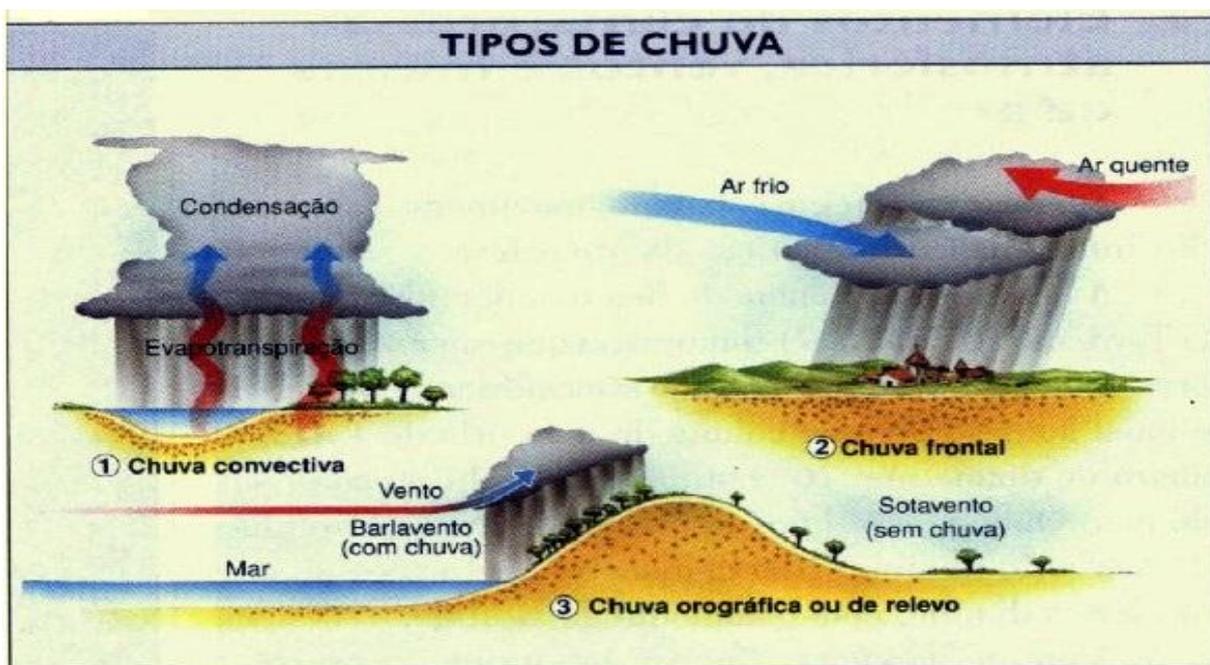
A precipitação pode assumir diversas formas, incluído: chuva, neve, granizo e orvalho, com relação à hidrologia, apenas a chuva e a neve são importantes, precipitação de grande quantidade podem causar danos à agricultura e a estruturas de barragens, e a ausência de chuvas por longos períodos reduz a vazão dos rios, causando a diminuição do nível dos reservatórios. (GRH UFBA 2012)

### **2.2.1 Tipos de Precipitações**

As precipitações podem ser classificadas em convectivas: quando em tempo calmo, o ar úmido for aquecido na vizinhança do solo, podem-se criar camadas de ar

que se mantêm em equilíbrio. Perturbado o equilíbrio, forma-se uma brusca ascensão local do ar menos denso que atingirá seu nível de condensação com formação de nuvens, e muitas vezes, precipitação. Orográficas: quando os ventos quentes e úmidos, soprando geralmente do oceano para o continente, encontra barreira montanhosa que se elevam e se resfriam havendo condensação de vapor formando nuvens e ocorrências de chuvas, são aquelas chuvas de pequena intensidade. Frontais ou ciclônicas: provém da interação de massas de ar quente e frias, nas regiões de convergência na atmosfera, o ar quente e úmido é violentamente impulsionado para cima, resultando no seu resfriamento e na condensação do vapor de água de forma a produzir a chuva, são as chuvas de grande duração. (GRH UFBA 2012).

São observados diferentes tipos de precipitação na natureza, segue algumas delas. Chuvisco, (neblina ou garoa): precipitação fina e de baixa intensidade; Chuva: ocorrência da precipitação de forma líquida, a chuva congelada é a precipitação constituída por gotas de água sobrefundidas que congelam instantaneamente quando se chocam contra o solo formando uma capa de gelo; Neve: precipitação em forma de cristais de gelo que durante a queda coalescem formando blocos de dimensões variáveis; Saraiva: precipitação sob a forma pequena de pequenas pedras de gelo arredondadas com diâmetro de aproximadamente 5mm; Granizo: Quando as pedras redondas ou de forma irregular, atingem grande tamanho com diâmetro maior ou igual a 5mm; Orvalho: houve a condensação do vapor de água do ar nos objetos que resfriam durante a noite, o resfriamento noturno geralmente baixa a temperatura até o ponto de orvalho; Geadas: é a deposição dos cristais de gelo é semelhante ao orvalho, porém só acontece quando a temperatura é inferior a 0°C. (GRH UFBA 2012)



**Figura 1: Tipos de chuvas, blog, geoconceição.**

**Fonte:** blog, geoconceição (geoconceicao.blogspot.com.br).

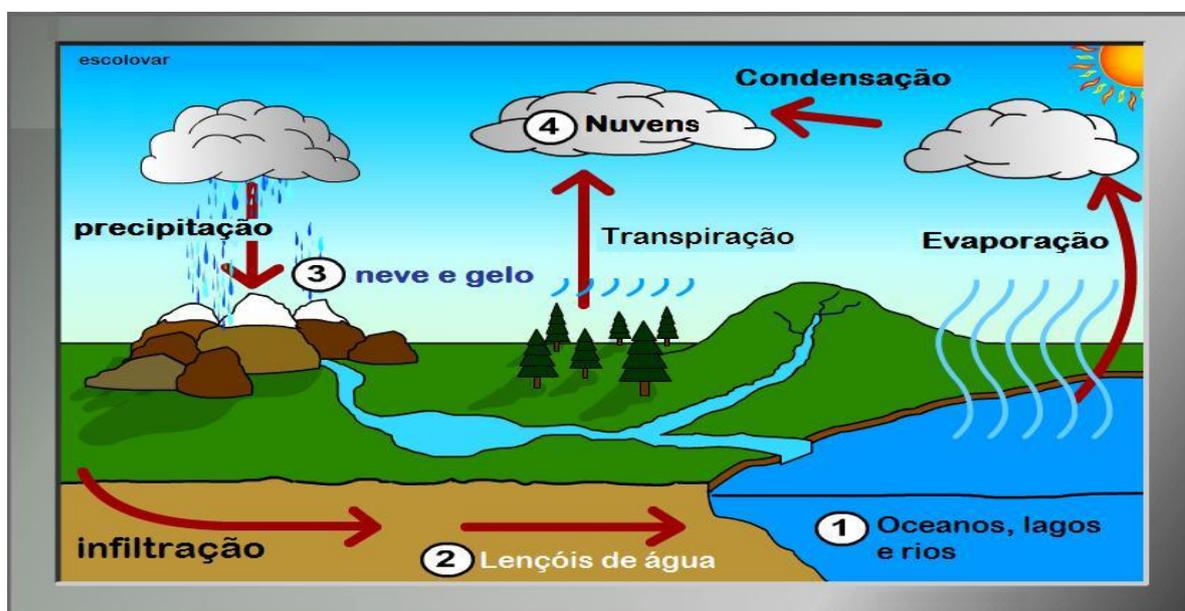
Segundo Daniel (2006), o conceito de ciclo hidrológico está ligado ao movimento e à troca de água nos seus diferentes estados físicos, que ocorre na Hidrosfera, entre os oceanos, os calotes de gelo, as águas superficiais, as águas subterrâneas e a atmosfera. Este movimento permanente deve-se ao Sol, que fornece a energia para elevar a água da superfície terrestre para a atmosfera e à gravidade, que faz com que a água condensada se caia e que, uma vez na superfície, circule através de linhas de água que se reúnem em rios até atingir os oceanos ou se infiltre nos solos e nas rochas, através dos seus poros, fissuras e fraturas (escoamento subterrâneo). Nem toda a água precipitada alcança a superfície terrestre, já que uma parte, na sua queda, pode ser interceptada pela vegetação e volta a evaporar-se.

Já segundo Reichardt (1987), os itens que compõem o ciclo hidrológico são; Precipitação, que é a fonte de água que origina o ponto de partida para todas as análises hidrológicas de pequenas bacias hidrográficas. Interceptação, que é a coleta da chuva sobre a superfície das plantas, pode atingir até 25% da precipitação anual total. Infiltração, refere-se a entrada de água pela superfície do solo. Retenção Superficial refere-se à água permanentemente retida nas depressões da superfície

do solo. Nunca faz parte da enxurrada, podendo apenas infiltrar no solo ou evaporar. Detenção superficial refere-se à água temporariamente detida na superfície do solo, a qual deve originar a enxurrada. Percolação é a parte da precipitação que escorre sobre a terra. É o componente do ciclo hidrológico de maior interesse para a ciência conservacionista.

Os vários componentes do ciclo hidrológico, sujeito às leis da termodinâmica terrestre, a interferência de sistemas físicos de diversas escalas que se caracterizam por grande heterogeneidade, no que se refere às forças atuantes, e as energias envolvidas, apresentam grande aleatoriedade quando observados quantitativamente. Qualquer variável hidrológica, quando analisada experimentalmente, assumirá valores dependentes do local e do tempo e sujeitos às leis probabilísticas. (RIGHETTO, 1998)

A radiação solar é a fonte de energia que promove o aquecimento dos continentes e oceanos, portanto é responsável pela movimentação ascensional da água através do processo de evaporação, convecção vertical de massas de ar e conseqüentemente pelo processo de condensação do vapor d'água. (RIGHETTO, 1998)



**Figura 2:** Esquema ciclo hidrológico.

**Fonte:** Portal do professor ,(<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/>)

Conforme Lima (2006), se aceita que a quantidade de água existente na Terra, nas suas três fases possíveis (sólida, líquida e gasosa), se tem mantido constante ao longo dos tempos, pelo menos desde o aparecimento do homem. Tal quantidade de água está em permanente circulação entre os três grandes “reservatórios” pelos quais se encontra distribuída e que são, por ordem decrescente de importância, os oceanos, a atmosfera e os continentes. O ciclo hidrológico traduz e descreve essa circulação da água nos seus três estados ou fases, sendo uma consequência do princípio da conservação da água na Terra.

Falando agora de escoamento superficial, Antenor Rodrigues (2010), afirma que para descrever a ocorrência do escoamento superficial como fase do ciclo hidrológico é necessário levar em consideração os seguintes fatos. Quando uma chuva atinge determinada área ou bacia hidrográfica, parte de suas águas é interceptada pela vegetação (e/ou outros obstáculos), de onde se evapora posteriormente, e o restante atinge a superfície do solo. Da água que atinge a superfície do solo, parte é retida nas depressões do terreno, parte se infiltra e o restante escoar pela superfície do terreno. É razoável admitir-se que, durante a chuva, as quantidades evaporadas ou evapotranspiradas são desprezíveis. O escoamento da água que atinge a superfície do terreno acontece, portanto, após a intensidade da precipitação superar a capacidade de infiltração do solo (conforme visto no estudo da infiltração) e depois de serem preenchidas as depressões armazenadoras da superfície.

Já para Fonseca (2006), de acordo os fatores climáticos são caracterizadas a intensidade e a duração da precipitação, pois quanto maior a intensidade, mais rápido o solo atinge a sua capacidade de infiltração provocando um excesso de precipitação que escoará superficialmente. A duração também é diretamente proporcional ao escoamento, pois para chuvas de intensidade constante, haverá maior oportunidade de escoamento quanto maior for a duração. Outro fator climático importante é o da precipitação antecedente, pois uma precipitação que ocorre quando o solo está úmido devido a uma chuva anterior, terá maior facilidade de escoamento.

Panachuk (2003), afirma que o processo de infiltração é de importância prática, pois, muitas vezes, determina o balanço de água na zona das raízes e o deflúvio superficial, responsável pelo fenômeno da erosão durante precipitações pluviais. Assim, o conhecimento desse processo e das suas relações com as

propriedades do solo é de fundamental importância para o eficiente manejo do solo e da água nos cultivos agrícolas.

Segundo Reichert (1992), a magnitude da infiltração é severamente reduzida pela formação ou presença do selamento superficial, fenômeno motivado pela pequena porosidade desta camada e à dominância de poros de pequeno diâmetro. A textura do solo afeta sensivelmente o salpico de partículas com impacto das gotas de chuva, o que contribui para uma redução da porosidade da camada superficial do solo.

Libardi (1995), define a infiltração como a entrada de água no solo através da interface solo atmosfera. O termo taxa de infiltração refere-se à quantidade de água que atravessa a unidade de área da superfície do solo por unidade de tempo. Durante o processo de infiltração, estando o solo inicialmente seco, a taxa de infiltração tende a decrescer com o tempo, atingindo um valor final constante.

Segundo Urchei & Fietz (1999) A taxa de infiltração é definida como a taxa de variação da infiltração acumulada ao longo do tempo, sendo representada pela equação abaixo:

Equação 01:

$$I = \frac{Dl}{DT}$$

Onde:

I: taxa de infiltração da água no solo, LT-1;

I = infiltração acumulada, L;

t = tempo, T.

A evapotranspiração é a forma pela qual a água da superfície terrestre passa para a atmosfera no estado de vapor, tendo papel importantíssimo no Ciclo Hidrológico em termos globais. Esse processo envolve a evaporação da água de superfícies de água livre (rios, lagos, represas, oceano, etc), dos solos e da vegetação úmida (que foi interceptada durante uma chuva) e a transpiração dos vegetais. Em uma escala intermediária, a ET assume papel fundamental no balanço

hídrico de área de drenagem hidrográficas, juntamente com a precipitação. O balanço entre a água que entra na área de drenagem pela chuva e que sai por ET, irá resultar na vazão (Q) do sistema de drenagem. (SENTELHAS, 2009)

Para Camargo (2000), a evapotranspiração potencial (ETp), que representa a chuva necessária, é o processo de perda de água para a atmosfera, através de uma superfície natural gramada, padrão, sem restrição hídrica para atender às necessidades da evaporação do solo e da transpiração. A evapotranspiração real (ETr) constitui a perda de água de uma superfície natural, em qualquer condição de umidade e de cobertura vegetal.

Segundo Marcelo Bento (2000), a evapotranspiração potencial corresponde ao processo de transferência da água do solo para a atmosfera, ou a passagem da água do estado líquido para o gasoso. Tal processo requer suprimento de energia, e a única fonte disponível para isso é a radiação solar. A evapotranspiração potencial, portanto, é mais elevada no verão, quando os dias são mais longos e possui maior radiação solar. Nos trópicos a energia solar e a evapotranspiração potencial, no curso do ano, são significativamente mais elevadas que em clima temperado.

### **2.3 Bacias Hidrográficas**

Segundo Tucci (1998), em diferentes áreas técnicas, o homem dimensiona o seu sistema, especificando todos os seus condicionantes sobre os quais tem total controle, tais como a estrutura de um edifício ou um circuito elétrico. Um sistema, como a bacia hidrográfica, não foi dimensionado, mas é resultado de processos naturais.

Cruciani (1976), define micro bacia hidrográfica como sendo a área de formação natural, drenada por um curso d'água e seus afluentes, a montante de uma seção transversal considerada, para onde converge toda a água da área considerada. A área da micro bacia depende do objetivo do trabalho que se pretende realizar.

O monitoramento da micro bacia hidrográfica pode fornecer indicações a respeito de mudanças desejáveis ou indesejáveis que estejam ocorrendo com os recursos hídricos como consequência de práticas de manejo. Podem-se identificar várias práticas que prejudicam a sustentabilidade, podendo estas práticas ocorrer

em diferentes escalas. Na escala micro, ou seja, na escala da propriedade rural, a compactação, a destruição da matéria orgânica e a destruição da microbiologia do solo são alguns exemplos de consequências de práticas de manejo inadequado que degradam o mais importante fator hidrológico da manutenção dos recursos hídricos, que é o processo de infiltração de água no solo. (LIMA, 2000)



**Figura 3:** Modelo esquemático de bacia hidrográfica.

Fonte: (<http://www.semarh.se.gov.br>)

De posse da delimitação da área da bacia, é possível obter diferentes características físicas, como: área da bacia, perímetro, coeficiente de compacidade, fator de forma, índice de circularidade, declividade, altitude, densidade de drenagem e ordem dos cursos d'água. (CARDOSO E DIAS, 2006)

A cobertura vegetal exerce função hidrológica de interceptação e redistribuição da água da chuva. A maior quantidade da água da chuva atravessa o dossel da floresta, atingindo o piso florestal recoberto de serapilheira. Nesse processo, o papel exercido pela serapilheira na diminuição da erosão superficial é fundamental, evitando o selamento do solo e permitindo a infiltração da água no solo. (COELHO NETO, 1985)

As características físicas e bióticas de uma bacia hidrográfica possuem importantes papel nos processos do ciclo hidrológico, assim é influenciada a infiltração, a quantidade de água produzida como deflúvio, a evapotranspiração e os escoamentos superficial e sub-superficiais. (LIMA, 1986)

A bacia hidrográfica pode ser considerada um sistema geomorfológico aberto, e como tal ela se encontra, mesmo quando não perturbada, em contínua flutuação, num estado de equilíbrio transacional ou dinâmico. Ou seja, a adição de energia e a perda de energia do próprio ecossistema encontram-se sempre em delicado balanço. (LIMA, 1986)

As características físicas de uma bacia constituem elementos de grande importância para avaliação de seu comportamento hidrológico, pois, ao se estabelecerem relações e comparações entre eles e dados hidrológicos conhecidos, podem-se determinar indiretamente os valores hidrológicos em locais nos quais faltem dados. (VILELA E MATTOS, 1975)

A quantificação da disponibilidade hídrica serve de base para o projeto e planejamento dos recursos hídricos. Para tanto, é preciso expressar, quantitativamente, todas as características de forma, de processos e de suas inter-relações. Cabe ressaltar que nenhum desses índices, isoladamente, deve ser entendido como capaz de simplificar a complexa dinâmica da bacia, a qual inclusive tem magnitude temporal. (CARDOSO E DIAS, 2006)

Segundo Cardoso e Dias (2006), uma possibilidade de representar o relevo é por meio de um mapa do sombreamento ou iluminação da topografia. Nesse caso, a variável representada é uma simulação do nível de luz (ou sombra) refletida pelo relevo ao ser iluminado pelo sol situado numa exposição geográfica determinada. As áreas de maior declividade, que se encontram expostas ao sol, refletirão muita luz e serão, portanto, muito visíveis; aquelas áreas que se encontram nas encostas não iluminadas diretamente pelo sol não refletirão luz e aparecerão escuras no modelo.

### **2.3.1 Área da Bacia**

Para Silva (2006), a área de drenagem é a área plana (projeção horizontal) inclusa entre os seus divisores topográficos. A área de uma bacia é o elemento básico para o cálculo das outras características físicas. É normalmente obtida por planimetria ou por pesagem do papel em balança de precisão, são muito usados os mapas do IBGE (escala 1:50.000). e que a forma de uma bacia é uma das características mais difíceis de serem expressas em termos quantitativos. Ela tem efeito sobre o comportamento hidrológico da bacia, como por exemplo, no tempo de

concentração ( $T_c$ ).  $T_c$  é definido como sendo o tempo, a partir do início da precipitação, necessário para que toda a bacia contribua com a vazão na seção de controle.

Conforme Tomaz (2013), o tempo de concentração é o tempo que leva uma gota de água mais distante até o trecho considerado na bacia. Existem três maneiras em que a água é transportada em uma bacia: a primeira é o escoamento superficial, a segunda é o escoamento em tubos e a terceira é o escoamento em canais, incluso sarjetas. Existem várias fórmulas empíricas para determinar o valor do tempo de concentração, mas sem dúvida o melhor é usar o método cinemático. A obtenção do tempo de concentração é uma informação importante, porém difícil de ser obtida.

Segundo Junior (2009), a área da bacia hidrográfica é determinada em mapas topográficos. Para a sua determinação é preciso, em primeiro lugar, realizar o traçado do contorno da bacia, ou seja, estabelecer o traçado da linha de separação das bacias vizinhas. Delimitada a bacia, a sua área pode ser determinada com o uso de um planímetro ou eletronicamente (cálculo computacional), quando se dispõe do mapa digitalizado. Alternativamente ao uso do planímetro, embora mais laborioso, pode-se ainda utilizar o método das quadrículas: sobre o mapa topográfico se superpõe uma grade quadriculada em escala conhecida e contam-se as quadrículas interiores ao mapa topográfico; multiplicando-se o número de quadrículas pela área de cada quadrícula, obtém-se a área da bacia hidrográfica.

Para Silva (2006), o coeficiente de compacidade ( $K_c$ ): é a relação entre o perímetro da bacia e o perímetro de um círculo de mesma área que a bacia. O mesmo é representado pela equação abaixo.

Equação 02:

$$k_c = \frac{PBH}{P_c}$$

Onde:

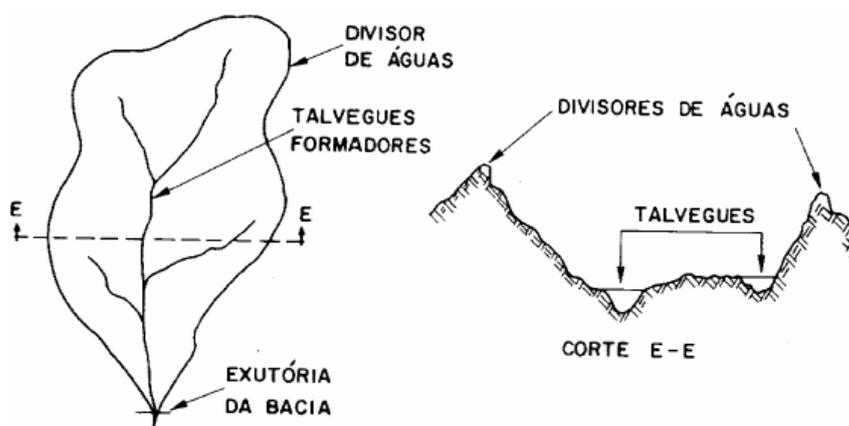
$K_c$ : é sempre um valor  $> 1$  (se fosse 1 a bacia seria um círculo perfeito). Quanto menor o  $K_c$  (mais próximo da unidade), mais circular é a bacia, menor o  $T_c$  e maior a tendência de haver picos de enchente.

### 2.3.2 Fator de Forma da Bacia

Equação 03:

$$K_f = \frac{L'}{L}$$

Segundo Silva (2006), fator de forma ( $K_f$ ): é a razão entre a largura média da bacia, e ( $L$ ) é o comprimento do eixo da bacia ( $L$ ) (da foz ao ponto mais longínquo da área). Quanto menor o  $K_f$ , mais comprida é a bacia e, portanto, menos sujeita a picos de enchente, pois o  $T_c$  é maior e, além disso, fica difícil uma mesma chuva intensa abranger toda a bacia. Representada pela equação abaixo:



**Figura 4:** Modelo esquemático de bacia hidrográfica. ( caracterização de bacia )

**Fonte:** Odebrecht Ambiental 2015.

De acordo com Villela e Matos (1975), a forma da bacia é determinada por índices que relacionam com formas geométricas conhecidas, como o fator de forma ( $F$ ), coeficiente de compactidade ( $K_c$ ) e índice de circularidade ( $IC$ ). A forma superficial de uma bacia hidrográfica é importante na determinação do tempo de concentração, ou seja, o tempo necessário para que toda a bacia contribua para a

sua saída após uma precipitação. Quanto maior o tempo de concentração, menor a vazão máxima de enchente, se mantidas constantes as outras características.

### **2.3.3 Perímetro da Bacia**

Segundo Cruz (2006), o perímetro da bacia hidrográfica é o comprimento da linha de contorno da bacia em planta (divisor de águas, linha divisora de água que delimita a bacia), e para obter o mesmo pode-se usar softwares usando o método das coordenadas geográficas.

### **2.3.4 Densidade de Drenagem**

Segundo Cruz (2006) a densidade de drenagem  $D$  é a relação entre o comprimento total dos cursos de água de uma bacia e a sua área, faz-se os cálculo pelo seguinte método: traça-se um retângulo completamente inserido dentro da bacia e faz a relação com a área total da área da bacia.

Para Alvarez (1988), é a relação entre o comprimento total dos cursos de água efêmeros, intermitentes e perenes de uma bacia hidrográfica e a área total da mesma bacia. Se existir um número bastante grande de cursos de água numa bacia, o deflúvio atinge rapidamente os rios, haverá provavelmente picos de enchentes altos e deflúvio de estiagem baixo.

O sistema de drenagem de uma bacia hidrográfica é constituído pelo curso d'água principal mais os tributários, e as características da rede de drenagem de uma bacia hidrográfica podem ser razoavelmente descritas pela ordem dos cursos d'água, densidade de drenagem, percurso médio do escoamento superficial e pela sinuosidade do curso d'água, que são elementos adiante caracterizados. (JUNIOR, 2009)

Segundo Junior (2009) a densidade de drenagem de uma bacia hidrográfica,  $\lambda_d$ , dá uma boa indicação do grau de desenvolvimento do sistema. É obtida dividindo-se o comprimento total dos cursos d'água da bacia hidrográfica, incluindo-se os perenes, intermitentes e efêmeros, pela área de drenagem.

### 2.3.5 Inclinação Média das Vertentes

A magnitude dos picos da enchente, a maior ou menor oportunidade de infiltração e susceptibilidade para a erosão dos solos dependem da rapidez com que ocorre o escoamento sobre os terrenos da bacia. O método mais comum que se utiliza para calcular a inclinação média das vertentes é proceder ao cálculo de pontos aleatoriamente colocados na bacia e calcular sua média. (CRUZ, 2006)

Segundo Alvarez (1988), às vezes tem-se interesse em se ter curvas que deem a distribuição das declividades de uma bacia, e essas curvas apresentam em abcissas (em % ou em km<sup>2</sup>) as superfícies dos terrenos cuja declividade excede os valores marcados em ordenadas, essas curvas são importantes para o estudo de erosão.

### 2.3.6 Retângulo Equivalente

Segundo Cruz (2006), o retângulo equivalente é uma forma de ajuizar a influência das características da bacia sobre o escoamento. O perímetro e a área são iguais ao da bacia.

Equação 04:

$$L = \frac{K_c \times \sqrt{A}}{1,12} + \frac{K_c \times \sqrt{A}}{1,12} \times \sqrt{1 - \left(\frac{1,12}{K_c}\right)^2}$$

em que:

$$I = \left(\frac{P}{2}\right) - L$$

K<sub>c</sub> = coeficiente de compacidade;

A = área da bacia;

P = perímetro da bacia.

Segundo Junior (2009), a construção do retângulo equivalente é feita de modo que, na escala escolhida para o desenho: a área do retângulo seja igual à área de drenagem da bacia hidrográfica natural, isto é, retângulo e bacia hidrográfica têm mesma área  $A$ ; o perímetro do retângulo seja igual ao perímetro da bacia natural (retângulo e bacia hidrográfica têm mesmo perímetro  $Per$ ); e, além disso, bacia hidrográfica e retângulo devem apresentar o mesmo coeficiente de compactidade,  $kc$ .

### **2.3.7 Curva Hipsométrica**

Segundo Junior (2009), a curva hipsométrica é uma forma de se fazer a representação gráfica do relevo médio da bacia hidrográfica. Ela fornece a variação de elevação dos terrenos da bacia com relação ao nível do mar. A sua construção gráfica é feita em termos da porcentagem da área de drenagem da bacia hidrográfica que se encontra acima (ou abaixo) das várias elevações.

## **2.4 Cobertura Vegetal e Camada Superficial do Solo**

A vegetação influencia, ainda, o processo de infiltração: as raízes modificam a estrutura do solo, provocando fissuras que, juntamente com a redução da velocidade do escoamento superficial, favorecem a infiltração. Por isso, quando uma bacia é parcialmente urbanizada, ou sofre desmatamento, tem-se em consequência um aumento do escoamento superficial, em decorrência das menores perdas por interceptação, transpiração e infiltração. Com o desmatamento, o escoamento superficial se dará de forma mais rápida sobre um terreno menos permeável e menos rugoso, o que intensifica o processo de erosão e de carreamento de sólidos às calhas fluviais, lagos e reservatórios, acelerando o assoreamento. O maior volume do escoamento superficial e o menor tempo de resposta da bacia resultam no aumento das vazões de pico que, juntamente com a redução da calha natural do rio, provocam frequentes inundações. (JUNIOR, 2009)

Segundo Alvarez (1988) a cobertura vegetal, especialmente as florestas e os campos cultivados, soma sua influência a dos fatores geológicos para condicionar a

rapidez do escoamento superficial, as taxas de evaporação e a capacidade de retenção, Para cada bacia deve então determinar a porcentagem da área da bacia coberta de florestas e de campos cultivado.

## 2.5 Pluviometria

A precipitação pluvial tem sido bastante estudada em diferentes regiões do mundo, em face de sua importância no ciclo hidrológico e a manutenção dos seres vivos no planeta. As secas constituem sério problema para a sociedade humana e para os ecossistemas naturais. (AGRIAMBI, 2010)

As irregularidades no regime pluviométrico são provocadas pelas mudanças da frequência e/ou intensidade dos eventos de precipitação. O melhor entendimento do comportamento da precipitação pluvial, com vistas ao seu aproveitamento máximo, pode ser obtido com o estudo do número de dias de chuva. (AGRIAMBI, 2010)

Segundo Tavares e Eliz (1980), o estudo das chuvas máximas (24 horas) apresenta grande interesse, não só por sua aplicação em estudos hidrológicos e na agricultura, mas também sob o ponto de vista climatológico, contribuindo para o estudo dos sistemas sinóticos associados às ocorrências de chuvas máximas.

A determinação da chuva de projeto é um dos procedimentos mais inseguros do Método Racional. As bases de dados de séries históricas dão conta das chuvas máximas mensais em diferentes estações pluviométricas com bastante precisão. No entanto, a fixação da intensidade máxima depende de uma distribuição de precipitações ao longo dos dias de chuva máxima que depende do tempo de escoamento / retardamento na bacia. (AGRIAMBI, 2014)

Conforme Righetto (1998), o método científico caracteriza-se pela utilização de uma sequência de procedimentos a partir de uma hipótese inicial, partindo-se de algumas premissas, constrói-se um modelo ou método de estimativa, que compreende o procedimento de dedução, os resultados obtidos através desse modelo, são comparados com os dados observados, dependendo do grau de desajustes entre os valores simulados e os observados, realiza-se o procedimento de indução, com o aprimoramento das hipóteses ou premissas do modelo.

Também segundo Righetto (1998), a escolha do método a ser analisado e ao grau de detalhamento da área a ser estudada, vários critérios podem ser utilizados, se o estudo tem por objetivo a obtenção de valores de predição para fins de projetos ou de avaliação da capacidade de alguma estrutura hidráulica, em geral utilizam-se modelos simplificados, baseados em metodologias de ampla aceitação, no entanto se o estudo visa ao entendimento dos processos hidrológicos envolvidos em um determinado sistema, a investigação científica deve utilizar modelos mais elaborados, no sentido de permitir a análise dos vários componentes do ciclo hidrológico que participam do fenômeno físico.

Para Righetto (1998), um procedimento que favorece o estabelecimento de homogeneidade dos dados é a escolha da unidade temporal em que se consideram os valores de precipitação. Quanto menor a unidade temporal, maior será a heterogeneidade dos dados, pois, precipitações de naturezas distintas estarão sendo tomadas como pertencentes a uma mesma população, se aumentar a unidade temporal pode-se alcançar uma situação em que é razoável admitir que os diversos efeitos físicos e meteorológicos estejam presentes em todas as observações realizadas.

A agência Nacional das Águas disponibiliza as séries pluviométricas pelo sistema de informações hidrológicas Hidro Web, nas quais se observam falhas diárias, mensais e anuais, muitas vezes inviabilizando a utilização dessas séries. A existência de falhas nas séries históricas se deve, basicamente, à ausência do observador, falhas nos mecanismos de registro, perda das anotações ou das transcrições dos registros pelos operadores e encerramento das observações, entretanto, como existe a necessidade de se trabalhar com séries contínuas, essas falhas necessitam ser preenchidas. (STRECK, 2009)

O preenchimento das falhas nas séries históricas, recomendam a seleção das estações meteorológicas da mesma região eco climática e altitude semelhante, caracterizando-a como hidro logicamente homogênea. (LEIVAS, 2005)

Segundo Pruski (2004), existe o método da ponderação regional com base em regressões lineares, que consiste em estabelecer regressões lineares entre os postos com dados a serem preenchidos,  $P_x$ , e cada um dos postos vizinhos,  $P_1$ ,  $P_2$ , ...,  $P_N$ . De cada uma das regressões lineares efetuadas obtém-se o coeficiente de correlação, sendo o preenchimento realizado com base na seguinte equação abaixo.

Equação 05:

$$P_x = + \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n * \frac{N_x}{N_i} * P_i$$

Onde:

$P_x$ : precipitação anual da estação a ter a falha na série preenchida (mm).

$P_i$  = precipitação anual da estação vizinha de ordem “i” para o ano em que se verificou a falha (mm).

$N_x$  e  $N_i$  = precipitações médias anuais das estações a ter a falha na série preenchida e da vizinha de ordem “i”, respectivamente (mm)  $n$  = número de estações vizinhas.

## 2.6 Modelos Hidrológicos

Modelo é uma representação do comportamento do sistema. Os modelos usualmente são classificados em três tipos. Físicos, que representa o sistema por um protótipo em escala menor, na maior parte dos casos, na hidráulica a teoria da semelhança é utilizada para o estabelecimento dos modelos reduzidos. Analógicos, valem-se da analogia das equações que regem diferentes fenômenos para modelar no sistema mais conveniente. Já os modelos matemáticos, também chamados de digitais, são os que representam a natureza do sistema, através de equações matemáticas, estes modelos são mais versáteis, porque pode facilmente modificar a sua lógica, obtendo-se resultados de diferentes situações de um mesmo sistema ou de diferentes sistemas, além da grande velocidade de resposta. (TUCCI, 1998)

Segundo Tucci (1998), o modelo hidrológico é uma ferramenta que a ciência desenvolveu, para melhor entender e representar o comportamento da bacia hidrográfica e prever condições diferentes das observadas. A simulação hidrológica é limitada pela heterogeneidade física da bacia e dos processos envolvidos, o que tem propiciado o desenvolvimento de um grande número de modelos que se

diferenciam em função dos dados utilizados, das prioridades da representação dos processos e dos objetivos a serem alcançados.

De acordo com Alvarez (1988), algumas urgências para solução do problema de planejamento e a eventual inexistência ou não disponibilidade imediata de dados hidrológicos, os dados básicos para o planejamento poderão ser gerados utilizando-se métodos simplificados e a correlação com dados de outras bacias vizinhas de características ou comportamento hidrológico semelhante.

Conforme Tucci (1998), existem definições importantes para melhor compreender o sistema e modelo que o representa. Fenômeno: é um processo físico, que produz alteração de estado no sistema, como precipitação, evaporação e infiltração. Variável: descreve quantitativamente um fenômeno, variando no espaço e no tempo, como por exemplo, uma vazão é uma variável que descreve o estado do escoamento. Parâmetro: é um valor que caracteriza o sistema, o parâmetro também pode variar com o espaço e o tempo, como por exemplo, rugosidade de uma seção de um rio, área de uma bacia hidrográfica e áreas impermeáveis de uma bacia.

Segundo Tucci (1998), para exemplificar as definições apresentadas considerando que o escoamento de um reservatório (sistema) é representado pela equação da continuidade.

Equação 06:

$$K * \frac{dQ}{dt} + Q = I$$

Onde

dQ: é a variável de estado do sistema.

Q: é a variável de saída;

I: é a variável de entrada do sistema;

t: é o tempo;

K: o parâmetro que varia de acordo com o reservatório específico, e portanto, caracteriza o sistema que a equação está simulando.

A estimativa sem dados históricos é usado quando não existem dados sobre as variáveis do sistema, pode-se estimar os valores dos parâmetros baseando-se

em informações das características físicas do sistema. Ajuste por tentativas: é o processo em que existindo valores das variáveis de entrada e saída, são obtidos por tentativas os parâmetros que melhor representem os valores observados através do modelo. Por otimização: utiliza os mesmos dados do processo por tentativa, mas, por métodos matemáticos, otimiza uma função objetiva que retrata a diferença entre os dados observados e calculados pelo modelo. Por amostragem: os valores dos parâmetros são obtidos através de medições específicas no sistema, por exemplo, a estimativa da rugosidade de um canal e a área de uma bacia hidrográfica. (TUCCI, 1998)

Segundo Silva (2010) os parâmetros característicos de precipitações intensas são: duração, que corresponde ao tempo considerado para a chuvada, dependendo da chuva pode ser da ordem de grandezas de horas, ou mesmo dias, e no caso de passagem hidráulica pode ser de horas ou mesmo minutos; Intensidade: corresponde à relação entre a altura de precipitação caída e a sua duração; Frequência: traduzida em geral, por uma ocorrência num determinado número de anos. Pode ser descrita com a equação abaixo.

Equação 07:

$$I = \frac{AT}{(Tp + b)}$$

Onde

Tb: tempo de precipitação (min)

I: intensidade de precipitação (mm/h)

T: período de retorno (anos)

Matos e Silva (1986), obtiveram curvas de IDF a partir do tratamento estatístico das séries de valores máximos de intensidade de precipitação para diferentes durações e para a mesma frequência de ocorrência. Usaram o método dos mínimos quadrados, das intensidades de precipitações correspondentes a diversas durações para um dado período de retorno, de uma curva exponencial.

Definida pela equação abaixo:

Equação 07:

$$I = AT^{-b}p$$

Onde :

I: intensidade de precipitação (mm/h)

Tb: tempo de precipitação (min)

A,b: constantes indicadas em mapas.

De acordo com Silva (2010), para calcular a precipitação útil, o SCS (1972 e 1973), baseia-se na definição de uma grandeza designada por capacidade máxima de retenção da bacia hidrográfica, que quantifica a capacidade da bacia para reter a água não utilizável na geração do escoamento superficial. Calculada pela seguinte equação.

Equação 08:

$$Smr = \frac{25400}{CN} - 254$$

Onde:

Smr: Capacidade máxima de retenção segundo o SCS (mm);

CN: Número de escoamento segundo o SCS.

Conforme Tucci (2004), a intensidade da precipitação com um determinado risco, Tr, é obtida pela curva IDF do local, geralmente expressa por:

Equação 09:

$$I = A \frac{Tr}{(t + c)}$$

Onde

Tr :é o tempo de retorno em anos;

I: é a intensidade da precipitação em mm/h;

t: é a duração em minutos;

a, b, c e d: são parâmetros ajustados para o local.

Segundo Tomaz (2013), o método racional é um método indireto e foi apresentado pela primeira vez em 1851 por Mulvaney e usado nos Estados Unidos por Emil Kuichling em 1889 e estabelece uma relação entre a chuva e o escoamento superficial (deflúvio). O nome método Racional é para contrapor os métodos antigos que eram empíricos e não eram racionais. É usado para calcular a vazão de pico de uma determinada bacia, considerando uma seção de estudo. É representado pela equação abaixo:

Equação 10:

$$Q = \frac{C.I.A}{360}$$

Onde:

Q= vazão de pico (m<sup>3</sup> /s);

C= coeficiente de escoamento superficial varia de 0 a 1.

C= volume de runoff/ volume total de chuva I= intensidade média da chuva (mm/h);

A= área da bacia (ha).

## 2.7 Modelos Hidrodinâmicos em Rios

As equações do escoamento necessitam de condições iniciais e de contornos das variáveis dependentes para resolver as mesmas dentro da região delimitada por condições iniciais. As condições iniciais representam o estado do sistema no início da simulação em todas as seções ao longo do trecho. (TUCCI, 1998)

Segundo Tucci (1998), as equações do escoamento unidimensional em função da velocidade e da profundidade são:

Equação 11:

$$\frac{(b+Y)}{(t+a)} * \frac{V}{x} + VB * \frac{Y}{x} = 0 ; \quad \frac{1}{(g)} * \frac{V}{t} + * \frac{V}{g} * \frac{V}{x} + \frac{Y}{x} = (S_0 - S_f)$$

Onde:

Y: é a profundidade;

V: é a velocidade;

g: é a aceleração da gravidade;

x: é a distancia longitudinal ;

t: é o tempo;

So: é a declividade do fundo;

Sf: é a declividade da linha de atrito e b a largura.

Conforme Tucci (1998), as condições de contornos externas são especificadas em função do regime a ser simulado. Quando o regime é subcrítico, devem-se especificar uma condição a montante e outra a jusante já que os efeitos se propagam segundo as linhas características. No caso em que o regime é supercrítico devem-se especificar as duas condições a montante. E as condições de contornos internas se tratam de um sistema fluvial que dificilmente possui características físicas uniformes. Quando as variações morfológicas não são grandes as equações básicas de escoamento, gradualmente variáveis, podem representar o escoamento sem muito erro.

Tucci (1998), afirma que o modelo IPH II baseia-se num algoritmo de separação de escoamento desenvolvido por Berthlot (1970), o referido autor utilizou a equação de continuidade em combinação com a equação de Horton e uma função empírica para a percolação, daí muitos outros autores utilizaram estes algoritmos para compor um modelo de precipitação-vazão aplicado, respectivamente, as bacias dos rios Capivari (Santa Catarina).

Segundo Tucci (1998), modelos IPH III e IPH IV se baseiam na discretização da bacia em sub-bacias e em trechos de canais, esta versão utiliza a estrutura do modelo IPH-II para simular cada sub-bacia e para trechos de rio com as seguintes opções: Versão IPH III: modelo onda cinemática para canal e modelo de pulz para

reservatório. Versão IPH IV: modelo hidrodinâmico para simular o escoamento nos trechos de rios e reservatórios.

O modelo hidrológico é uma ferramenta extremamente útil que permite, através da equacionalização dos processos, representar, entender e simular o comportamento de uma bacia hidrográfica, porém é impossível traduzir todas as relações existentes entre os diferentes componentes da bacia hidrográfica em termos matemáticos. De fato, ou essas relações são extremamente complexas a ponto de não existir uma formulação matemática capaz de descrevê-las completamente, ou apenas uma parte dos processos envolvidos nessas relações é parcialmente conhecida. Assim, na maioria dos casos, a modelagem hidrológica torna-se somente uma representação aproximada da realidade. (TUCCI, 1998)

Um modelo pode ser considerado como uma representação simplificada da realidade, auxiliando no entendimento dos processos que envolvem esta realidade. Os modelos estão sendo cada vez mais utilizados em estudos ambientais, pois ajudam a entender o impacto das mudanças no uso da terra e prever alterações futuras nos ecossistemas. (INPE, 2000)

Os modelos podem ser empíricos, quando utilizam relações baseadas em observações. Em geral, estes modelos são bastante simples e úteis no dia a dia. No entanto, são pouco robustos, uma vez que são específicos para aquela região para qual as relações foram estimadas. Além disso, os modelos empíricos não possibilitam fazer simulações de mudanças em condições para as quais o modelo não previu, tais como, chuvas extremamente altas, mudança de uso do solo, etc. Os modelos podem ser também baseados em processos (modelos conceituais) e, em geral, são mais complexos que os empíricos, uma vez que procuram descrever todos os processos que envolvem determinado fenômeno estudado. (INPE, 2000)

Esses modelos podem ser classificados como pontuais ou distribuídos. Em modelos pontuais, considera-se que todas as variáveis de entrada e saída são representativas de toda a área estudada. Por outro lado, os modelos distribuídos consideram a variabilidade espacial encontrada nas diversas variáveis do modelo. De todo jeito, alguma discrepância do espaço é feita e cada elemento pode ser tratado como um ponto que representa homogeneamente toda sua área. Modelos distribuídos mais reais consideram também a existência de relação espacial entre elementos vizinhos. (INPE, 2000)

Um modelo hidrológico pode ser definido como uma representação matemática do fluxo de água e seus constituintes sobre alguma parte da superfície e/ou sub-superfície terrestre. Há uma estreita relação entre a modelagem hidrológica, a biológica e a ecológica, pois o transporte de materiais pela água é influenciado por atividades biológicas que podem aumentar ou diminuir a quantidade desses materiais na água, e o regime do fluxo de água pode afetar diversos habitats. Além disso, a hidrologia está estreitamente relacionada às condições climáticas e, portanto modelos hidrológicos e atmosféricos deveriam estar acoplados, sendo que, na prática, um estreito acoplamento torna-se bastante dificultado, uma vez que modelos atmosféricos trabalham com resoluções espaciais muito maiores que as utilizadas na modelagem hidrológica. (MAIDMENT, 1993).

Os modelos podem ser classificados sob diferentes aspectos. Comumente, os modelos são classificados, dentre outras formas, de acordo com o tipo de variáveis utilizadas na modelagem (estocásticos ou determinísticos), o tipo de relações entre essas variáveis (empíricos ou conceituais), a forma de representação dos dados (discretos ou contínuos), a existência ou não de relações espaciais (pontuais ou distribuídos), e a existência de dependência temporal (estáticos ou dinâmicos). (INPE, 2000)

A bacia hidrográfica é o objeto de estudo da maioria dos modelos hidrológicos, reunindo as superfícies que captam e despejam água sobre um ou mais canais de escoamento que desembocam numa única saída. A bacia pode constituir a unidade espacial para modelos agregados que consideram as propriedades médias para toda a bacia. Diversas abordagens podem ser consideradas na subdivisão da bacia a fim de considerar suas características espacialmente distribuídas. (INPE, 2000)

## **2.8 IBGE**

Segundo Carvalho (1988), entre 1940 e 1970 o Brasil experimentou um processo de rápido incremento demográfico, em virtude de seu alto crescimento vegetativo, não tendo as migrações internacionais exercido papel significativo. No período, a população passou de 41 para 93 milhões de pessoas, com taxa média de crescimento de 2,8% ao ano. Houve, inclusive, um aumento do ritmo de crescimento

entre a década de quarenta e as duas seguintes, quando a taxa média anual passou de 2,4% para 3,0% e 2,9%, respectivamente.

Conforme Coale (1966), nos anos sessenta, diante da constatação do significativo aumento do ritmo de crescimento demográfico nos países subdesenvolvidos, houve generalizada preocupação com tal situação, principalmente de parte da opinião pública e governos do Primeiro Mundo e dos organismos internacionais. Afirmava-se que, ao contrário do ocorrido nos países desenvolvidos, não haveria por que esperar nos países pobres um declínio natural da fecundidade que viesse diminuir as taxas de crescimento populacional. Nesses países, não se completaria a transição demográfica. Haveria a chamada explosão populacional, que impediria o desenvolvimento e causaria, mais cedo ou mais tarde, sérios problemas sociais e econômicos internos e colocaria em risco a própria ordem internacional. Propugnava-se, então, por políticas oficiais de controle da natalidade, como única forma de se evitar o rápido crescimento da população e, conseqüentemente, possibilitar aos países subdesenvolvidos romper o círculo vicioso da pobreza. Estas eram as análises e postulações básicas do neomalthusianismo 2, que tiveram ampla acolhida em vários segmentos nos países do Terceiro Mundo, inclusive o Brasil.

Segundo Neupert (1988), há de se observar as estruturas e taxas de crescimento muito semelhante das populações observada e estável em 1970, assim como o crescente distanciamento em 1980 e, particularmente, em 1991. Apesar do envelhecimento já observado entre os três censos, cresce a diferença entre as proporções observada e estável nas idades jovens, no sentido de que a estável está apontando para uma população menos jovem, assim como nas idades avançadas, com a estável indicando uma população mais velha.

Palmas é a capital brasileira que apresentou, entre 2000 e 2010, a maior taxa média de crescimento anual de população, segundo dados do Censo Demográfico 2010. A informação faz parte da Sinopse do Censo Demográfico 2010, que apresenta os primeiros resultados definitivos do último recenseamento. (G1 BRASIL, 2011)

“O crescimento de Palmas é basicamente em função dos movimentos migratórios. Tocantins é um estado criado mais recentemente, então está se construindo, por isso tem muito movimento migratório em direção a Palmas”. (ALBUQUERQUE, 2011 *apud* G1 BRASIL, 2011)

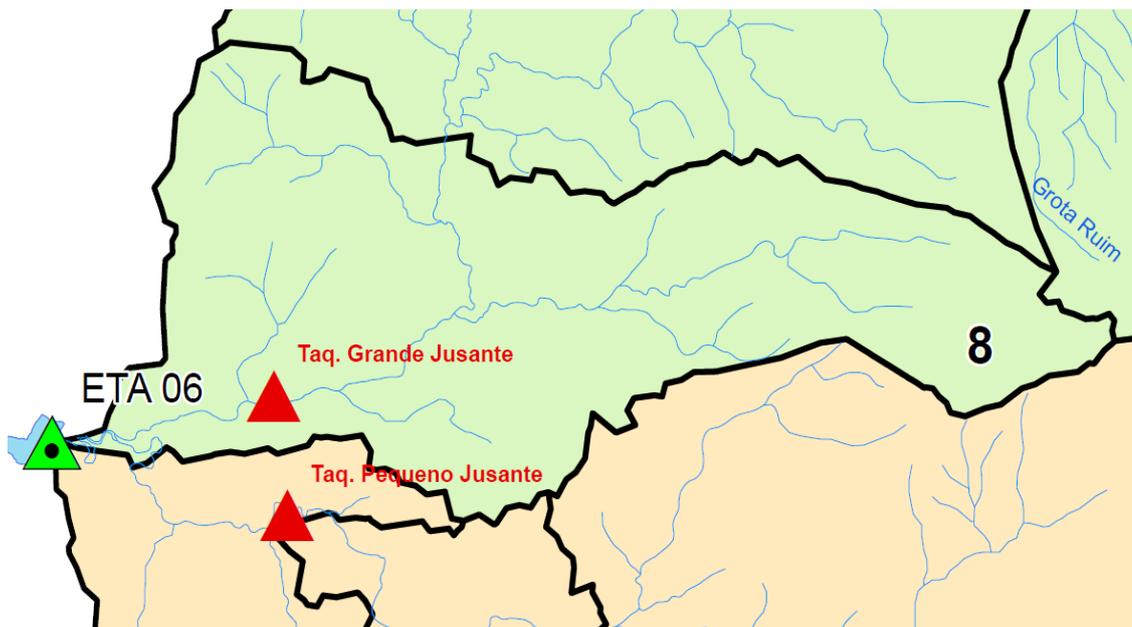
Oportunidades de trabalho e emprego fizeram com que Palmas fosse apontada como a capital cuja população mais cresceu no Brasil na última década, de acordo com o Censo Demográfico 2010, realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). O levantamento mostrou que a população da capital de Tocantins apresentou uma taxa de crescimento de 5,21%, enquanto que a média em todo o país foi de 1,17% ao ano, de 2000 a 2010, a menor taxa registrada desde que o estudo começou a ser realizado. (EBC, 2011)

### **3 METODOLOGIA**

#### **3.1 Características da Bacia Hidrográficas do Ribeirão Taquarussú Grande**

A ETA06 localiza-se na parte sul do município de Palmas – TO, a sua localização geográfica é 10° 17' 25" de Latitude Sul e longitude 48o 17' 45" de Longitude Oeste de Greenwich e a bacia do córrego Taquarussú grande fica entre os paralelos 10° 10' 10" e 10° 25' 18" de latitude sul e os meridianos 48° 03' 57" e 48° 23' 03" de longitude oeste de Greenwich.

Foi feito uma verificação do sistema de abastecimento de água da cidade de Palmas –TO região central e sul (SAA), onde verificou-se que este abastecimento está em sua maior parte integrado à ETA 006, a mesma abastece parte da região central de Palmas -TO (Plano Diretor) e da região Sul (Aureny, Taquaralto, Taquari). Existem ainda outros sistemas menores que complementam as vazões necessárias ao abastecimento, compondo assim o abastecimento da sede municipal. O SAA conta ainda com o abastecimento dos Distritos de Buritirana e Taquarussú, que possuem sistemas de produção e distribuição independentes.

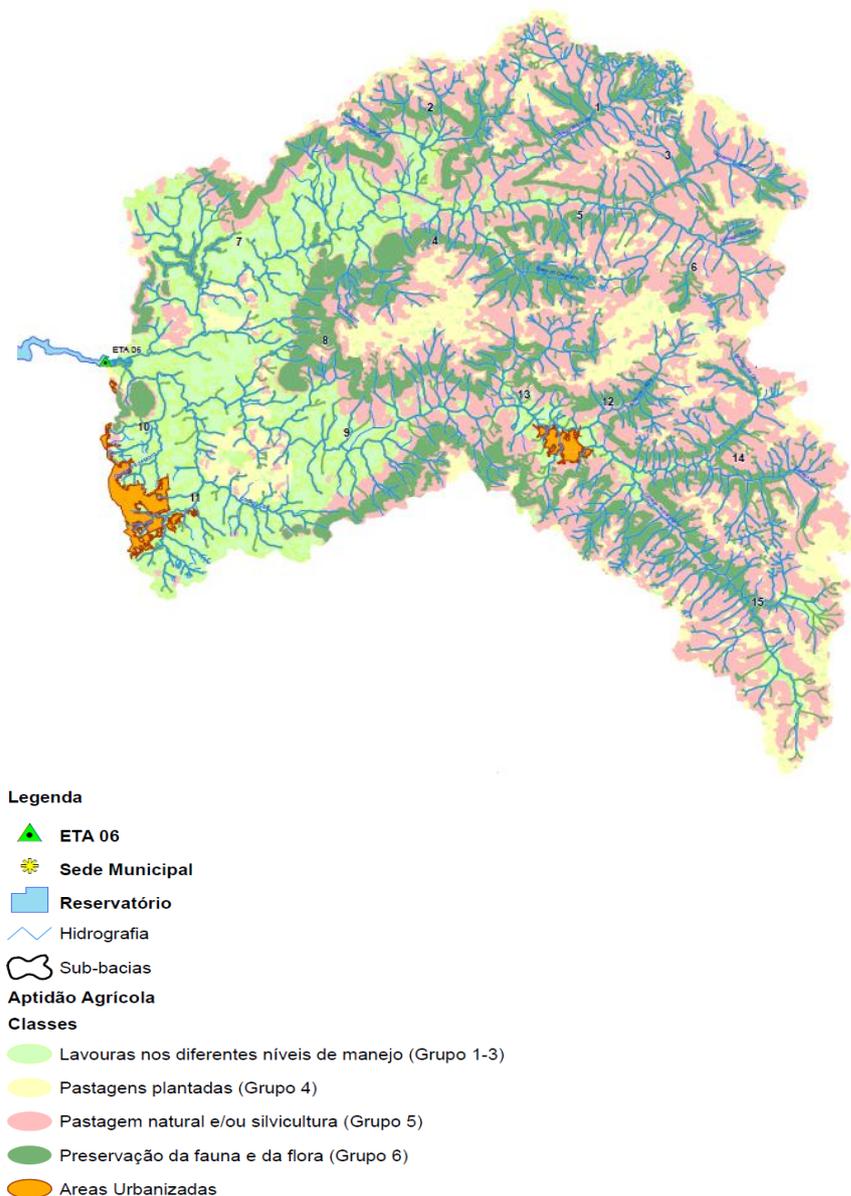


**Figura 5:** Demonstrativo de Localização da ETA 06.

**Fonte:** Odebrecht Ambiental 2015.

A bacia do ribeirão Taquarussú possui uma área total de 462 km<sup>2</sup>, e alonga-se em aproximadamente 37 km no sentido Leste-Oeste, o que representa 19,1% de área do município de Palmas – TO, sendo que 73,67% desta área da bacia está dentro da área de proteção Ambiental Serra do Lajeado, possui dois cursos d'água principais sendo o Ribeirão Taquarussú Grande e o ribeirão Taquarusuzinho, ambos desembocam no reservatório da UHE lajeado. (NETO SILVA, 2011)

A maior parte da bacia é de área rural, com predominância de áreas urbanas na parte oeste, abrangendo parte do plano diretor e os bairros Aurenys, Taquaralto, e o Distrito de Taquarussú. A bacia é interceptada pelas rodovias TO-050, TO-020 e TO-030 que dão acesso às regiões norte, sul e leste do Estado (TOCANTINS, 2004).



**Figura 6:** Mapa de aptidão agrícola da bacia do Ribeirão Taquarussú Grande.

**Fonte:** Odebrecht Ambiental 2015.

A bacia do Taquarussu Grande faz parte das bacias que são afluentes diretas do rio Tocantins, possui aproximadamente 37 km no sentido Leste-Oeste, e seus principais contribuintes pela margem esquerda são o ribeirão Taquaruçuzinho, o córrego Buritizal, e pela margem direita são os córregos Macacão e o Tiúba.

Utilizando a carta topográfica da região de Palmas – TO fornecida pelo site da SEPLAN, foi feito com a supervisão do software Arcgis um estudo fisiográfico da bacia conforme o quadro abaixo.

**Quadro 1:** Características Físicas e Geográficas da Bacia do Ribeirão Taquarussú Grande

CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS	CLASSIFICAÇÃO/VALOR
Padrão de drenagem	Sub-dentrítico
Área da Bacia	462,5 km <sup>2</sup>
Comprimento do perímetro	115,4 Km
Rede de drenagem	515,13 km
Coeficiente de forma	0,265
Coeficiente de compacidade	1,878
Sentido de orientação da Bacia	86°30' SW
Densidade de drenagem	1,15 L/km <sup>2</sup>
Largura média da Bacia	13,905 km
Cota de altitude mais alta	694 m
Cota de altitude mais baixa	200 m
Altitude média da bacia	363,85 m
Declividade média da bacia	0,0115 m/m ( 1,15 % )
Comp. Axial do ribeirão Taquarussu Grande	42,2 km
Sinuosidade do ribeirão Taquarussu Grande	1,113
Angularidade	Baixa

### 3.2 Levantamentos de campo

Foi feito um levantamento de dados através de um questionário em 10 residências de famílias que moram dentro da bacia do Ribeirão Taquarussú Grande, onde ficaram esclarecidos dados importantes, 80% dos moradores afirmam não conhecer qualquer prática de conservação do solo. A queimada sem controle é apontada por 100% dos moradores, o desmatamento é apontado também 100% pelos moradores, normalmente está associado às queimadas. Ainda a respeito dos problemas ambientais 100% disseram está ciente dos problemas ambientais na região.

**Tabela 1:** Dados referentes à conservação e uso do solo na bacia do Ribeirão Taquarussú Grande.

RESIDENCIAS	TÉCNICA CONSERVAÇÃO DO SOLO	QUEIMADAS	DESMATAMENTOS	IMPACTO AMBIENTAL
RESIDENCIA 01	DESCONHECE	FAZ	FAZ	REDUÇÃO DA ÁGUA DOS CORRÉGOS
RESIDENCIA 02	DESCONHECE	FAZ	FAZ	ASSOREAMENTO DO RIBEIRÃO TAQUARUSSÚ GRANDE
RESIDENCIA 03	DESCONHECE	FAZ	FAZ	REDUÇÃO DA ÁGUA DOS CORRÉGOS
RESIDENCIA 04	DESCONHECE	FAZ	FAZ	REDUÇÃO DA ÁGUA DOS CORRÉGOS
RESIDENCIA 05	DESCONHECE	FAZ	FAZ	REDUÇÃO DA ÁGUA DOS CORRÉGOS
RESIDENCIA 06	DESCONHECE	FAZ	FAZ	REDUÇÃO DA ÁGUA DOS CORRÉGOS
RESIDENCIA 07	DESCONHECE	FAZ	FAZ	REDUÇÃO DA ÁGUA DOS CORRÉGOS
RESIDENCIA 08	NÃO FAZ QUEIMADAS	FAZ	FAZ	REDUÇÃO DA ÁGUA DOS CORRÉGOS
RESIDENCIA 09	NÃO FAZ QUEIMADAS	FAZ	FAZ	REDUÇÃO DA ÁGUA DOS CORRÉGOS
RESIDENCIA 10	DESCONHECE	FAZ	FAZ	REDUÇÃO DA ÁGUA DOS CORRÉGOS

Fonte: Autor da pesquisa

Foi feito uma visita na bacia do ribeirão Taquarussú Grande, onde vimos os impactos causados pela falta de conscientização e conhecimento dos usuários dos bens hídricos que compõem a Bacia Hidrográfica, segue abaixo fotos de assoreamento do córrego e demais problemas como lixos inorgânicos e desmatamentos na região.



**Figura 7:** Desmatamento e assoreamento do no Ribeirão Taquarussú Grande.

**Fonte:** Autor da Pesquisa



**Figura 8:** Desmatamento e assoreamento do no Ribeirão Taquarussú Grande.

**Fonte:** Autor da Pesquisa



**Figura 9:** Desmatamento nas encosta do Ribeirão Taquarussú Grande

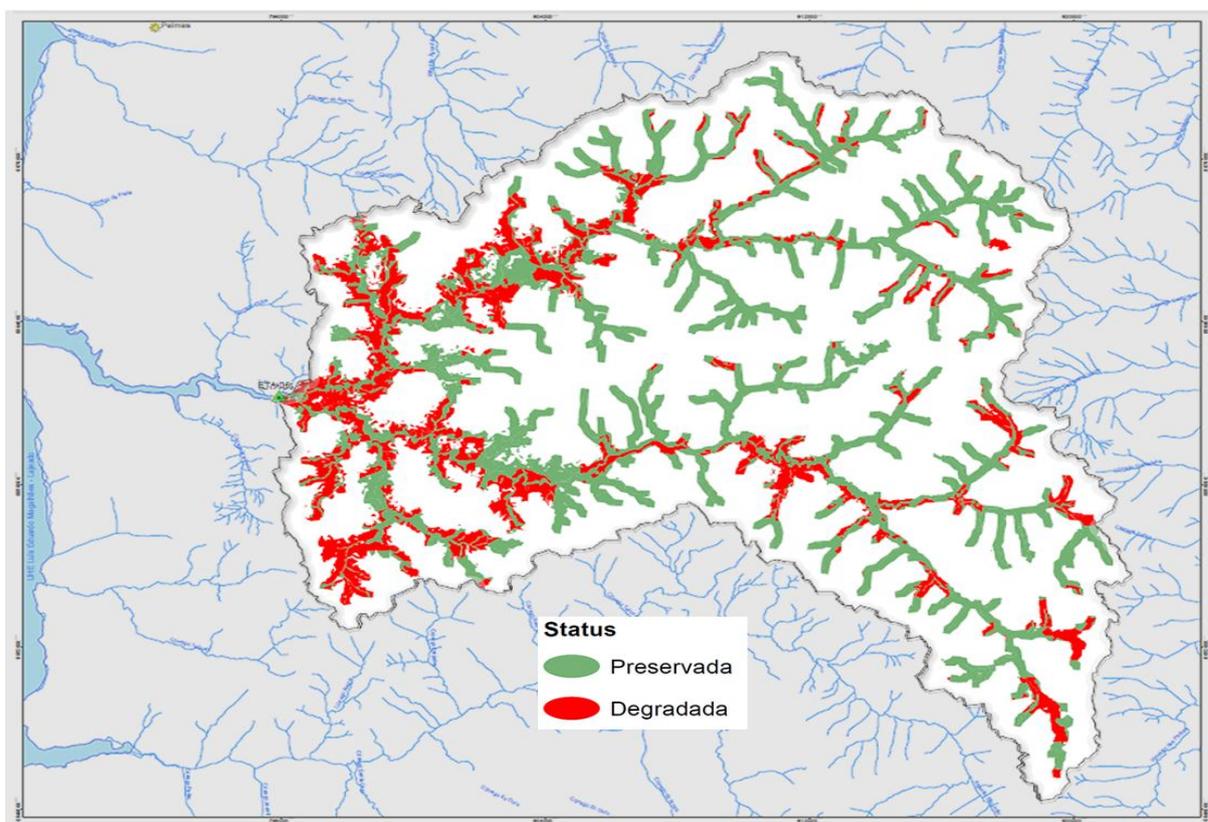
**Fonte:** Autor da Pesquisa



**Figura 10:** Lixos inorgânicos no Ribeirão Taquarussú Grande

**Fonte:** Autor da Pesquisa

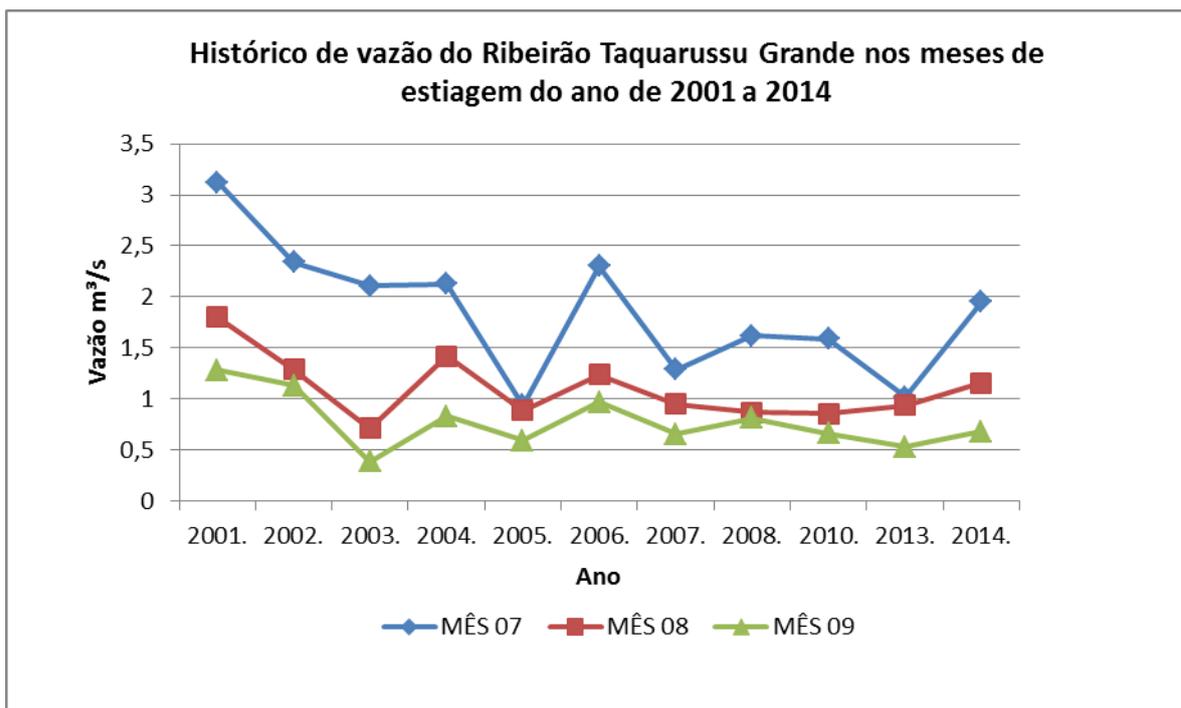
A *Odebrecht* Ambiental nos forneceu dados de mapas onde mostra pontos ativos de curso d'água que corre na bacia hidrográfica, mostra também que as áreas degradadas ficam mais concentradas em pontos onde correm água, isso devido a moradores que fazem seus desmatamentos próximos ao Ribeirão por motivo de plantações, turismos e lazer.



**Figura 11:** Mapa de áreas ativas de rios da bacia hidrográfica do Ribeirão Taquarussú Grande.

Fonte: Odebrecht Ambiental 2015.

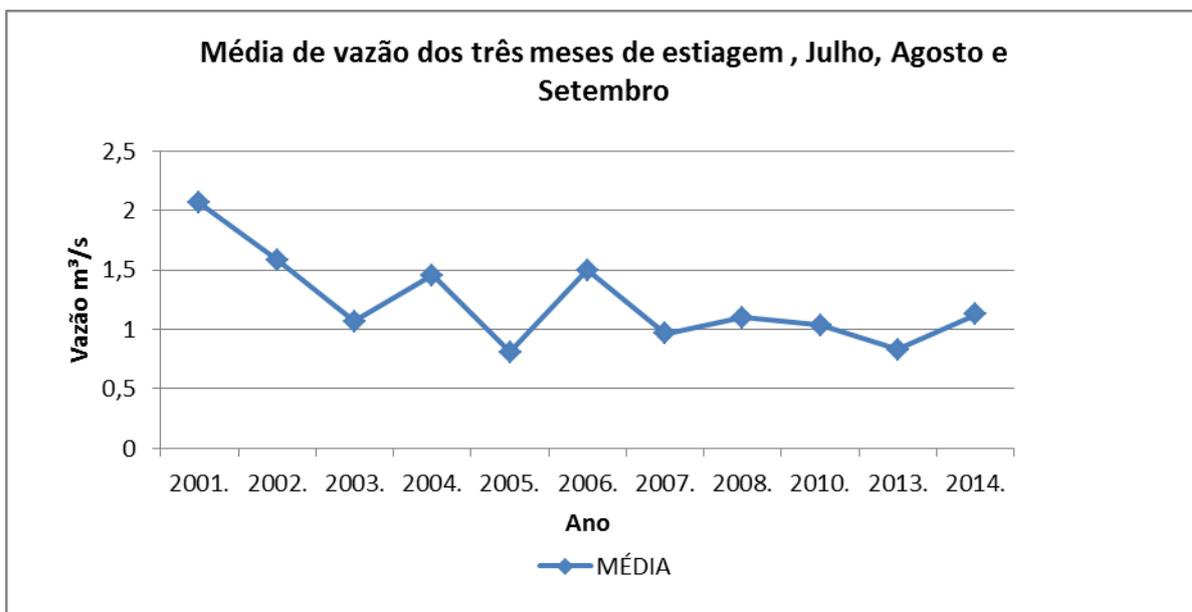
Dados cedidos pela empresa *ODEBRECHT AMBIENTAL*, que presta serviço de tratamento e distribuição do abastecimento na cidade de Palmas - TO, mostra que ao longo dos anos está acontecendo uma decrescente de vazão do ribeirão Taquarussú Grande, o que segundo ela gera a preocupação em explorar novos mananciais futuramente. Abaixo segue um gráfico indicando as vazões nos meses mais seco do ano, verificou-se que a vazão baixou no período de 2001 a 2014 consideravelmente.



**Figura 12:** Histórico de vazão no período de estiagem do Ribeirão Taquarussú Grande

Fonte: Autor da pesquisa.

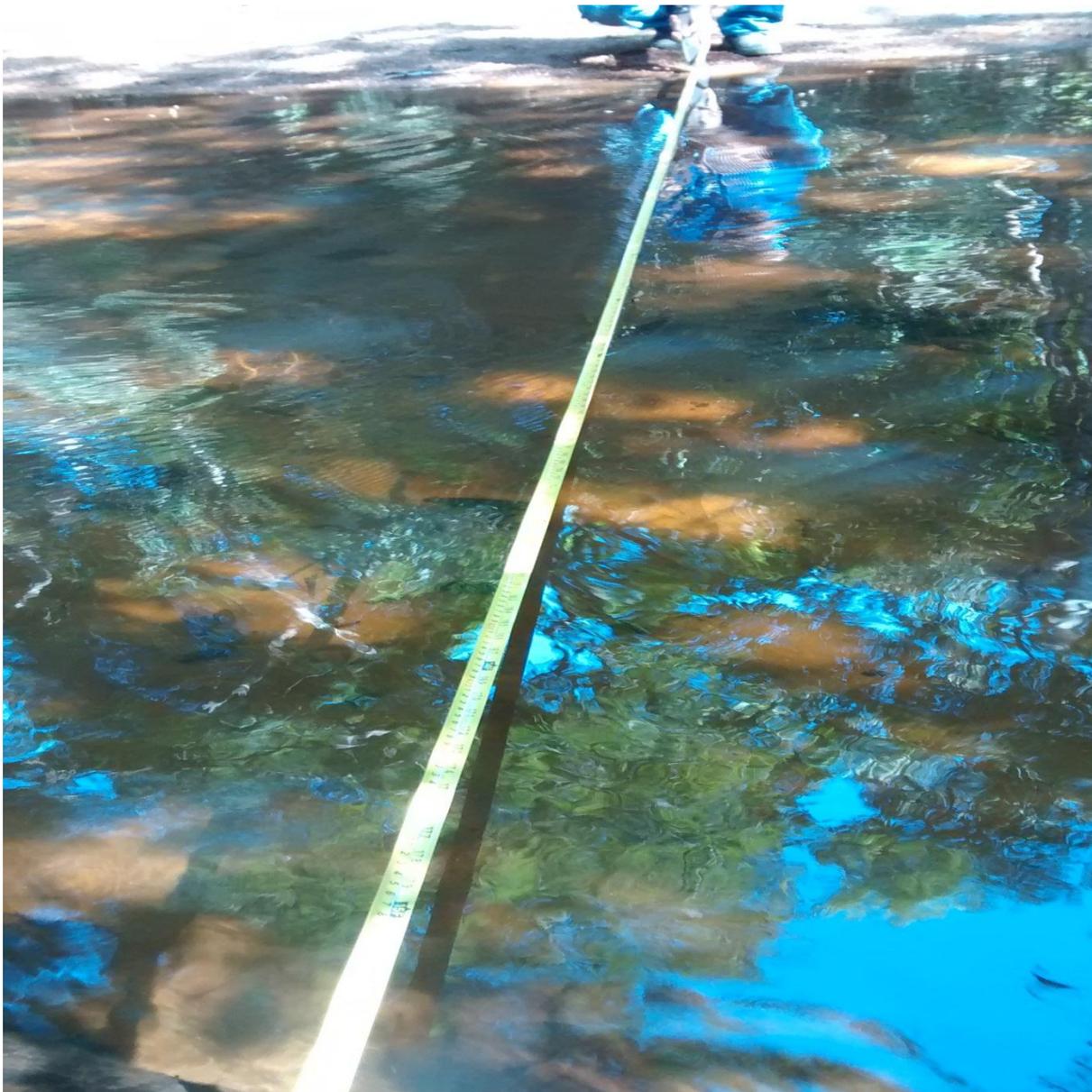
Foi traçado uma média destes valores onde obtivemos o seguinte gráfico.



**Figura 13:** Média de vazão do Ribeirão Taquarussú Grande no período de estiagem.

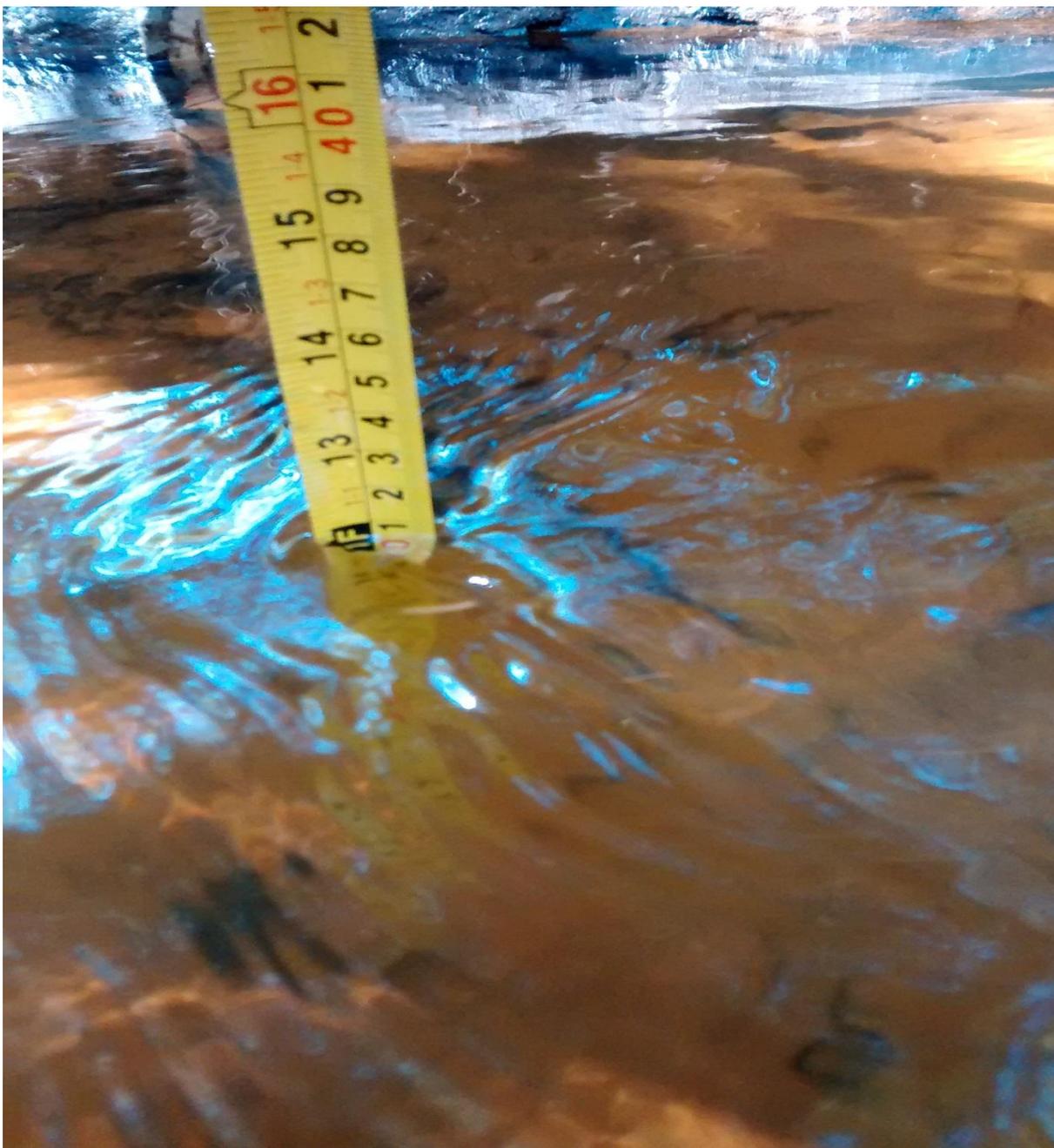
Fonte: Autor da Pesquisa.

Executou-se um aferimento da vazão do córrego Taquarussú Grande através do método do Flutuador, o teste foi feito no dia 17/10/2015 no ponto geográfico  $10^{\circ}25'38,5''$  de longitude e  $048^{\circ}37'25,5''$  de longitude e o resultado foi parecido com o da Empresa *Odebrecht Ambiental*.



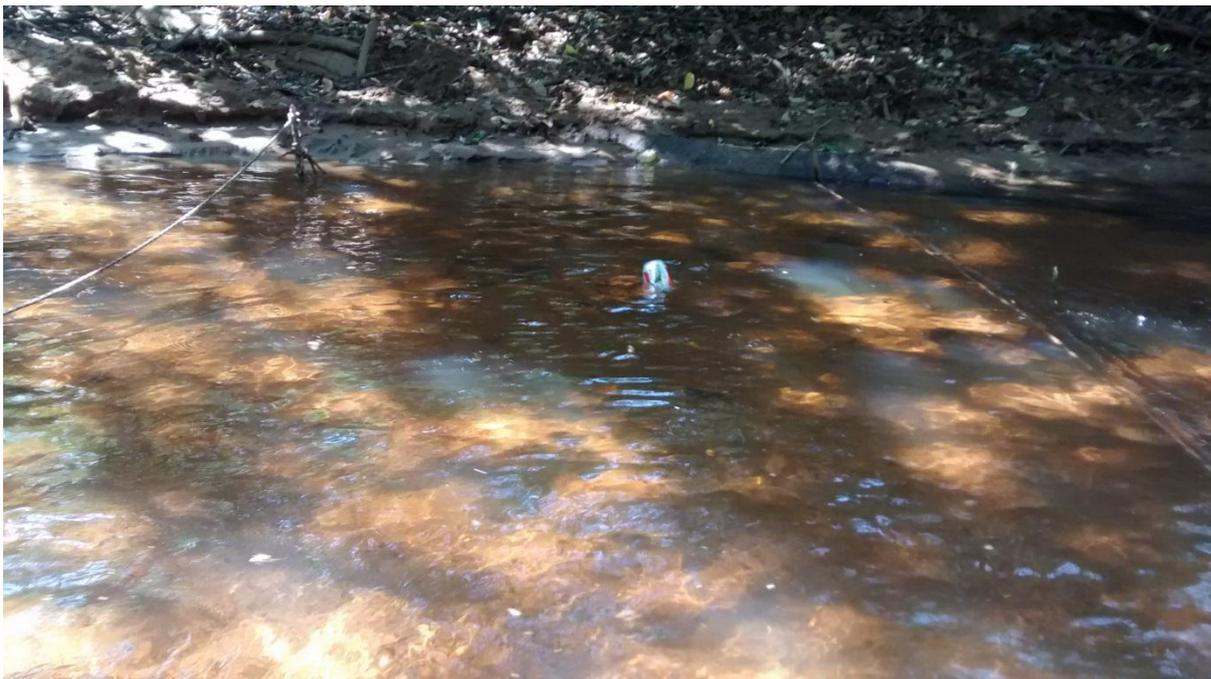
**Figura 14:** Aferição de vazão do Ribeirão Taquarussú Grande, (medindo a largura do córrego).

**Fonte:** Autor da Pesquisa.



**Figura 15:** Medindo a profundidade do Ribeirão Taquarussú Grande.

**Fonte:** Autor da Pesquisa



**Figura 16:** Medindo velocidade do curso d'água do Ribeirão Taquarussú Grande. (método flutuador).

**Fonte:** Autor da Pesquisa.

Foi escolhido um ponto no ribeirão Taquarussú Grande onde tinha fácil acesso a margem do córrego para facilitar e precisar os resultados, foi feito medidas de largura, medidas de profundidade e tirado uma média, medidas de velocidade da água e tirado uma média onde chegamos nos resultados conforme mostra o quadro 02.

No quadro 04, constam resultados da pesquisa de campo e vazão medida pela empresa *Odebrecht Ambiental* no mês 09/2003 quando foi aferida a menor vazão, mostrando dessa forma que os resultados são bem parecidos.

**Quadro 2:** Dados de velocidade da Água do Ribeirão Taquarussú Grande ( método do flutuador)

Medidas	Velocidades(s)	Média (s)	Largura(m)	Distancia Horizontal (m)	Velocidade (m/s)
1	8,32	8	5	2	0,25
2	7,73				
3	7,25				
4	7,59				
5	7,3				
6	9,36				
7	7,89				
8	8,56				

**Fonte:** Autor da pesquisa

**Quadro 3:** Dados de velocidade da Água do Ribeirão Taquarussú Grande (método do Flutuador )

Medidas	Profundidades (m)	Média (m)	Vazão (m <sup>3</sup> /s)
1	0,175	0,253	0,32
2	0,24		
3	0,295		
4	0,315		
5	0,33		
6	0,35		
7	0,315		
8	0,295		
9	0,289		
10	0,225		
11	0,185		
12	0,165		
13	0,11		

**Fonte:** Autor da pesquisa

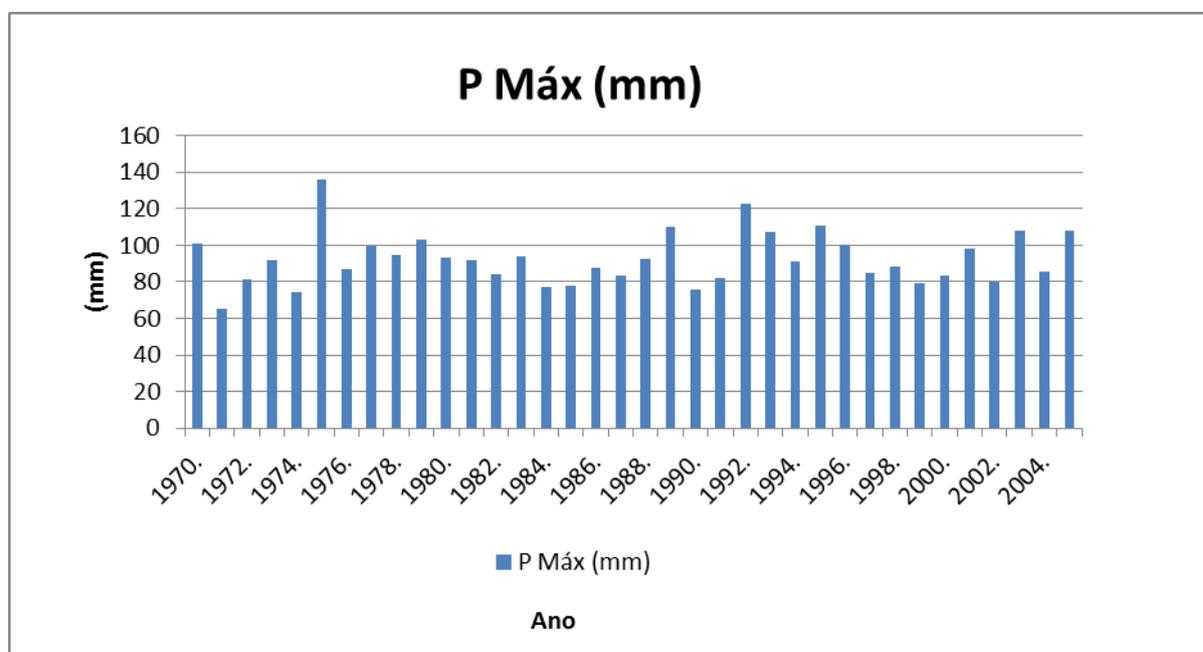
**Quadro 4:** Dados hidráulicos coletados no ribeirão Taquarussú Grande.

LARGURA(m)	MEDIDA HORIZONTAL(m)	PROFUNDIDADE(m)	VELOCIDADE(m/s)	AUTOR DA PESQUISA 10/2015 (m <sup>3</sup> /s)	ODEBREC HT AMBIENTAL 09/2003 (m <sup>3</sup> /s)
5	2	0,2523	0,25	0,32	0,38

Fonte: Autor da Pesquisa

### 3.3 Históricos de Precipitação na Região da Bacia Hidrográfica do Ribeirão Taquarussú Grande

A avaliação hidrológica preliminar para quantificar as chuvas intensas da bacia do Ribeirão Taquarussú Grande foi fundamentada nos dados da ANA (Agencia Nacional de Águas), através do programa (HidroWeb 2008) onde nos mostra através dos códigos de cada estação Pluviométricas os volumes de precipitações ao longo de 36 anos conforme mostra o gráfico da figura 17.

**Figura 17:** Precipitações Máximas na região de Palmas –TO.

Fonte: ANA (AGENCIA NACIONAL DE ÁGUA) 2005

Abaixo os dados dos postos pluviométricos disponíveis, próximos ao município de Palmas - TO (hoje), num raio de 100 km. Estes postos são de responsabilidade da Agência Nacional de Águas (ANA) e operados pela Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais (CPRM). (PMSB, 2015).

**Quadro 5:** Estações Pluviométricas próximas ao município de Palmas - TO

Código	Nome	Elevação(m)	Distancia de Palmas (km)	Latitude	Longitude
948000	Miracema do Tocantins	210	67	-09° 33' 51''	-48° 23' 15''
1047000	Jatobá (Fazenda Boa Nova)	250	96	-09° 59' 26''	-47° 28' 43''
1047001	Novo Acordo	300	76	-09° 57' 38''	-47° 40' 29''
1047002	Porto Gilândia	300	90,1	-10° 47' 08''	-47° 48' 00''
1048000	Fátima	340	90,7	-10° 45' 45''	-48° 54' 07''
1048001	Paraíso do Tocantins	390	61	-10° 09' 55''	-48° 53' 26''
1048005	Taquaruçu do Porto	400	25	-10° 18' 48''	-48° 09' 34''

Fonte: (PMSB volume 3) 2015, Prefeitura de Palmas –TO

Com a falta de dados nos anos de 2005 adiante, Miranda (2015), fez uma análise temporal da distribuição de chuvas no município de Palmas – TO, onde foi observado o comportamento das chuvas a partir de uma média de série mensais e se afirmou que de 1995 a 2013 houve uma redução da intensidade de chuva. Com isso mostra-se que a falta de chuva também tem sido um fator que colabora para a escassez da vazão do Ribeirão Taquarussú Grande.

### 3.4 Clima da Região do Tocantins

O clima úmido ocorre moderada deficiência hídrica no inverno, a evapotranspiração potencial apresenta uma variada média anual entre 1400 e 1700 mm, distribuindo-se no verão em torno de 390 a 480 mm ao longo dos três meses consecutivos com temperatura elevada. Já o clima subúmido ocorre com a moderada deficiência hídrica no inverno, evapotranspiração média anual em torno de 1500 mm, distribuindo-se no verão em torno de 420 mm ao longo dos três meses

consecutivos com temperaturas mais elevadas. (BRITO, 2012 *apud* TOCANTINS, 2008)

O total de chuvas no mês mais seco é inferior a 60 mm, e com uma média pluviométrica anual de 1600 mm e temperatura média mensal superior a 25°C, atingindo um máximo no final do inverno, antes do início das chuvas. (SEPLAN, 2011)

As temperaturas máximas absolutas superam os 41°C, e no frio, maior que 18°C, com o comportamento térmico diário da região, também recebe forte influência dos alísios do quadrante leste, em sua maioria, com uma diminuição de temperatura mais drástica que 2,5°C esperados para um desnível de 400 ou 500m. ( SEPLAN, 2011).

O estado do Tocantins é abrangido por três faixas de precipitação principais, sendo de 1700 a 1750 mm, 1750 e 1800 mm, 1800 a 1850 mm. (BRITO, 2012 *apud* TOCANTINS, 2008)

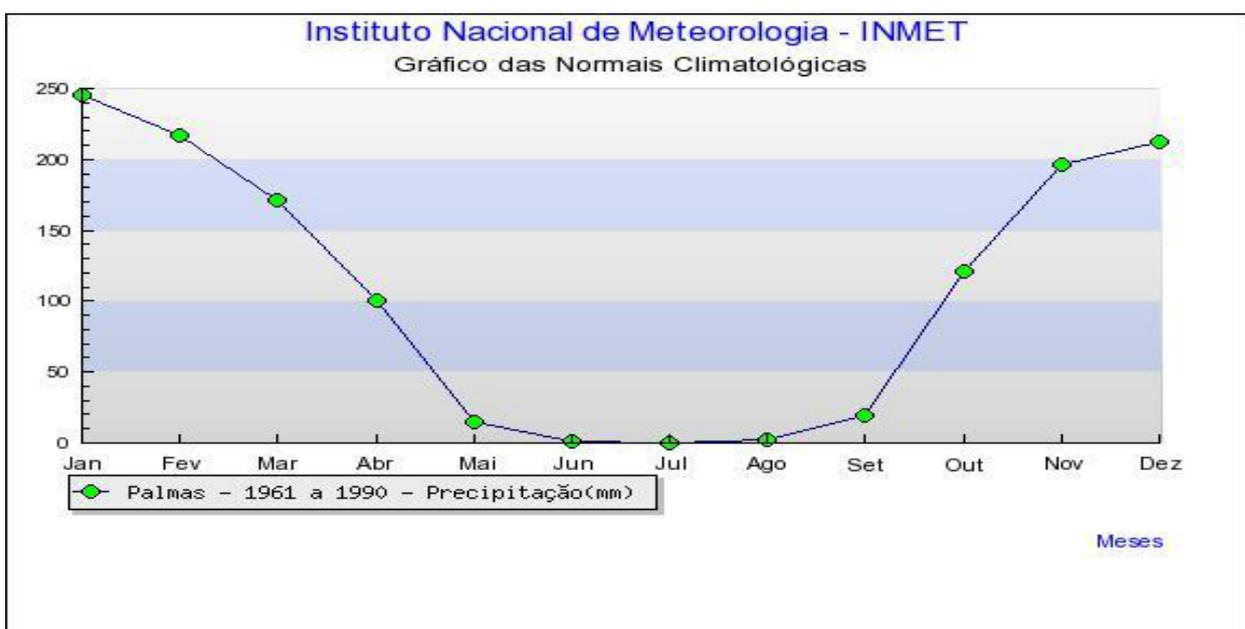
Assim pode-se definir que o estado possui características de chuvas bem definidas, e que tem período bem definido de seca e de chuvas, e o que mostra os dados é que possui um grande volume de precipitação anual.

Para o caso de Palmas, o regime de chuvas é bem caracterizado com estações bem marcadas, a estação chuvosa ou úmida e a estação seca ou de estiagem. No primeiro período, que vai de outubro a abril, as precipitações são intensas (com normais maiores que 80 mm/24 h) e sua recorrência quase que diária, o índice de precipitação total tem uma média de 1600 mm/ano, com a maior parte concentrada em 150 dias. Nos meses de abril a outubro, as chuvas são muito reduzidas, inclusive elas inexistem entre junho e agosto. A figura 09 exhibe as normais de precipitação para a estação de Palmas do Inmet (cód: 83033 / Latitude-10,18° / Longitude -48,3° / Altitude 280 m), que mostra a redução dos totais precipitados para os meses de verão (Plano Municipal de Saneamento Básico – PMSB | Volume III – Drenagem Urbana). Nos gráficos abaixo mostram as precipitações máximas em 24h e mensais nos municípios de Palmas.



**Figura 18:** Normais de Chuva Máxima - 24 h.

Fonte: (PMSB volume 3) 2015, Prefeitura de Palmas –TO



**Figura 19:** Normais de Chuva Máxima - 24 h.

Fonte: (PMSB volume 3) 2015, Prefeitura de Palmas –TO

### 3.5 Sistema de Abastecimento de água da Cidade de Palmas – TO

Segundo a *Odebrecht Ambiental* (2015), O abastecimento de água do município de Palmas - TO atende a 99% da população urbana do município, abastecida através de 07 (*sete*) sistemas produtores, sendo, 05 (cinco) nas SEDES MUNICIPAIS, que representam uma capacidade de 1.013 l/s e 02 (dois) nos DISTRITOS de Buritirana (4,5 l/s) e Taquarussú (13 l/s), a ETA 06 que no momento possui a capacidade de tratar 700l/s é responsável por abastecer 53% da população de Palmas - TO, que são as regiões sul e central conforme mostra o quadro 06.

**Quadro 6** : Capacidade das ETA's Palmas - TO

Sistema	ETA	Capacidade (l/s)	MANACIAL	Distribuição Atual	
				Região Central (l/s)	Região Sul (l/s)
Sede Municipal ( Região central + região Sul )	ETA 006	700	Ribeirão Taquarussu	450	250
	ETA 003	100	Ribeirão Agua Fria	100	
	ETA 005	80	Córrego Brejo Cumprido	80	-
	ETA 008	38	Subterrâneo	38	-
	ETA 009	95	Subterrâneo		95
	Sub-Total	1013		668	345
Distrito de Buritirana	Minas	4,5	Córrego Barreiro(Minas)		-
Distrito de Taquarussú	ETA 007	13	Córrego Roncador		-

**Fonte:** Adaptado da *Odebrecht Ambiental* 2015.

Foi feito a verificação de quantidade de litros de água por habitantes, verificando na conta de água de 10 residências distribuídas na região central da cidade de Palmas – TO, o volume gasto no mês e dividido pelo numero de pessoas na residência, no entanto para efeito de precisão no cálculo de oferta em 24h utilizamos o valor que a *Odebrecht ambiental* adota que é 250l/Pessoa, segue abaixo o quadro com os resultados.

**Quadro 7:** Consumo de água por pessoa /dia

RESIDENCIAS	QUADRA	VOLUME MENSAL (m <sup>3</sup> )	QUANTIDADE DE PESSOAS	VOLUME / PESSOA (m <sup>3</sup> )
1	604 SUL	0,732	3	0,24
2	704 SUL	0,98	4	0,25
3	1203 SUL	0,821	4	0,21
4	1206 SUL	1,002	4	0,25
5	104 SUL	0,95	4	0,24
6	804 SUL	1,3	6	0,22
7	904 SUL	1,25	5	0,25
8	504 SUL	1,5	7	0,21
9	1105 SUL	0,623	3	0,21
10	1003 SUL	0,752	3	0,25

**Fonte:** Autor da pesquisa.

Foi verificado o local de captação de Água no Ribeirão Taquarussú Grande feita pela ETA 06, na figura abaixo, mostra que existe uma barreira feita de concreto para conter o volume de água na cota desejada para então fazer a coleta desta água, funciona como um canal de transposição que desvia o córrego do seu curso natural e encaminha-o para a ETA 06, observou-se que foi colocado sacos de areia sobre a região concretada para complementar a altura da cota de água, isso devido a baixa de vazão do córrego, assim a água que vem do Ribeirão escoar uma pequena porcentagem para o lago UHE e uma grande parte é captada pela ETA 06.



**Figura 20:** Capitação de água na ETA 006

**Fonte:** Autor da Pesquisa



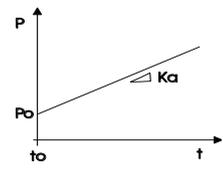
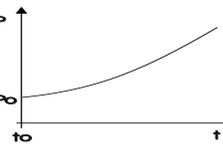
**Figura 21:** Sistemas de contenção de água com sacos de areia.

**Fonte:** Autor da pesquisa.

### 3.6 Crescimento Populacional da Cidade de Palmas - TO

A estimativa da população de Palmas - TO região central e região sul, foi calculada pelos métodos de progressão aritmética e respectivamente progressão geométrica, usando dados do último censo levantado pelo IBGE na data de dezembro de 2010, onde obtivemos os seguintes resultados.

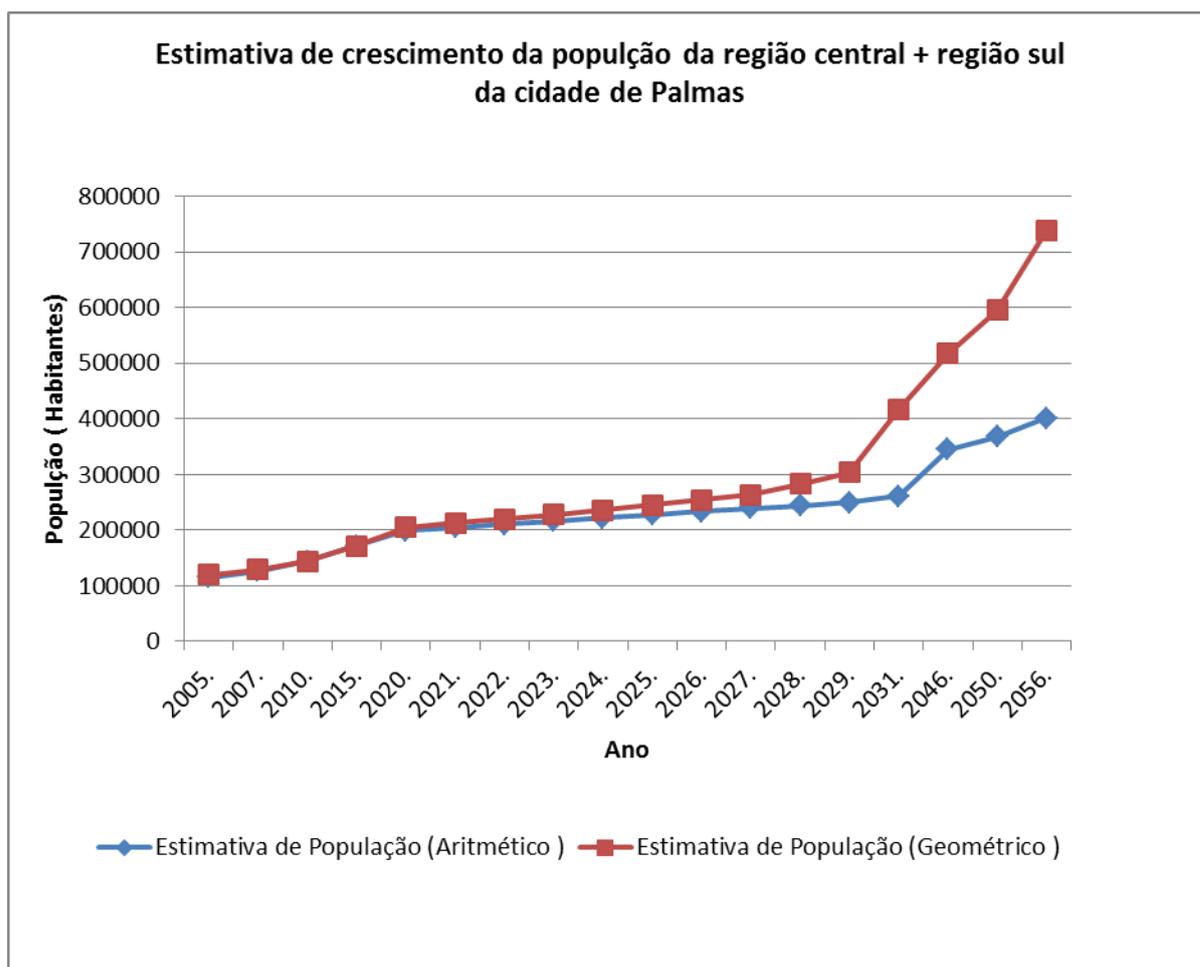
**Quadro 8:** Fórmulas para calculo de estimação de população.

Método	Descrição	Forma da curva	Fórmula de Projeção	Coefficientes
Projeção Aritmética	Crescimento populacional segundo uma taxa constante. Método utilizado para estimativas de menor prazo. O ajuste da curva pode ser também feito por análise da regressão.		$P_t = P_0 + K_a \cdot (t - t_0)$	$K_a = \frac{P_2 - P_0}{t_2 - t_0}$
Progressão Geométrica	Crescimento populacional segundo uma taxa constante. Método utilizado para estimativas de menor prazo. O ajuste da curva pode ser também feito por análise da regressão.		$P_t = P_0 \cdot e^{K_g \cdot (t - t_0)}$	$K_g = \frac{\ln P_2 - \ln P_0}{t_2 - t_0}$

**Fonte:** Von Sperling (2005 *apud* Qasim, 1985)

Os resultados da projeção populacional estão coerentes com a densidade populacional da área em questão. Valores típicos de densidades e crescimento populacionais estão apresentados no gráfico da figura 22. (VOM SPERLING, 2005)

As equações dos processos geométrico e aritmético podem ser definidas com apenas dois dados populacionais e conduzem a um crescimento ilimitado, os outros modelos como logísticas regressão multiplicativa e taxa decrescente de crescimento requer três, e estabelece uma população limite de saturação. (VOM SPERLING, 2005)



**Figura 22:** Estimativa de população ao longo dos anos da cidade de Palmas região central e sul.

Fonte: Adaptado do IBGE censo 2010.

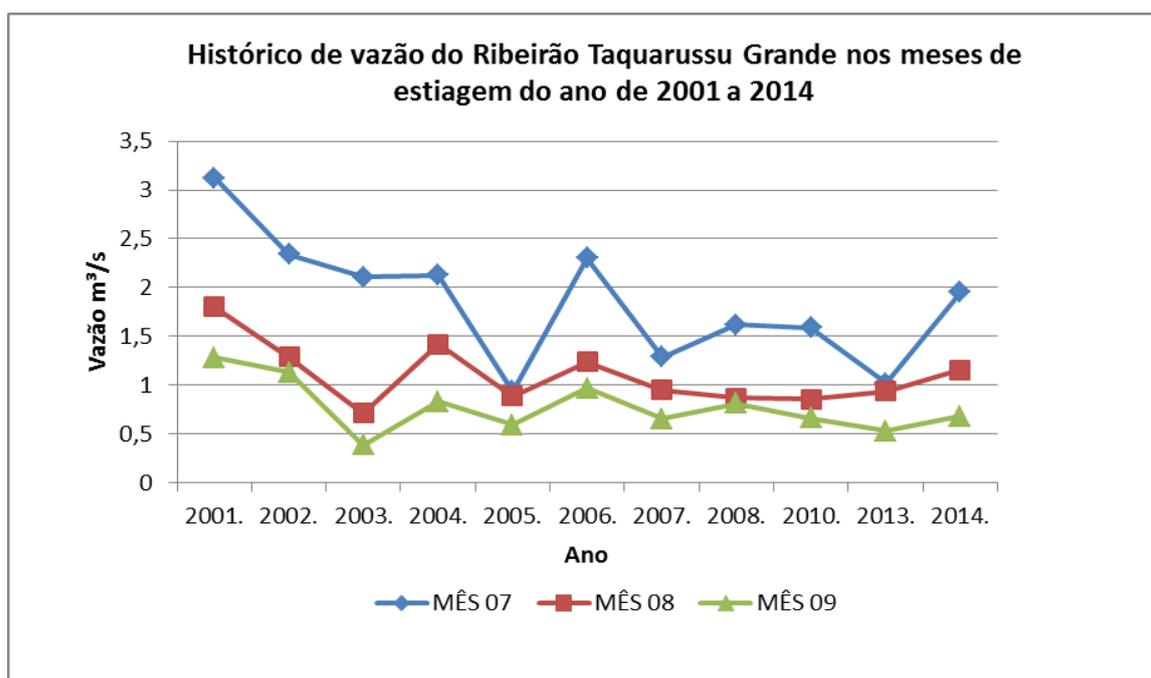
Para Gonçalves (2015), Estudos de projeção populacional são normalmente bastante complexos. Devem ser analisadas todas as variáveis que possam interagir na localidade específica em análise. Ainda assim podem ocorrer eventos inesperados que mudem totalmente a trajetória prevista para o crescimento populacional. Isto ressalta a necessidade do estabelecimento de um valor realístico para o horizonte de projeto, assim como da implantação da estação em etapas.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após análise dos dados de características física, hídrica e geográficas da bacia do Ribeirão Taquarussú Grande, tem-se um resultado satisfatório em relação a importância deste estudo. Considerando a oferta de água tratada que é disponibilizada diariamente na cidade de Palmas – TO região central e região sul e a demanda dessa oferta afirma-se que existe a necessidade buscar outras fontes de captação de água.

### 4.1 Histórico de Vazão do Ribeirão Taquarussú Grande

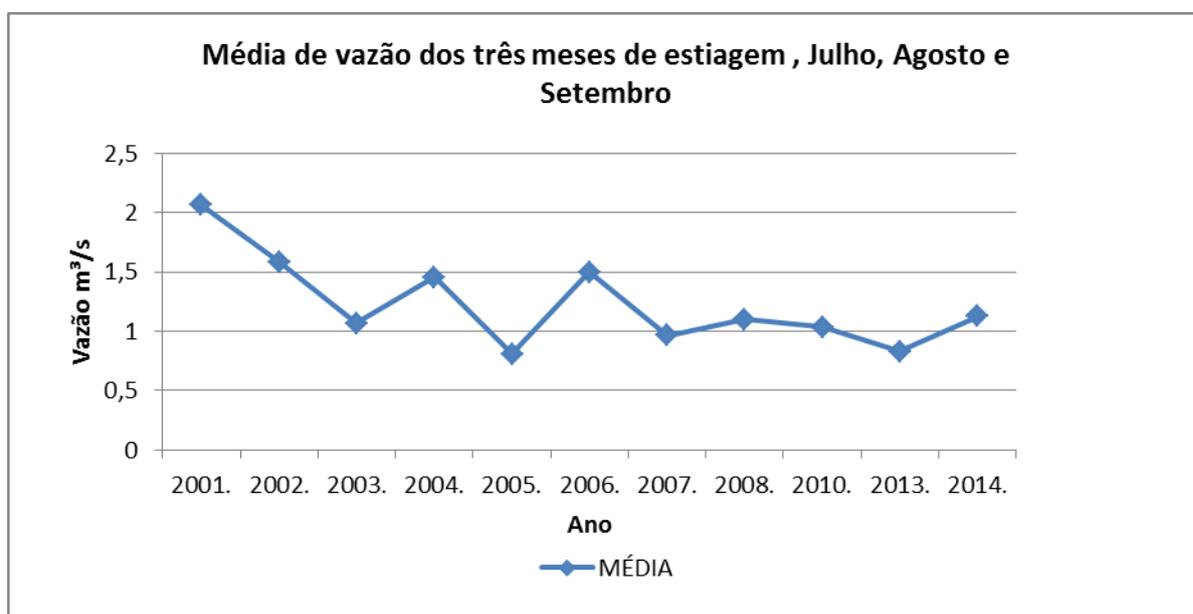
Com as medidas de vazões abaixo se mostra que a vazão do ribeirão Taquarussú Grande tem diminuído e tende a diminuir mais, pois existe uma decrescente de vazão ao longo dos anos.



**Figura 23:** Histórico de vazão no período de estiagem do Ribeirão Taquarussú Grande

Fonte: Autor da pesquisa.

Feito uma média destes valores obtivemos o seguinte gráfico.



**Figura 24:** Média de vazão do Ribeirão Taquarussú Grande no período de estiagem.

Fonte: Autor da Pesquisa.

Com base nas informações de redução das chuvas ao longo dos anos e impactos ambientais na região da bacia do Ribeirão Taquarussú grande afirma-se que estes itens são o motivo da redução da vazão do córrego.

#### 4.2 Estimando Oferta e demanda de Água na Cidade de Palmas – TO Região Central e sul

Foi feito um cálculo estimando a quantidade de litros por pessoa/dia através dos volumes gastos mensalmente e obtivemos um valor de 244l/pessoa dia, porém adotou o que a Empresa concessionária propõe para toda a região que é 240l/pessoa dia.

Com o aumento da população, redução da vazão e uma constante adotada de 240l/pessoa dia, obtivemos o resultado, em 2029 a se a ETA 06 tratar 700l/s em 24h 60480m<sup>3</sup> de Água e a população consome 60030,480m<sup>3</sup>, teoricamente isto significaria que esta região neste período nos meses secos estão enfrentando um

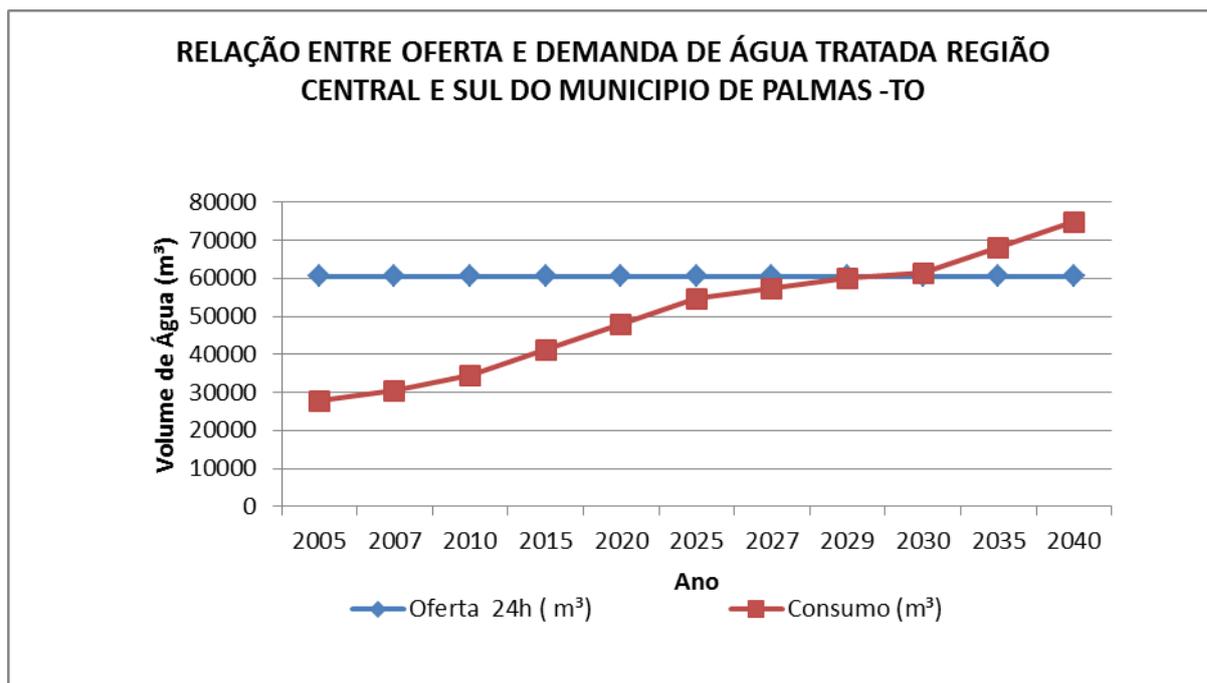
acionamento de água. E em 2030 esta vazão de 60480m<sup>3</sup> não mais suportaria abastecer um consumo a 61373,040m<sup>3</sup>.

Quadro 9: Dados referentes à oferta e demanda de Água na cidade de Palmas TO.

Ano	Habitantes	Percápita (l/s)	Água Tratada (l/s)	Em 24h (m <sup>3</sup> )	Consumo (m <sup>3</sup> )
2005	115,881	240	700	60480	27811,440
2007	127,068	240	700	60480	30496,320
2010	143,849	240	700	60480	34523,760
2015	171,817	240	700	60480	41236,080
2020	199,785	240	700	60480	47948,400
2025	227,753	240	700	60480	54660,720
2027	238,940	240	700	60480	57345,600
2029	250,127	240	700	60480	60030,480
<b>2030</b>	<b>255,721</b>	<b>240</b>	<b>700</b>	<b>60480</b>	<b>61373,040</b>
2035	283,689	240	700	60480	68085,360
2040	311,657	240	700	60480	74797,680

Fonte: Autor da pesquisa.

A figura 25 mostra um gráfico que esclarece o real comportamento destes dados nos dias de hoje e doravante, indicando que é necessário explorar novos mananciais em virtude da escassez de vazão de Água do manancial explorado no momento.



**Figura 25:** Relação entre oferta e demanda de Água em Palmas TO

**Fonte:** autor da pesquisa.

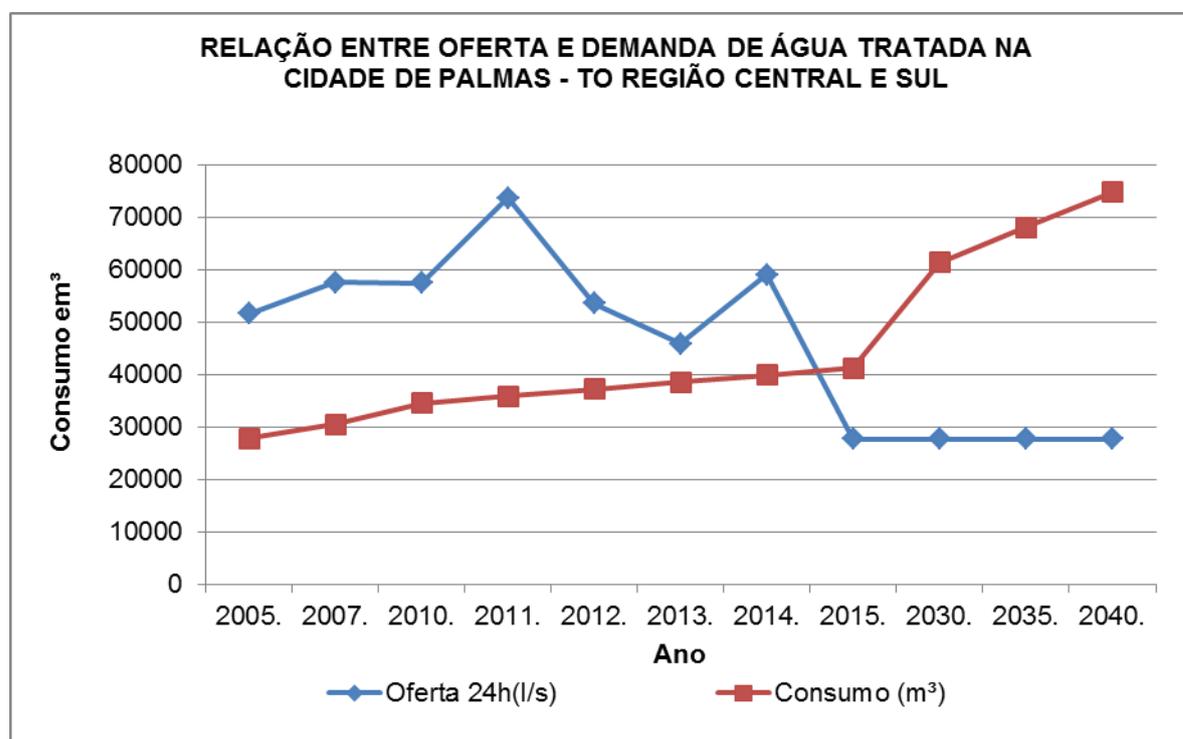
O período onde intercepta o ponto de oferta e demanda de Água tratada para atender a população de Palmas - TO região central e sul com a ETA 06 trabalhando 24h é previsto em 2030, este é o ponto aonde a pesquisa chega e mostra o verdadeiro cenário do abastecimento desta região.

Porém a vazão do Ribeirão Taquarussú Grande hoje é de 380l/s, verificando a vazão nos meses mais secos dos últimos anos conforme mostra o quadro abaixo vemos que o esta oferta hoje já não é suficiente para a demanda da população em estudo.

**Quadro 10:** Dados referem à vazão do Ribeirão Taquarussú Grande e o consumo da população em estudo.

Ano	habitantes	Percápita (l/s)	Água Tratada (l/s)	em 24h (m <sup>3</sup> )	Consumo (m <sup>3</sup> )
2005	115,881	240	597	51580	27811,440
2007	127,068	240	666	57542	30496,320
2010	143,849	240	664	57369	34523,760
2015	171,817	240	853	73699	35866,32
2020	199,785	240	380	32832	37213,440
2025	227,753	240	531	45878	38551,200
2027	238,940	240	683	59011	39893,520
2029	250,127	240	320	27648	60030,480
2030	255,721	240	320	27648	61373,040
2035	283,689	240	320	27648	68085,360
2040	311,657	240	320	27648	74797,680

**Fonte:** Autor da pesquisa



**Figura 26:** relação oferta e consumo, como base a vazão do Ribeirão Taquarussú Grande.

**Fonte:** Autor da pesquisa.

Existe um estudo feito pela ANA (AGENCIA NACIONAL DE ÁGUA), onde também mostra a necessidade de novos mananciais e ampliação de sistemas existentes, a tabela 03 trás as devidas informações em relação ao tal assunto.

**Quadro 11:** Avaliação da oferta e demanda de água elaborado pela (ANA)

Avaliação Oferta/Demanda de Água				
Mananciais	Sistema	Participação no abastecimento do município	Situação até 2015	Outros Municípios atendidos
Ribeirão Taquaraçu	<a href="#">ETA 06 Taquaraçu</a>	53%	Requer novo manancial	---
Córrego Água Fria	<a href="#">ETA 03 Água Fria</a>	16%	Requer ampliação de sistema	---
Córrego Brejo Comprido	<a href="#">ETA 05 Brejo Comprido</a>	12%	Requer novo manancial	---
Poços Palmas ETA 09	<a href="#">ETA 09 Poços</a>	12%	Requer ampliação de sistema	---
Poços Palmas ETA 08	<a href="#">ETA 08 Poços</a>	8%	Requer ampliação de sistema	---

**Fonte:** Adaptado (ANA 2015)

## 5 CONCLUSÕES

A vazão do Ribeirão Taquarussú grande que abastece a cidade de Palmas – TO tem diminuído ao longo dos anos e a população tem aumentado, assim é necessário implantação de novos sistemas de coleta de água.

A Bacia do Ribeirão Taquarussú Grande vem sofrendo impactos ambientais como assoreamento do córrego, desmatamentos nas encostas do córrego, queimadas e mau uso do solo na região.

A ETA 06 está com um déficit no volume de tratamento de água devido a baixa vazão do Ribeirão Taquarussú Grande nos meses de estiagem, e com a demanda aumentando seria necessário explorar outros mananciais.

O volume de precipitação de chuvas ao longo de 36 anos tinha um comportamento bem irregular, porém de 2005 a 2013 houve uma queda nos volumes de chuvas na região de Palmas – TO.

### 5.1 SUGESTÕES

**Captação de Água do lago UHE** - O Lago UHE está em uma altitude abaixo da cota da ETA 06 para fazer a captação de Água requer uma estrutura para bombear a Água do lago até a estação, ou abrir um canal de transposição.

**Implantação de projetos de ampliação da ETA 06** - Para executar este item seria necessária a implantação do item anterior.

**Abrir poços artesianos ou semi-artesianos em pontos estratégicos** – Abrindo poços na região sul aliviaria a oferta para a região central.

**Distribuição homogenia do abastecimento** - Fazer um redimensionamento do abastecimento existente, isso nos meses mais críticos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ A.G Hidrologia: **Segunda Revista atualizada**. 2. ed. São Paulo: Blucher 1988. 54 p.

ALVAREZ A.G Hidrologia: **Segunda Revista atualizada**. 2. ed. São Paulo: Blucher 1988. 03 p.

ANGRIAMBI : **Análise da pluviometria e dias chuvosos na região Nordeste do Brasil**, Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, 2010 , Campina Grande PB.

BRITO, C.F.P. **Avaliação da produção de sedimentos em duas microbacias hidrográficas do Ribeirão Taquaruçu Grande, município de Palmas-TO, Brasil**. 2012. Dissertação (Mestrado) em Ciências do Ambiente, Universidade Federal do Tocantins, 2012.

CARVALHO.F.D .Capitulo 2. **Ciclo Hidrológico**. Acessado em 09/03/2015 <http://www.ufrj.br>

CARVALHO, J.A.M. de: "**O tamanho da população brasileira e sua distribuição etária: uma visão prospectiva**", São Paulo : ABEP, Anais V Encontro Nacional de Estudos Populacionais, 1988.

COALE, A.J., HOOVER, E.M. **População e desenvolvimento econômico**, Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1966.

CARDOSO E DIAS: **Caracterização morfométrica de bacia Hidrográfica**. Nova Friburgo RJ, 2006.

CRUZ C.J: **Caracterização de Bacia Hidrográfica**. São Paulo, Notas de Aula Usp 2006.

COELHO NETO, A.L. **O geoecossistema da Floresta da Tijuca**. In: ABREU, M.A.A. Natureza e sociedade no Rio de Janeiro. 1985.

CONCEIÇÃO. G : **Tipos de precipitações, Educação/Ambiente**, 2012. Disponível em: [geoconceicao.blogspot.com.br](http://geoconceicao.blogspot.com.br), acessado em 04/05/2015

CAMARGO.P.M : **Uma revisão analítica de evapotranspiração**: publicado em 20 de agosto de 1999 e aceito em 2 de julho de 2000.

EMPRESA BRASIL DE COMUNICAÇÃO: Agencia Brasil 2011, acessado em 05/05/2015, Disponível em: [www.empresabraisl.com.br](http://www.empresabraisl.com.br), publicado em 2012.

G1 BRASIL: **Portal de Noticias**, acessado em 04/05/2015. Disponível em: [www.g1.com.br](http://www.g1.com.br), material publicada em 2012.

GOODCHILD M.F: environmental problem-solving.; ed. **Environmental modeling with GIS**. 1993. Cap. 2, p. 8-15.

INPE: **Modelos Hidrológicos para Gestão Ambiental. DEZEMBRO 2000.**

JUNIOR B.R.A : **Elementos de Hidrologia Aplicada, USP, notas de Aula 2009, São Paulo.**

LIBARDI, P.L. **Dinâmica da água no solo**. Piracicaba: Ed. do Autor, 1995. 497p.

MAIDMENT, D.R. **GIS and hydrologic modeling**. In: Goodchild, M.F.; Parks, B.O.; Steyaert, L.T.; ed. Environmental modeling with GIS. New York, Oxford University Press, 1993.

MIRANDA 2015: **Análise Temporal da Distribuição de chuvas no município de Palmas – TO**, : Monografia Ceulp Ulbra 2015.

NETO. SILVA: **Cenário de abastecimento futuro da cidade de Palmas TO**. Porto alegre Março de 2011.<http://www.mma.gov.br/>.

NEUPERT, R. **Século XXI: a quantas andar e onde andar a população brasileira?**, Brasília : IPEA, 1988.

RIGHETTO M. A. **Hidrologia e recursos Hídrico** . São Paulo ed. Copyright 1998  
pág. 4.

RIGHETTO M. A. **Hidrologia e recursos Hídrico** . São Paulo ed. Copyright 1998  
pág 11.

RIGHETTO M. A. **Hidrologia e recursos Hídrico** . São Paulo ed. Copyright 1998  
pág 53.

RIGHETTO M. A. **Hidrologia e recursos Hídrico** . São Paulo ed. Copyright 1998  
pág 167.

REICHARDT: **O Ciclo hodrologico**. acessado em 09/03/2015.  
<http://www.manejodesoleagua.ufba.br>.

REICHERT, J.M.; VEIGA, M. & CABEDA, M.S.V. **Selamento superficial e infiltração de água em solos do Rio Grande do Sul**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.16, p.289-298. 1992.

SENTELHAS C.P: **Meteorologia Agrícola**, notas de aulas, USP 2009 São Paulo

SILVA B.D.L :**Escoamento Superficial** : Agosto de 2006, disponível em:  
<http://www.ufrj.br/>, acessado em 04/05/2015.

STRECK N.A: . **Associação da variabilidade da precipitação pluvial**. Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.44, n.12, p.1553-1561, 2009.

TAVARES, A. S; ELLIZ, J. **Chuva máxima em um dia no Nordeste do Brasil**. Boletim Técnico Nº 8. 1980. Instituto Nacional de Meteorologia. Disponível em <http://www.cbmet.com/>, acessado em 03/05/2015.

TOCANTINS. Secretaria do Meio Ambiente e Planejamento do Tocantins. **Plano das Bacias Hidrográficas do Entorno de Palmas – TO**. Palmas: SEPLAN-DMA, 2004.

TOMAZ P: **Curso de Manejo de águas pluviais, 2013, Acessado em 05/05/2015, disponível em:** pliniotomaz@uol.com.br.

TONELLO, DIAS, ALVARES, RIBEIRO. **Morfologia da bacia hidrográfica da Cachoeira das Pombas**. 2006. Disponível em: <http://www.scielo.br>. Acessado 29/04/2015.

TUCCI M.E : **Modelos Hidrológicos**. Porto Alegre RS. Ed. Universidade 1998.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPIRITO SANTO: **A agua na natureza e Ciclo hidrológico**. Acessado em 09/03/2015. <http://www.mundogeomatica.com.br>

URCHEI, M.A. & FIETZ, C.R. **Variabilidade da taxa de infiltração básica em um Latossolo Roxo muito argiloso em dois sistemas de manejo**. Sociedade Latino Americana de Ciência do Solo, 1999 93p.(Tese de Mestrado).

VILLELA, S. M.; MATTOS, A. **Hidrologia aplicada**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1975. 245p.

VON SPERLING : **Principios do Tratamento biológico de água rsiduárias, Vol 1, Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgoto**. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental UFMG 3º ed, 2005 452 p.

