

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA AMBIENTAL
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AMBIENTAL

RAÍSSA ALINE OSTJEN

**DISPONIBILIDADE HÍDRICA DO RIO ALEGRIA COM BASE EM
VAZÕES DE REFERÊNCIA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**MEDIANEIRA
2016**

RAÍSSA ALINE OSTJEN

**DISPONIBILIDADE HÍDRICA DO RIO ALEGRIA COM BASE EM
VAZÕES DE REFERÊNCIA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Engenheiro Ambiental, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Orientadora: Profa. Dr^a. Carla Cristina Bem
Co-orientadora: Profa. Dr^a. Fabiana Costa
De Araújo Schutz

MEDIANEIRA

2016



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Câmpus Medianeira
Diretoria de Graduação e Educação Profissional
Coordenação do Curso de Engenharia Ambiental



TERMO DE APROVAÇÃO

DISPONIBILIDADE HÍDRICA DO RIO ALEGRIA COM BASE EM VAZÕES DE
REFERÊNCIA
por

RAÍSSA ALINE OSTJEN

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado às 17h30min do dia 30 de novembro de 2016, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Profa. Dr^a. Carla Cristina Bem
Orientadora

Profa. Dr^a. Fabiana Costa De Araújo
Schutz
Co-orientadora

Prof. Dr. Fabio Palczewski Pacheco
Membro Titular

Profa. Dr^a. Carla Limberger Lopes
Membro Titular

AGRADECIMENTOS

Agradeço Primeiramente a Deus pela benção da vida, pelas oportunidades que colocou em meu caminho e força concedida durante toda essa caminhada.

Agradeço a Profa. Dr^a. Carla Cristina Bem, pela oportunidade, confiança, orientação e amizade.

A minha mãe Dirce Rusch por todo apoio, presença, amor e incentivo em todas as etapas da minha vida. Ao meu pai, Arno Ostjen, por tornar esse sonho realidade e ao meu irmão Alisson Ostjen, por todo apoio e amizade ao decorrer do curso.

Ao meu namorado, João Marcos, pelo carinho, companheirismo e compreensão em todos os momentos.

As minhas amigas Mourize Borella e Cassia Martini pela parceria e amizade adquirida durante a graduação tornando-se essenciais em todas as etapas.

As amigas que mesmo longe sempre se fizeram presente, Bruna Schuck, Maiara Lindner, Darini Conradi e Paula Becker.

Aos professores que tanto colaboraram para minha formação.

RESUMO

OSTJEN, Raíssa Aline. **Disponibilidade hídrica do Rio Alegria com base em vazões de referência**. 2016. Monografia (Bacharel em Engenharia Ambiental) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

O crescimento populacional e da demanda de água, a má gestão dos recursos hídricos, entre outros fatores tem contribuído para que este recurso apresente-se em quantidade e qualidade inferior. Nesse sentido, há a necessidade de analisar os recursos hídricos sob a ótica da sustentabilidade, de modo a garantir o acesso à água as atuais e futuras gerações. Para colaborar com a sua preservação, o reuso de água é uma alternativa que está sendo adotada com frequência. Portanto, o desenvolvimento de sistemas que visem o reuso pela captação de água da chuva mostra-se uma alternativa eficiente para a melhora da disponibilidade hídrica em cenários futuros. À vista disso, o presente trabalho buscou avaliar a disponibilidade do Rio Alegria situado na cidade de Medianeira-PR, através da elaboração e análise das curvas de permanência, que foram realizadas seguindo o método de Tucci (2002) com base nas vazões de referência Q_{95} , Q_{90} e Q_{80} nos período de 2001 a 2009. A realização das curvas de permanência relacionaram as vazões dos corpos d'água e sua permanência no intervalo de tempo, em que a vazão se encontrava maior ou igual ao período analisado. Foi observado o valor de $0,21\text{m}^3/\text{s}$ para Q_{95} , $0,25\text{ m}^3/\text{s}$ para Q_{90} e $0,34\text{ m}^3/\text{s}$ para Q_{80} . Os valores de vazões correspondentes a 70% da Q_{95} foram obtidos em que constatou-se que nos anos 2002, 2004 e 2006, todas as vazões médias dos meses apresentaram-se acima do calculado para 70% da Q_{95} . A partir dos resultados das vazões de referência e dos períodos de déficit foi possível realizar a avaliação de técnicas de reuso de água das residências, encontrando para a vazão de referência Q_{95} nos anos 2001, 2005 e 2008 os valores de 5.205 e 4.985 residências respectivamente para implantação do sistema de captação de águas pluviais de modo a suprir o déficit da demanda de água.

Palavras-chave: vazões de referência, reuso de água, curvas de permanência

ABSTRACT

OSTJEN, Raíssa Aline. **Evaluation of the water of Rio Alegria based on reference flows**. 2016. Monograph (Bachelor of Environmental Engineering) - Federal Technological University of Paraná.

The raise of population and water demand, poor management of water resources, among other factors have contributed to this resource being presented in quantity and low quality. In this sense, there is a need to analyze water resources from the perspective of sustainability, in order to guarantee access to water for current and future generations. To assist in its preservation, water reuse is an alternative that is being adopted frequently. Therefore, the development of systems that aim to reuse water by rainwater harvesting is an efficient alternative for the improvement of water availability in future scenarios. In view of this, the present work sought to evaluate the availability of Rio Alegria located in the city of Medianeira-PR, through the elaboration and analysis of the permanence curves, which were carried out following the Tucci method (2002) based on reference flows Q_{95} , Q_{90} and Q_{80} . The achievement of the permanence curves related the flows of the water bodies and their permanence in the interval of time, in which the flow was greater or equal to the analyzed period. The curves of the whole analyzed period (2001 to 2009) were calculated. It was observed the value of $0.91\text{m}^3 / \text{s}$ for Q_{95} , $0.25\text{m}^3 / \text{s}$ for Q_{90} and $0,34\text{m}^3 / \text{s}$ for Q_{80} . It was also found the flow values corresponding to 70% of Q_{95} , where it was found that in the years 2002, 2004 and 2006, all mean flows of the months presented were above that calculated for 70% of Q_{95} . From the results of the reference flows and the deficit periods, was possible to evaluate the water reuse techniques of the residences, finding for the reference flow Q_{95} in 2001, 2005 and 2008 the values of 5,205 and 4,985 residences respectively for implantation of the rainwater harvesting system in order to meet the water demand deficit.

Key words: reference flow, water reuse, permanence curve

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ciclo Hidrológico	15
Figura 2 - Formas Potenciais de Reúso de água	23
Figura 3 - Sistema de captação de água pluvial.....	24
Figura 4 - Gráficos análise dos períodos críticos (2001 - 2006).....	33
Figura 5 - Gráficos análise dos períodos críticos (2007 - 2009).....	34

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Regulamentação das outorgas e vazões de referência nos Estados Brasileiros.....	20
Tabela 2 - Consumo per capita por faixa populacional	22
Tabela 3 - Vazões da estação de tratamento de água de Medianeira	26
Tabela 4 - Vazões de Referência Q_{95} , Q_{90} , Q_{90} e 70% da Q_{95}	32
Tabela 5 - Utilização das águas pluviais em residência com $A_c = 110,0 \text{ m}^2$	39
Tabela 6 - Cálculo para identificação dos períodos de déficit	41
Tabela 7 - Cálculo do número de residência para implantação do sistema de captação de águas pluviais	42

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Dimensionamento reservatório de autolimpeza.....	37
Quadro 2 – Dimensionamento reservatório de detenção.....	37
Quadro 3 – Valor gasto para a construção do sistema.....	40
Quadro 4 – Cálculo da demanda de água para o município de Medianeira/PR.....	40

LISTA DE SÍMBOLOS E ABREVIações

Δx = Intervalo de classes

Q_{mx} = Vazão máxima da série histórica

Q_{mi} = Vazão mínima da série histórica

N = Número de intervalos

f_i = Frequência

N_{qi} = Número total de vazões do intervalo

NT = Número total de vazões

V = Capacidade do reservatório

P = Descarte inicial da chuva

A_c = Área de coleta das águas pluviais

C_r = Coeficiente de escoamento superficial regional

n = Período médio de reembolso do investimento

CI = Valor gasto para construção do sistema

E_c anual = Economia anual

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVOS	14
2.1 OBJETIVO GERAL	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1 ÁGUA E SUA IMPORTÂNCIA	15
3.2 BALANÇO HÍDRICO	17
3.3 VAZÕES DE REFERÊNCIA	18
3.3.1 Curvas de Permanência	20
3.4 REÚSO DA ÁGUA	21
3.4.1 Sistema de captação de águas pluviais	24
4 METODOLOGIA	25
4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO	25
4.2 DADOS DE VAZÕES	25
4.3 CURVA DE PERMANÊNCIA	28
4.4 PERÍODOS CRÍTICOS	29
4.4.1 Estimativa do número de residências	31
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
5.1 CURVAS DE PERMANÊNCIA E ANÁLISE DOS PERÍODOS CRÍTICOS	32
5.2 COMPENSAÇÃO DOS PERÍODOS CRÍTICOS	36
5.2.1 Cálculo do Número de Residências	40
6 CONCLUSÃO	44
REFERÊNCIAS	45
APÊNDICE A - Intervalo de classes e frequência para as curvas de permanência	51
APÊNDICE B - Curvas de Permanência	55

1 INTRODUÇÃO

A temática da água vem sendo tratada com preocupação, crescente no Brasil, visto que tal recurso antes tão abundante torna-se mais escasso.

Tendo em vista a necessidade do uso sustentável dos recursos hídricos houve a criação de leis em diversos países. No Brasil, a legislação federal vigente, a Lei 9.433/97 fundamenta-se no uso múltiplo dos recursos, considera a água como um recurso finito, vulnerável e também de dotado de valor econômico.

A fim de preservar esse bem finito e indispensável para a vida, torna-se necessário a implantação de medidas que auxiliem na gestão dos recursos hídricos, como a outorga de uso. Este instrumento fornece a garantia de que a captação e os lançamentos não interfiram na qualidade da água comprometendo assim seus usos preponderantes. Porém para ocorrer um processo de outorga, é necessário o conhecimento da disponibilidade hídrica dos corpos d'água, adotando para isso uma vazão de referência para sua utilização.

As vazões de referência são uma das principais barreiras em um sistema de outorga, visto que ao estabelecer um valor de vazão se estabelece também a utilização da água em um corpo hídrico. Estas vazões são obtidas através da realização das curvas de permanência, sendo que as mais utilizadas são a Q_{90} e a Q_{95} , que corresponde a probabilidade que a vazão se iguale ou se encontre superada.

Adicionalmente à outorga de uso, há outras medidas que visam a sustentabilidade dos recursos hídricos como o reuso da água. O reuso de água já é um conceito aplicado desde a década de 90, porém sua relevância tem aumentado devido à necessidade de encontrar técnicas que visem o aumento da disponibilidade hídrica dos corpos d'água. Em geral, o reuso de água, é adotado com a finalidade de suprir necessidades para fins não potáveis, a fim de ocorrer a minimização dos impactos quantitativos e qualitativos dos recursos hídricos. Segundo May (2004), uma das formas de reuso da água é o uso de água pluvial, esse método de reuso de água, destaca-se por ser um método viável economicamente e ambientalmente visto a redução da demanda de água fornecida pelas empresas de saneamento e também a redução dos custos com o tratamento da água. A água pluvial captada pode ser utilizada para irrigação de jardins, lavagens de pisos, lavagem de automóveis, entre outros.

Portanto, a utilização de águas pluviais auxilia na conservação dos recursos, pois pouparia grande quantidade de água potável. Assim, a água potável pode ser destinada de forma preferencial ao abastecimento público e demais usos prioritários. Além de auxiliar na escassez da água, o uso de água da chuva, traz benefícios públicos, como a diminuição de riscos de inundações urbanas. Cabe destacar que a adoção de tecnologias voltadas para o uso racional e conseqüente redução do desperdício, tende a refletir de forma favorável para a conservação dos recursos hídricos.

À vista disso, o presente trabalho avaliou a disponibilidade do Rio Alegria situado na cidade de Medianeira-PR, através de elaboração e análise das curvas de permanência, para posteriormente avaliar a implantação de uso de água de chuva nas residências, de forma a diminuir a demanda de água retirada pela companhia de saneamento.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Avaliar a disponibilidade hídrica do Rio Alegria com base nas vazões médias de referência Q_{95} , Q_{90} e Q_{80} para critério de outorga.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Calcular as curvas de permanência das vazões de referência, para identificar os períodos críticos em que não há disponibilidade hídrica para as vazões em questão.
- Avaliar o impacto dos diferentes critérios das vazões de referência sobre a disponibilidade hídrica e capacidade de assimilação de poluentes.
- Avaliar a implantação de reuso de água nas residências através da captação de água da chuva para compensação dos períodos críticos.
- Calcular o número de residências que poderão implantar o sistema de captação de água da chuva.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 ÁGUA E SUA IMPORTÂNCIA

Segundo Rebouças, Braga, Tundisi (2002) a água cobre aproximadamente cerca de 70% da crosta terrestre sendo fundamental e indispensável para a vida na terra. Dessa forma é de extrema importância que a mesma esteja presente em quantidades e qualidade necessária para sua posterior utilização.

A água é um bem finito, ou seja, sua quantidade existente é limitada, mesmo que se acredite que a quantidade é a mesma de há três bilhões de anos. Isso, porque o ciclo da água ou ciclo hidrológico se repete de forma infinita, onde obtemos o fornecimento necessário de água para o planeta através da evaporação das águas dos oceanos e da superfície do planeta terra para a atmosfera, onde irão se condensar até se precipitarem sobre a Terra (GIACCHINI, 2010). O Ciclo hidrológico pode ser melhor representado na Figura 1.

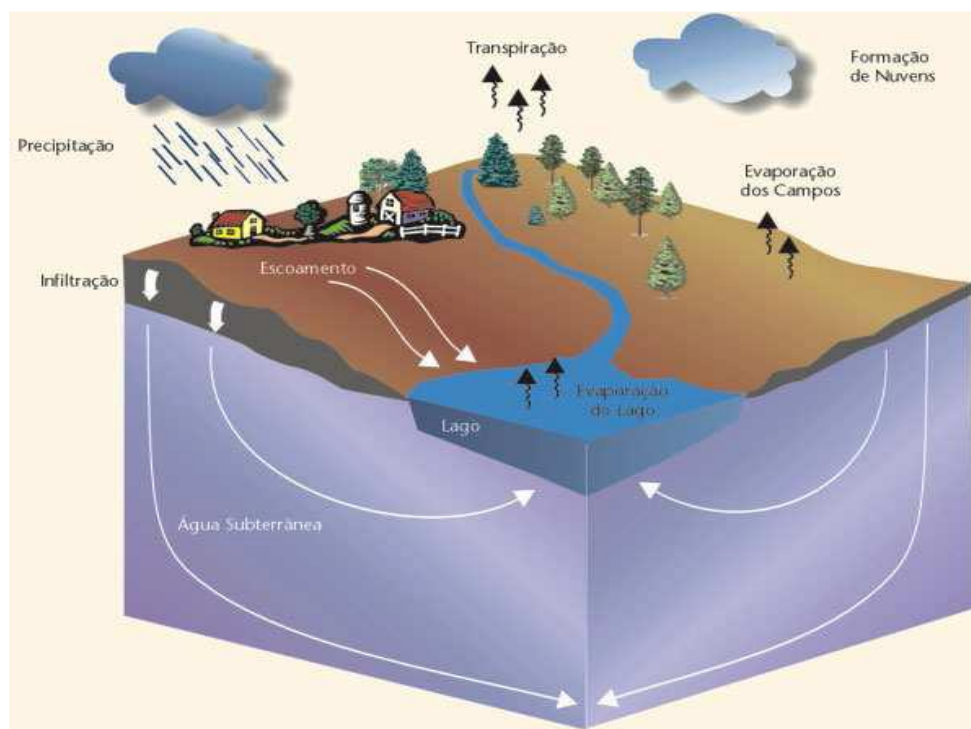


Figura 1 - Ciclo Hidrológico

Fonte: ANA (2009)

A produção hídrica brasileira somada com a da Amazônia internacional, representam 53% da produção de água doce do continente sul americano e 12% do total mundial, sendo destaque no cenário mundial. Tais valores, para alguns, representam uma considerável abundância de água doce no país, tratando assuntos como o investimento ao reuso de água, insignificantes, dessa forma o que tem-se observado é o crescimento do desperdício da água de forma abundante (BRANCO, 2006).

O crescimento populacional associado com o crescimento da demanda da água tem elevado o consumo de água e, conseqüentemente, tem tornado os recursos hídricos cada vez mais escassos. Porém outros problemas vêm agravando de forma considerável os recursos hídricos, como a periodicidade e irregularidade do suprimento, desmatamento, poluição das nascentes, falta de saneamento e má gestão dos recursos (MAY, 2004).

Dessa forma, faz-se necessários uma melhor gestão dos usos dos recursos hídricos, visto sua importância em vários âmbitos como na qualidade de vida humana, saúde e economia (SOUZA et al., 2014). Sendo utilizado para diferentes fins, como geração de energia, uso doméstico e industrial, pesca, abastecimento de água, agricultura, lazer, navegação, entre outros (MORAES; JORDÃO, 2002).

Os usos da água podem ser classificados como usos consuntivos e não consuntivos. Conforme Carvalho, Mello e Silva (2007) os usos consuntivos, são os usos para consumo, em que determinada quantidade de água é retirada do sistema de captação para ser utilizada, e depois devolvida em quantidade e/ou qualidade inferior, como o que acontece no processo de abastecimento, irrigação, etc. Para Souza et al. (2014), a atividade de irrigação demanda elevado consumo de água, no qual há perdas expressivas, e conseqüentemente um desperdício e contaminação das águas superficiais e subterrâneas. O uso consuntivo nas indústrias, tendem a variar de acordo com o ramo da mesma, e os processos que a dispõem. Geralmente faz-se o uso da mesma desde a entrada dos produtos a lavagem dos materiais, maquinários e instalações. Assim a água que resulta do processo industrial, pode vir acompanhada de resíduos tóxicos, o que corresponde um dos principais fatores da poluição hídrica.

Já os usos não consuntivos, são os usos não destinados ao consumo, de forma contrária ao anterior, neste tipo de uso após a água ser retirada do sistema de captação para seu fim, volta em mesma quantidade e qualidade aos mananciais ou

então, há a utilização da água em seus próprios mananciais sem precisar retirá-la do sistema, como na pesca, por exemplo (CARVALHO; MELLO; SILVA, 2007).

Contudo, conforme Souza et al. (2014) as atividades, sejam de usos consuntivos ou não consuntivos, se não forem fiscalizadas de forma adequada, ou se não houver um controle sobre as mesmas, em maior ou menor escala ambas podem oferecer riscos ao ambiente aquático.

3.2 BALANÇO HÍDRICO

O balanço hídrico analisa o solo como um reservatório suprido por precipitações onde a remoção da água do reservatório é realizada através de evaporação direta e transpiração vegetal. Nos períodos em que o solo se encontra com teor de água apta à ser utilizada pela planta os excedentes provenientes da infiltração percolam de maneira profunda, transformando-se em recarga. Já os excedentes superficiais escoam de forma direta para a rede de drenagem fluvial (BERTOL et al. 2006).

Conforme apresentado por Wutke et al. (2000), as técnicas conservacionistas do solo e da água proporcionam um manejo racional o qual é imprescindível para a sustentabilidade, mantendo assim esses recursos com qualidade e quantidade em níveis que sejam satisfatórios. Lima e Santos (2009), afirmam que para o dimensionamento de qualquer forma de manejo dos recursos hídricos torna-se necessário um planejamento hídrico, dessa forma, o balanço hídrico como uma unidade de gerenciamento classifica o clima de determinadas regiões, avalia o período de disponibilidade e necessidade hídrica no solo, realiza zoneamento agroclimático e ambiental favorecendo dessa forma ao planejamento integrado dos recursos hídricos.

Segundo Pereira, Angelocci e Sentelhas (2002), o balanço hídrico quantifica a disponibilidade hídrica, evidenciando-se períodos com abundância de água, e outros com escassez. De maneira geral o balanço hídrico de uma região não tende a grandes alterações naturais, porém o aumento populacional nas cidades, o uso abundante da água e as ações do homem, acabam interferindo no ciclo hidrológico por meio das taxas de precipitação. Conforme os mesmos autores, para definição de demanda e

disponibilidade hídrica, os principais componentes do balanço hídrico são precipitação (P) de chuva mensal, evapotranspiração real (ETR) caracterizada pela transferência de vapor para a atmosfera que é evaporada pela superfície e transpirada pelas plantas, evapotranspiração potencial (ETP) representando a perda potencial de água, armazenamento de água no solo (ARM), deficiência hídrica (DEF) ou seja, a falta de água no solo e excedente hídrico (EXC) isto é, a quantidade de água que sobra em períodos chuvosos.

A medição dos componentes do balanço hídrico pode ser *in situ* ou mesmo estimados de forma indireta. Geralmente os componentes precipitação e temperatura são medidos de forma direta, já os outros podem ser estimados através de fórmulas, como as evapotranspirações potencial e real. Tais balanços são habitualmente realizados de forma periódica (WAHNFRIED, 2005).

A quantidade e a qualidade da água sofrem alterações visto que dependem do clima e de características físicas e biológicas dos ecossistemas que a compõem. Tais alterações são provenientes tanto por causas naturais quanto antrópicas, como o desmatamento, mudança do uso do solo, irrigação e construção de barragens, alterando assim o balanço hídrico (SALATI, 2002 apud JARDIM, 2010).

3.3 VAZÕES DE REFERÊNCIA

O objetivo inicial das outorgas a caracterizavam quanto a quantidade de água proveniente e lançada nos corpos hídricos. Com a implantação da Política Nacional de Recursos Hídricos em 1997, a outorga passa a ser considerada instrumento de controle quantitativo e qualitativo, dessa forma, controla os volumes de água dos mais diversos usos que são retirados e lançados, estabelecendo assim o balanço hídrico. E também controla se as águas a serem lançadas estão de acordo com o enquadramento do corpo receptor estabelecido pela resolução CONAMA 357/2005 (GRANZLERA, 2013).

Segundo Granzlera (2013) os corpos hídricos são bens públicos e de uso comum, pertencentes a pessoas jurídicas de direito público (União e estados). Qualquer pessoa pode fazer uso da água, desde que obedeça as normas vigentes, que estipula condições e limites. Dessa forma, a outorga de direito introduzida no

direito brasileiro pelo código de Águas, é exigida em usos onde há alteração da qualidade, quantidade ou regime das águas.

Conforme Tucci (2002), a classificação dos rios conforme a resolução CONAMA 357/2005, estabelece critérios de enquadramento para uma vazão de referência, porém tal vazão não é especificada. Portanto, permanece em aberto um dos principais critérios de enquadramento, visto que a vazão de um rio varia com o tempo e espaço influenciando na concentração de compostos e na capacidade de assimilação.

Para indicadores de vazões utiliza-se as vazões mínimas, médias e máximas. A vazão máxima é definida como a maior vazão ocorrida na seção de um rio, em um período determinado representando assim as condições de inundação. A vazão média é a maior vazão que pode ser regularizada, determinando assim o potencial hídrico de uma bacia, permitindo avaliar os limites superiores de uso da água para diversas finalidades. Já a vazão mínima, é considerada como a vazão ocorrida durante a estação de seca no ano, geralmente ocorrendo na mesma estação em cada ano.

Fica estabelecido pela RESOLUÇÃO ANA Nº 467 (BRASIL, 2006), a definição da vazão de referência como “vazão que serve de referência para a definição da vazão máxima instantânea outorgável em um ponto da bacia, composta por uma fração outorgável e uma fração que deve ser mantida no rio para fins de usos múltiplos”.

A vazão de referência estabelece o valor de vazão que representa o limite superior de utilização da água em um corpo hídrico e é, também, uma das principais barreiras à implementação de um sistema de outorga (RIBEIRO, 2000).

A ANA adotou o critério para emissão de outorga de direito de uso das águas que obedece as resoluções dos comitês de Bacia Hidrográfica. Porém, para as bacias que ainda não contam com regras específicas, a ANA determina como limite máximo de outorga para usos consuntivos o correspondente a 70% da Q_{95} , podendo este limite variar para cada região do país (MENDES, 2007).

Portanto, as vazões de referência para outorga de direito são definidas com base nas vazões mínimas. Na Tabela 1 são apresentadas as vazões de referência adotadas nos estados Brasileiros. Tucci (2002) define as vazões mínimas, as vazões em uma série histórica que apresente os menores valores, ou que não atendam às necessidades de demanda.

Tabela 1 - Regulamentação das outorgas e vazões de referência nos Estados Brasileiros

Estado	Órgão outorgante	Vazão de Referência
AL	CERH-AL	Q ₉₀
BA	SHR-BA	Q ₉₀
CE	SHR-CE	Q ₉₀
ES	IEMA-ES	Q ₉₀
GO	SEMARH-GO	Q ₉₅
MA	SEMA-MA	Q ₉₀
MG	IGAM-MG	Q _{7,10}
MT	SEMA-MT	Q ₉₅
PB	AESA-PB	Q ₉₀
PE	APAC-PE	Q ₉₀
PI	SEMAR-PI	Q ₉₅ E Q ₉₀
PR	Instituto Águas do Paraná	Q ₉₅
RJ	SERLA-RJ	Q _{7,10}
RN	SERHID-RN	Q ₉₀
SE	DAEE-SP	Q _{7,10}
TO	NATURATINS-TO	Q ₉₀

Fonte: SANTOS; CUNHA (2013)

A vazão de referência $Q_{7,10}$ adotada pelos estados de Minas Gerais, Rio de Janeiro e Sergipe é definida como a vazão que representa os valores mínimos consecutivos durante um período de 7 dias de duração em um intervalo de tempo de retorno de 10 anos, e a Q_{95} e Q_{90} da curva de permanência, indicando a parcela de tempo cuja vazão é igualada ou superada em 95% e 90% respectivamente (SOUZA, 2011).

3.3.1 Curvas de Permanência

As curvas de permanência relacionam a vazão dos corpos d'água e sua permanência no intervalo de tempo, em que sua vazão encontra-se maior ou igual ao período analisado (TOMASELLA, 2005). Segundo Tucci (2002), para elaboração da curva de permanência torna-se necessários definir o tipo de variável: vazão e nível de água. Utiliza-se a vazão quando deseja-se conhecer a disponibilidade hídrica e o nível de água é usualmente utilizada para navegação. Outros tópicos importantes de conhecimento para elaboração da curva são o intervalo de tempo variável, usualmente

utilizado o diário e o período dos dados em que a curva representa, período esse geralmente definido pelos anos de dados disponíveis.

Conforme Cruz (2001), as curvas de permanência de vazão podem ser obtidas através de duas hipóteses. A primeira hipótese considera o cálculo da frequência pelo processamento de toda a série histórica de vazões, isto é, uma curva seria gerada para cada mês, com os dados diários respectivos. Assim, uma vazão de permanência não seria necessariamente igual para diferentes meses. Já a segunda considera a hipótese de que em cada ano ocorre um evento hidrológico independente, dessa forma o cálculo de uma curva de permanência deverá ser realizado para cada ano.

Mendes (2007) afirma que a curva de permanência apresenta em sua utilização, alguns inconvenientes, como os critérios de outorga. O autor considera a questão em que cada permanência as vazões são as mesmas para todo ano, deixando de levar-se em conta a sazonalidade, importante fator a se considerar para avaliação da disponibilidade hídrica em bacias com conflitos pelos recursos hídricos. Dessa forma Cruz (2001) sugere o cálculo de curvas de permanências mensais construídas com dados diários de cada mês como alternativa. Tucci (2002) também enfatiza que geralmente as séries de valores utilizadas são de valores de vazões diárias.

Visto que as vazões diárias de muitos anos, apresentam uma grande quantidade de dados, é comum utilizar-se a vazão média mensal, ou a vazão média anual, de modo a simplificar os cálculos para a construção da curva de permanência (MENDES, 2007).

3.4 REUSO DA ÁGUA

O reuso da água é um conceito que já tem se difundido e praticado por todo o mundo durante anos. Porém, o consumo constante e desenfreado por água tem tornado o assunto bastante relevante e atual, considerando-o como parte de atividades de uso racional e eficiente da água, compreendendo assim o controle de desperdícios, minimização da produção de efluentes e consumo de água (PEREIRA; PASQUEALETTO; MINAMI, 2008).

O consumo per capita é caracterizado como sendo o consumo médio de água por habitante, englobando consumo industrial, doméstico, comercial e público. O consumo diário per capita é o fator mais utilizado quando faz-se o uso da água em áreas urbanas, e o mesmo é expresso em litros por habitante por dia (l/hab.dia). Von Sperling (2005), definiu valores de consumo “per capita” baseado em faixas populacionais conforme apresentado na tabela 2.

Tabela 2 - Consumo per capita por faixa populacional

Faixa da população (Habitantes)	Consumo per capita (l/hab.dia)
< 5.000	90 - 140
5.000 - 10.000	100 - 160
10.000 - 50.000	110 - 180
50.000 - 250.000	120 - 220
> 250.000	150 - 300

Fonte: VON SPERLING (2005)

Devido ao crescente consumo de água Ornelas (2004) entende por reuso, a utilização da água que acaba por se tornar um recurso escasso, buscando alternativas que visem suprir o consumo a fim de estabelecer o equilíbrio de oferta e demanda.

Hespanhol (2007) classifica o reuso da água em duas categorias: potável e não potável. Sendo o reuso potável subdividido em outras duas categorias: reuso potável direto, quando após o esgoto passar por tratamento é reutilizado no sistema de água potável. E o reuso potável indireto, em que após a passagem do esgoto por tratamento avançado, o mesmo é disposto em galerias de águas superficiais ou subterrâneas para diluição, purificação, e posterior captação, tratamento para pôr fim ser utilizada como água potável.

Ainda segundo o autor, o reuso não potável é utilizado para fins agrícolas, industriais, recreacionais, domésticos, para manutenção da vazão, aquicultura e recarga de aquíferos subterrâneos. Nesse quesito, vale ressaltar que o reuso não potável para fins domésticos inclui o reuso para jardinagem, descargas sanitárias, lavagem de automóveis, pisos, entre outros.

Isto posto, na Figura 2 busca-se exemplificar através de um fluxograma formas potenciais de reuso de água considerando a reutilização de esgotos domésticos e industriais.

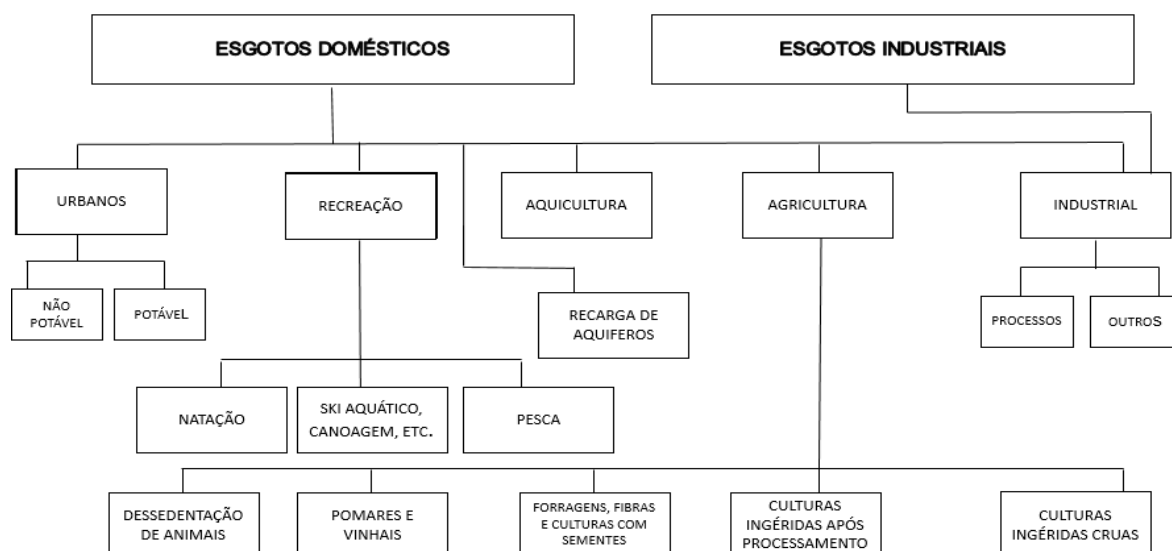


Figura 2 - Formas Potenciais de Reuso de água de esgoto após o tratamento

Fonte: Hespanhol (2007)

A fim de se amenizar a crise de água existente em praticamente todo o mundo, o reuso da água, através da captação das águas pluviais tem se tornado uma alternativa muito visada. A captação de água da chuva, consiste no desvio das águas através de calhas, para posteriormente transportá-la até um reservatório. Tal água pode então ser utilizada para reuso não potável (SABESP, 2008).

A utilização da água da chuva, traz consigo inúmeras vantagens, como a redução do consumo de água e do custo da mesma; reduz a utilização de água potável para descarga sanitária, irrigação de jardins, lavagem de pisos, etc. O retorno do investimento é sempre positivo; auxilia na contenção de enchentes, entre outras. (PEREIRA; PASQUEALETTO; MINAMI, 2008).

Blum (2007) ressalta que o reuso de água não deve trazer riscos sanitários à população, não deve causar objeção pelos usuários, não deve acarretar prejuízos ao meio ambiente, a fonte de água para reuso deve ser quantitativa e qualitativamente segura e sua qualidade deve atender exigências ao uso que se destina.

Dessa forma, cada vez mais tem se desenvolvido sistemas que visem o reuso, pela captação de água da chuva, visando que um futuro próximo não soframos as consequências da escassez do principal recurso para a vida, a água. (SANTOS; POLETO, 2012).

3.4.1 Sistema de captação de águas pluviais

Atualmente existem diversos tipos de sistemas para o aproveitamento das águas pluviais, e é de extrema importância que tais sistemas atendam aos requisitos da NBR 10844/89 que trata das instalações prediais de águas pluviais (HAGEMANN, 2009).

As áreas de coleta geralmente caracterizam-se pelos telhados dos estabelecimentos, possibilitando que a água chegue ao reservatório por gravidade, facilitando o projeto. Também é mais utilizada por apresentar uma qualidade superior, pois áreas sobre superfícies do solo tendem a sofrer influência do tráfego de pessoas e veículos (HAGEMANN, 2009).

Após as águas pluviais passarem pela área de coleta são destinadas ao reservatório de autolimpeza que tem a função principal de reter as impurezas, como galhos, folhas, dejetos, etc. que a água carregue. Após, as águas são destinadas ao reservatório de armazenamento das águas pluviais que deve ser projetado de forma a se manter coberto. Tais reservatórios devem atender três quesitos básicos: não pode haver vazamento; devem ser construídos com material não poluente afim de não contaminar a água presente nele e não haver a proliferação de vetores e ter uma tampa, evitando dessa forma a entrada de sujeira e insetos (FENDRICH, 2002). Esse processo pode ser visualizado na Figura 3.

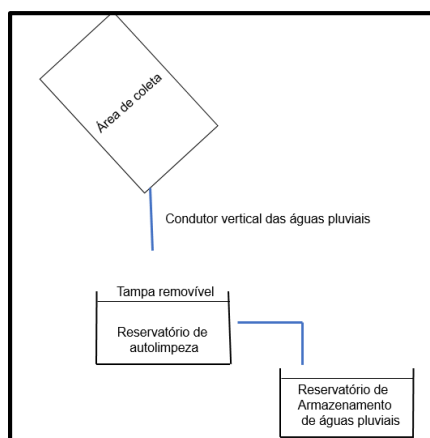


Figura 3 - Sistema de captação de água pluvial

Fonte: Adaptado de Fendrich (2002)

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DE ESTUDO

O presente estudo foi realizado no município de Medianeira, situado na região oeste do estado do Paraná, Brasil. O município está a 402 m de altitude e situado na latitude 25°17'40" ao sul e longitude 54°05'30" oeste (MENEGOL; MUCELIN; JUCHEN, 2007).

Um dos principais rios do município de Medianeira é o rio Alegria que tem sua nascente na linha São Miguel Arcanjo no interior do município e desemboca no Rio Ocoy, próximo ao lago de Itaipu, e está contido na Bacia Hidrográfica do Rio Paraná III (LAZZEREIS, 2013). Conforme apresentado por Anzolin(2013) as nascentes do Rio Alegria estão localizadas na área rural do município e recebe água de seus afluentes a Sanga Magnólia, a Sanga Manduri e a Sanga Maguari. É classificado como classe 2 de acordo com a Resolução CONAMA nº 357/05, portanto, pode ser destinado ao abastecimento de água para consumo humano, após passar por um tratamento convencional, sendo o principal manancial de abastecimento de água pela Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR). Durante seu percurso há presença de mata ciliar, contudo, também há áreas de invasões e disposição de resíduos sólidos.

Segundo Menegol, Mucelin, Juchen (2007) o Rio Alegria apresenta uma vazão média de aproximadamente 350 l/s antes das instalações da estação de tratamento de água e que no decorrer do rio a vazão aumenta devido à ocorrência de nascentes, aumentando a vazão média para aproximadamente 370 L.s⁻¹.

4.2 DADOS DE VAZÕES

Para a análise das vazões do rio Alegria foram obtidos as séries históricas das vazões da estação de tratamento de água de Medianeira (código 64897500) dos anos de 2001 a 2009 por serem os anos com dados disponíveis de vazões encontrando-se disponíveis no sistema Hidroweb da Agência Nacional de Águas (ANA), os quais

possuíam nove anos de dados consistidos. Os dados de vazões obtidos estão listados na Tabela 3.

Tabela 3 - Vazões da estação de tratamento de água de Medianeira

(continua)

Ano	Data	Vazões		
		Máxima	Mínima	Média
2001	01/08/2001	0,25	0	0,03
	01/10/2001	2,3	0,1	0,33
	01/11/2001	0,9	0,1	0,22
	01/12/2001	0,8	0,1	0,19
2002	01/01/2002	1,8	0,1	0,35
	01/02/2002	0,5	0,1	0,22
	01/06/2002	0,5	0,3	0,39
	01/07/2002	0,5	0,35	0,4
	01/08/2002	0,5	0,1	0,26
	01/09/2002	3,15	0,1	0,45
	01/10/2002	3,5	0,35	1,01
	01/11/2002	2,3	0,8	1,31
2003	01/12/2002	1,8	0,8	1,13
	01/01/2003	2,1	0,5	0,8
	01/02/2003	1,05	0,3	0,48
	01/03/2003	1,4	0,1	0,3
	01/04/2003	1,3	0,1	0,3
	01/05/2003	0,5	0,2	0,24
	01/06/2003	1,4	0,2	0,38
	01/07/2003	0,9	0,15	0,27
	01/08/2003	0,3	0	0,08
01/11/2003	2,1	0,5	0,79	
2004	01/12/2003	3,1	0,5	1,3
	01/01/2004	1,7	0,7	1,01
	01/02/2004	0,8	0,35	0,5
	01/03/2004	0,4	0	0,21
	01/06/2004	0,5	0,05	0,15
	01/07/2004	3,1	0,1	0,53
	01/08/2004	0,45	0,4	0,4
	01/09/2004	0,7	0,2	0,37
	01/10/2004	3,1	0,1	0,59
2005	01/11/2004	3,1	0,7	1,18
	01/12/2004	1,2	0,7	0,95
	01/01/2005	1,2	0,4	0,63
	01/02/2005	0,4	0,1	0,25
	01/04/2005	0,7	0	0,06
	01/05/2005	3,4	0	0,59

**Tabela 4 - Vazões da estação de tratamento de água de
Medianeira**

Ano	Data	Vazões		
		Máxima	Mínima	Média
2005	01/06/2005	2,25	0,5	0,89
	01/07/2005	1,4	0,6	0,81
	01/08/2005	2	0,3	0,51
	01/09/2005	2,4	0,35	0,65
	01/10/2005	12,8	0,5	1,69
	01/11/2005	2,9	1,4	1,62
	01/12/2005	1,6	0,5	0,91
2006	01/01/2006	1,3	0,3	0,51
	01/02/2006	0,3	0	0,12
	01/09/2006	0,9	0	0,15
	01/10/2006	3	0	0,29
	01/11/2006	1,6	0,2	0,38
	01/12/2006	0,7	0,3	0,41
2007	01/01/2007	1,3	0,2	0,37
	01/02/2007	1,5	0,05	0,3
	01/03/2007	0,45	0	0,11
	01/05/2007	2,1	0,3	0,84
	01/06/2007	1,2	0,7	0,9
	01/07/2007	0,7	0,4	0,57
	01/08/2007	0,4	0,2	0,27
	01/12/2007	0,3	0	0,07
2008	01/01/2008	0,5	0	0,05
	01/02/2008	0,35	0	0,04
	01/03/2008	0,25	0	0,02
	01/06/2008	0,6	0	0,13
	01/07/2008	1,2	0	0,16
	01/08/2008	1,9	0,15	0,31
	01/09/2008	0,9	0,15	0,31
	01/10/2008	3,5	0,3	0,65
	01/11/2008	4	0,5	0,87
	01/12/2008	0,9	0,4	0,65
2009	01/01/2009	2,2	0,3	0,46
	01/02/2009	1,9	0,2	0,36
	01/03/2009	0,2	0	0,1
	01/04/2009	0,35	0	0,03
	01/05/2009	7,4	0	0,49
	01/06/2009	0,8	0,2	0,37
	01/07/2009	1,2	0,4	0,48
	01/08/2009	2,5	0,4	0,7
	01/09/2009	3,2	0,6	0,93
	01/10/2009	3	0,7	1,42

4.3 CURVA DE PERMANÊNCIA

A fim de se avaliar a disponibilidade hídrica, foram utilizados dados de vazões da sub-bacia do Rio Alegria que apresenta extensão de 22 km e uma área de drenagem de 17,5 km² até a seção da estação de tratamento de água de Medianeira (código 64897500).

Após análise dos dados de vazões, foram obtidas e geradas as curvas de permanência para as vazões de referência Q₉₅, Q₉₀ e Q₈₀ utilizando a metodologia de Tucci (2002). Para a realização deste tópico foi utilizado o software Excel, onde os dados de vazões primeiramente foram ordenados de forma crescente. Para posteriormente ser construída a curva de permanência. Segundo Tucci (2002), para elaborar uma curva de permanência deve-se seguir as seguintes etapas:

1. Determinar os intervalos de classe entre o maior e o menor valor. O intervalo pode ser calculado da seguinte forma:

$$\Delta x = \frac{(Q_{mx} - Q_{mi})}{N} \quad (1)$$

Em que Q_{mx} é a vazão máxima encontrada nos dados históricos; Q_{mi} é a vazão mínima da série; N é o número de intervalos escolhido.

Para encontrar os intervalos de classe, foram utilizados os valores das vazões médias obtidas, e o número de intervalo adotado foi de 10 intervalos para todos os anos. Tal intervalo foi adotado devido a quantidade de dados disponíveis, pelo fato de alguns anos apresentarem menos dados que outros, um maior número de intervalos proporcionou que as curvas de permanência tivessem ao máximo suas curvas mais suaves. Os intervalos de classes obtidos para os anos estudados encontram-se na tabela A1 do apêndice A.

Após se estabelecer os limites de classes, foi possível encontrar o número de vazões que foram observadas para cada classe, bem como encontrar o número de observações acumuladas.

2. Após ser encontrado o número de observações, determinou-se a frequência em que as vazões se encontravam em suas respectivas classes. A frequência de cada intervalo foi obtida por:

$$f_i(\%) = \frac{N_{qi}}{NT} \times 100 \quad (2)$$

Em que N_{qi} é o número de vazões do intervalo i ; NT é o número total de vazões. As frequências obtidas estão representadas na tabela A2 do apêndice A.

3. As ordenadas da curva de permanência foram obtidas acumulando as frequências no sentido de maior vazão para a menor, posteriormente foram plotados os valores em um gráfico, com o valor do limite inferior do intervalo obtendo-se a curva de permanência. A curva obtida relaciona a vazão e a probabilidade na qual os valores são maiores ou iguais ao valor da ordenada ao longo do tempo. As curvas de permanência obtidas estão apresentadas no apêndice B.

Após identificar a frequência das vazões foi possível calcular através do método da interpolação de dados o valor da probabilidade mais próximo de 0,95 (95%), 0,90 (90%) e de 0,80 (80%) pois as vazões associadas a elas são as vazões Q_{95} (95% das vazões são iguais ou superiores e 5 % são inferiores), Q_{90} (80% das vazões são iguais ou superiores e 10% são inferiores) e Q_{80} (80% das vazões são iguais ou superiores e 20% são inferiores).

4.4 PERÍODOS CRÍTICOS

Após ser realizado o cálculo das curvas de permanência foram identificados os períodos críticos, isto é, períodos em que não houve disponibilidade quantitativa para atender todos os usuários. Como períodos críticos foi considerado 70% da Q_{95} , por se caracterizar como a vazão mais restritiva.

Para elevar a disponibilidade hídrica nestes períodos foi avaliado a implantação de reuso de água nas residências através da captação de água da chuva para compensação utilizando a metodologia de Fendrich (2002).

Foi considerado que em média um habitante consome diariamente 150 litros de água, para banho, descarga, higiene e consumo. Os cálculos consideraram uma

situação hipotética: casa de alvenaria com um pavimento, 4 moradores, 110m² de área de telhado e área de coleta de águas pluviais, e uma bacia sanitária.

Primeiramente foi calculado a capacidade do reservatório de Autolimpeza (Sedimentação de folhas, poeiras, excremento de pássaros, etc.) Utilizando o método de Fendrich (2002) através da fórmula:

$$V=P \times Ac \quad (3)$$

Em que:

V = capacidade do reservatório de Auto-Limpeza

P = Descarte inicial da chuva

Ac = área de coleta das águas pluviais.

Após foi calculado a capacidade do Reservatório de Detenção Distribuída das Águas Pluviais:

$$V=Cr \times Ac \quad (3)$$

Em que:

V = capacidade do reservatório de Detenção

Cr = Coeficiente de Escoamento Superficial Regional

Ac = área de coleta das águas pluviais.

Após esse cálculo, foi possível realizar com base na tese de Fendrich o cálculo do período médio de reembolso do investimento para as Residências que adquirirem os reservatórios de captação de águas pluviais através da seguinte fórmula:

$$\bar{n} = \frac{CI}{Ec \text{ anual}} \quad (4)$$

Em que:

\bar{n} = Período médio de Reembolso do Investimento

CI = Valor gasto para construção do sistema

Ec anual = Economia anual

4.4.1 Estimativa do número de residências

Para o cálculo da estimativa do número de residências foram realizados os seguintes passos:

- Cálculo da demanda total (população x consumo per capita médio mensal);
- Identificação dos períodos de déficit através da subtração dos valores obtidos da cova de permanência;
- Divisão do déficit pelo consumo per capita para encontrar a população total;
- Divisão da população total encontrada por 4 habitantes por domicílio encontrando assim o número de residências a instalarem o sistema de captação de água pluvial.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 CURVAS DE PERMANÊNCIA E ANÁLISE DOS PERÍODOS CRÍTICOS

Após a elaboração das curvas de permanência dos anos de 2001 a 2009 e da curva característica de todos os anos que estão representadas no apêndice B foi possível identificar as vazões referentes a Q_{95} , Q_{90} , Q_{80} e 70% da Q_{95} , onde a Q_{95} é o critério de outorga adotado no estado do Paraná, e a 70% Q_{95} é a vazão mais restritiva e, considerada a vazão dos períodos críticos encontrados no estudo.

Através do método de interpolação e dos dados de vazões disponíveis foi possível identificar as vazões de referência estudadas. Esse resultado pode ser melhor visualizado na Tabela 4.

Tabela 5 - Vazões de Referência Q_{95} , Q_{90} , Q_{80} e 70% da Q_{95} .

Ano	Vazões (m ³ /s)			
	Q95	Q90	Q80	70% Q95
2001	0,04	0,04	0,06	0,03
2002	0,24	0,27	0,32	0,17
2003	0,14	0,20	0,23	0,10
2004	0,19	0,24	0,30	0,13
2005	0,15	0,24	0,42	0,10
2006	0,13	0,15	0,18	0,09
2007	0,10	0,13	0,20	0,07
2008	0,04	0,05	0,08	0,03
2009	0,08	0,13	0,24	0,06
Todos os anos	0,21	0,25	0,34	0,15

Os períodos críticos encontrados para os anos em questão, podem ser identificados na coluna 70% da Q_{95} , visto que conforme a ANA (2005) a vazão máxima outorgável é 70% da Q_{95} podendo variar em função das peculiaridades de cada região. Dessa forma, a somas das vazões outorgadas na bacia, não poderá exceder a 70% da vazão de referência definida pela Q_{95} .

Dessa forma, os resultados apresentados para 70% da Q_{95} representam o máximo permitido outorgável para diferentes fins. Vazões acima da calculada representam que a disponibilidade hídrica do Rio Alegria possa vir a encontrar-se

baixa. Para análise dos períodos críticos de forma mais detalhada e para identificar as épocas de intensa estiagem, foi realizada uma análise mensal com base nas vazões médias. Tal análise, é apresentada nas Figuras 4 e 5.

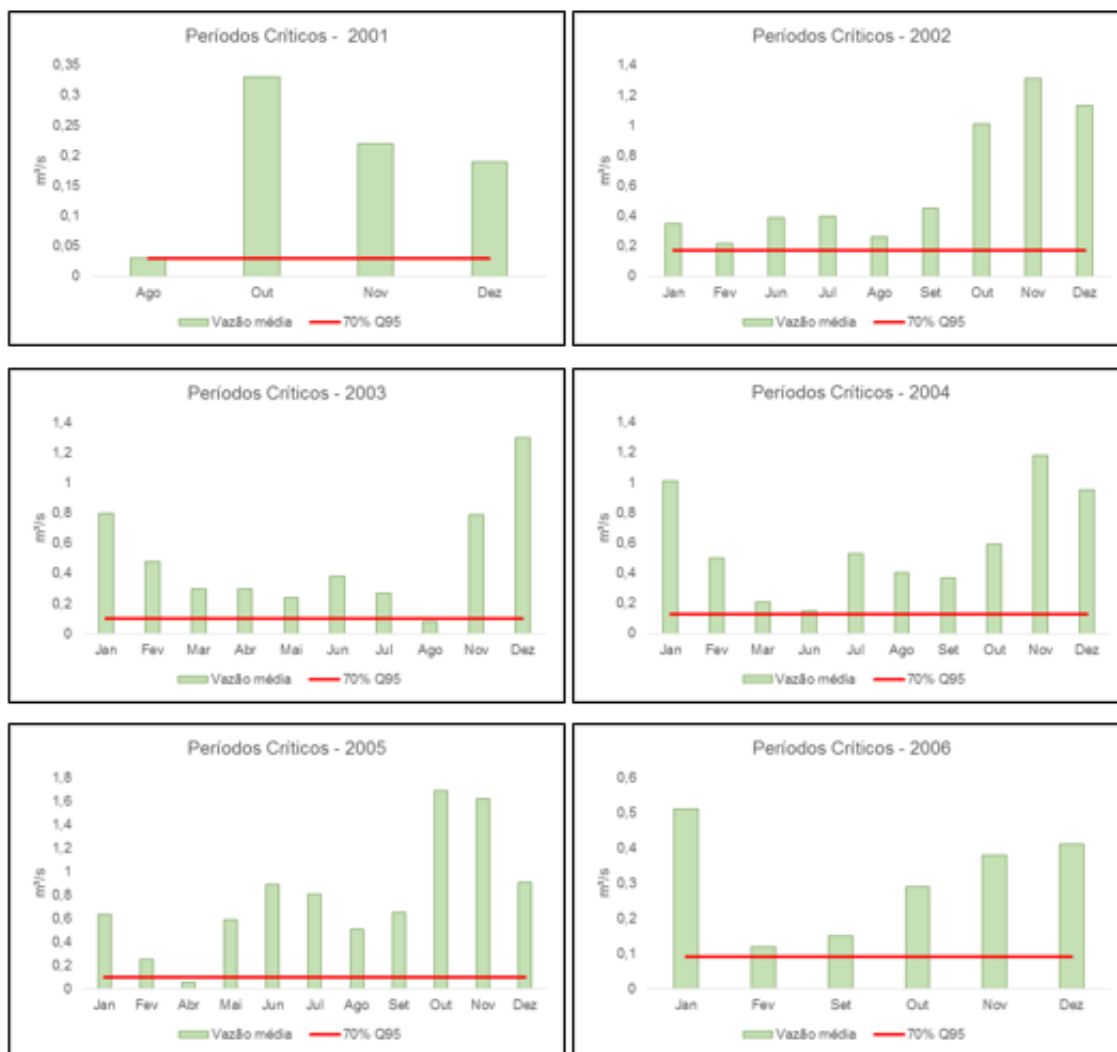


Figura 4 - Gráficos análise dos períodos críticos (2001 - 2006)

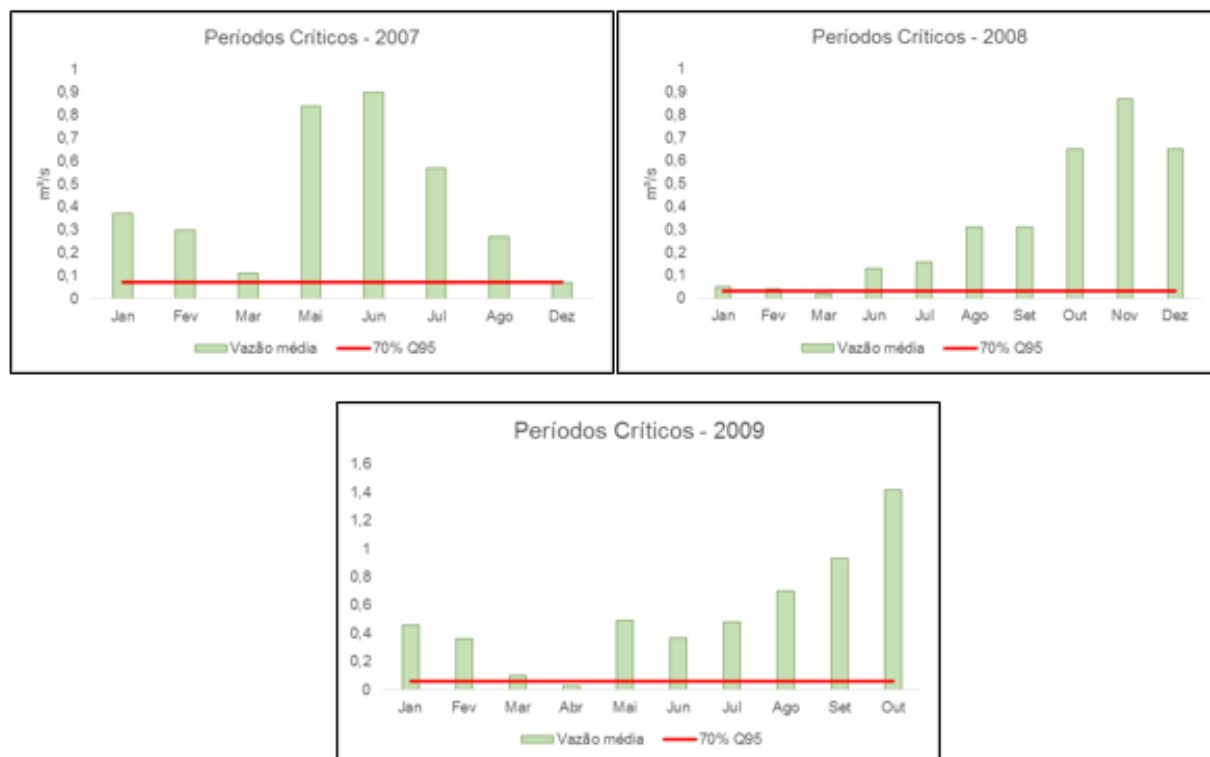


Figura 5 - Gráficos análise dos períodos críticos (2007 - 2009)

Através da visualização das figuras 4 e 5 é possível identificar os meses em que as vazões médias apresentadas encontram-se acima do valor correto conforme a agência nacional de águas. Observa-se que nos anos 2002, 2004 e 2006 todas as vazões médias dos meses apresentados encontram-se acima do calculado para 70% da Q₉₅.

Dessa forma, as vazões de referência são muito importantes pois são passíveis da identificação dos períodos críticos, pois além de garantir quantidade para os usos múltiplos, garante também qualidade dos corpos hídricos, não exclusivamente para os usos outorgados, mas para todos os processos ecológicos que se desenvolvem no meio aquático ou que dele dependam.

De forma a suprir as necessidades dos seres vivos de um ecossistema, é necessário que a água se encontre em quantidade e qualidade suficiente, visto que ambas dependem uma da outra, pois a qualidade da água depende da quantidade da água existente para dissolver, diluir e transportar as substâncias benéficas e maléficas para os seres vivos (BRAGA et al., 2002).

O que vem agravando o desequilíbrio entre a oferta e a demanda dos corpos hídricos é a intensa poluição hídrica, mudanças climáticas, desmatamento, exploração

dos recursos naturais, etc. E esse desequilíbrio causa a alteração do regime natural dos rios, podendo assim causar impactos ao equilíbrio dos ecossistemas aquáticos (HARRISON et al., 2004).

Portanto, as vazões de referência visam oferecer garantia dos usos múltiplos bem como a proteção dos corpos hídricos, impedindo que os volumes outorgados comprometam as condições necessárias a manutenção dos ecossistemas terrestres e aquáticos (GRANZLERA, 2013). Da mesma maneira, também são importantes para o enquadramento dos corpos hídricos que visam definir classes de qualidade da água para seus usos preponderantes.

Neste contexto, segundo a ANA (2009), as vazões de referência tendem a garantir que a qualidade da água esteja compatível com os usos preponderantes dos recursos hídricos enquadrados na maior parte do tempo. É utilizada também para garantir o atendimento as metas de enquadramento. Sendo assim, as vazões de referência são um fator de extrema importância para o enquadramento dos corpos hídricos pois estão associadas a garantia do atendimento aos padrões da classe onde se pretende enquadrar o corpo de água, e também ao custo relacionado as cargas poluentes, pois quanto menor ou mais restritivo a vazão de referência, maior o custo envolvido no tratamento dos efluentes para o atendimento à meta. Por outro lado, quanto mais restritivas as vazões de referência, menores serão os riscos relacionados à saúde da população e a deterioração do ambiente aquático.

Portanto é possível constatar que as vazões encontradas para a Q_{95} , tem seus valores inferiores as vazões encontradas para a Q_{90} e Q_{80} visto que a Q_{95} é a vazão de referência mais restritiva, conferindo assim uma maior qualidade das águas do rio Alegria.

Para garantir as suas características iniciais, o corpo d'água passa pelo processo de autodepuração, esse processo é realizado através da diluição e assimilação de esgotos e resíduos através de processos físicos, químicos e bacteriológicos. Essa capacidade, porém, é limitada dependendo muito das características do corpo hídrico, da quantidade e da natureza da matéria orgânica presente no mesmo, dos microrganismos que promovem a transformação da matéria orgânica em compostos mais simples e também das condições ambientais. Portanto, as vazões de referência estabelecem, juntamente com as outorgas de lançamento a quantidade de efluentes que podem ser lançados em uma quantidade de água necessária para que a diluição da carga poluente ocorra (TEODORO, 2010).

As vazões de estiagem tendem a auxiliar no planejamento dos recursos hídricos visto que a vazão do curso d'água receptor dos despejos é de substancial importância quando se estuda os recursos hídricos ou se usa de ferramentas de modelagem matemática, pois além dela influenciar o comportamento hidráulico do rio, as vazões encontram-se diretamente associadas à capacidade de diluição dos despejos afluentes. Dessa forma, fica evidenciado que de todas as variáveis que influenciam a capacidade de assimilação de poluentes, a vazão do rio é a que apresenta maior importância (VON SPERLING, 2007).

Adicionalmente salienta-se a importância das vazões de referência, visto que as mesmas proporcionam que as águas sejam encontradas em quantidade suficiente para seus usos, e dessa forma garantem uma vazão estabelecida auxiliando na assimilação de poluentes.

5.2 COMPENSAÇÃO DOS PERÍODOS CRÍTICOS

Afim de se comparar os resultados obtidos dos períodos críticos, avaliou-se o consumo per capita de água da população de Medianeira-PR. Segundo dados do IBGE (2010), a população do município de Medianeira/PR apresenta 41.830 habitantes. Posto isto, com base na classificação de Von Sperling (2005) foi adotado um consumo per capita por habitante no município de 150 L/hab.d, representando dessa forma 0,15 m³/hab.d ou 0,000017 m³/hab.s, quando multiplicado pelo número de habitantes de medianeira, tem-se o valor de 0,07 m³/s.

Dessa forma, quando comparado o consumo per capita, com os períodos críticos identificados, temos que tal valor encontra-se acima do máximo permitido conforme o disposto na tabela 5 nos anos 2001 (0,03 m³/s), 2008 (0,03 m³/s) e 2009 (0,06 m³/s).

De modo a suprir os períodos analisados como críticos, foi analisado a implantação da captação da água da chuva nas residências. Como já citado anteriormente, a água da chuva, para reuso é destinada para fins não potáveis, como a descarga sanitária, rega de jardins, lavagem de roupas, de veículos e de pisos (HAGEMANN, 2009).

Conforme Fendrich (2002) quando há ocorrência de outras chuvas após algum tempo de estiagem, o escoamento das águas pluviais pode trazer consigo impurezas, como folhas, galhos, dejetos de pássaros ou outros animais, poeiras, entre outros, que acabam ficando sedimentados sobre a superfície de coleta, o telhado das residências. Dessa forma, faz-se a adoção de um reservatório de autolimpeza das águas pluviais.

Fendrich adota como descarte inicial de águas pluviais o valor de 0,4 L/m² até 1,5 L/m² adotando se assim, o valor de 1 L/m² de descarte inicial, e área de coleta correspondente a área do telhado hipotética adotado de 110 m². Dessa forma temos como volume do reservatório de autolimpeza o valor de 110 litros, conforme mostra o quadro 1.

Dimensionamento reservatório de autolimpeza		
P =	1	L/m ²
AC=	110	m ²
V=	110	L

Legenda: P = descarte inicial da chuva; AC = Área de coleta das águas pluviais; V = Capacidade do reservatório de autolimpeza.

Quadro 1 - Dimensionamento reservatório de autolimpeza

Após passar pelo reservatório de autolimpeza as águas pluviais são destinadas ao reservatório de armazenamento das águas pluviais, para a realização do cálculo do reservatório de autolimpeza, é necessário obter-se o valor do coeficiente de escoamento superficial regional. Por não haver dados disponíveis do coeficiente de escoamento para medianeira ou região, adotou-se o valor atribuído por Fendrich em seu estudo no bairro boqueirão na cidade de Curitiba/PR de 20,5 mm.

De modo que, tem-se como volume do reservatório de armazenamento de águas pluviais 2255 litros, como mostra o Quadro 2.

Dimensionamento reservatório de detenção		
C =	20,5	mm
AC=	110	m ²
V=	2255	L

Legenda: C = coeficiente de escoamento superficial regional; AC = área de coleta das águas pluviais; V = capacidade do reservatório de detenção.

Quadro 2 - Dimensionamento reservatório de detenção

Em média, os reservatórios comerciais para captação de águas pluviais tem capacidade para 1000 litros, o dimensionamento realizado por Fendrich (2002) permite o armazenamento de uma maior quantidade de água, que pode ser realizada através da conexão de unidades adicionais.

Para a implantação do sistema de reuso de água há um custo, que varia conforme as dimensões do local onde será instalado, bem como da qualidade (CARVALHO et al, 2014). May (2004) afirma que a viabilidade da utilização do sistema de captação de água pluviais, depende basicamente de três fatores: precipitação, área de coleta e demanda. Quando tais fatores são elevados, o prazo para o retorno do investimento é considerado curto.

Fendrich (2002) analisou em sua tese uma residência com característica construtiva de alvenaria com um pavimento, 5 moradores, área do telhado de 110 m², área de calçada e garagem 76 m² e uma bacia sanitária. Foi avaliado o consumo de água da residência avaliada bem como sua economia após implantação do sistema de aproveitamento de água pluvial, com tarifa de água potável no ano de 2002 de: (11 a 30 m³) = R\$ 10,25 + R\$ 1,55 / m³ excedente e tarifa do esgoto sanitário = 0,80 da tarifa de água, tais dados presentes no estudo foram obtidos pela Companhia de Saneamento do Paraná (SANEPAR). Os dados para o cálculo são apresentados na tabela 5.

Tabela 6 - Utilização das águas pluviais em residência com Ac = 110,0 m²

Mês / ano	Água potável		Águas pluviais					Economia de água potável			
	C _M (m ³)	Tarifa (R\$)	V _{AP} (m ³)	C _{BS} (m ³)	C _{LE} (m ³)	C _{LA} (m ³)	C _I (m ³)	C _{AP} (m ³)	V = C _M - C _{AP} (m ³)	Tarifa (R\$)	Economia (R\$)
jun/00	19	36,65	11,33	9,00	0,3	0,6	0,18	10,08	8,92	18,45	18,2
jul/00	20	38,59	6,81	9,30	0,3	0,6	0,18	6,81	13,19	27,35	11,24
ago/00	19	36,65	6,86	9,30	0,3	0,6	0,18	6,86	12,14	24,42	12,23
set/00	23	44,37	20,89	9,00	0,3	0,6	0,18	10,08	12,92	26,6	17,77
out/00	20	38,59	13,99	9,30	0,3	0,6	0,18	10,38	9,62	18,45	20,14
nov/00	23	43,88	14,85	9,00	0,3	0,6	0,18	10,08	12,92	26,6	17,28
dez/00	30	74,25	15,32	9,30	0,3	0,6	0,18	10,38	19,62	45,29	28,96
jan/01	19	43,56	12,92	9,30	0,3	0,6	0,18	10,38	8,62	18,45	25,11
fev/01	20	46,35	34,52	8,40	0,3	0,6	0,18	9,48	10,52	19,9	26,45
mar/01	32	83,79	16,06	9,30	0,3	0,6	0,18	10,08	21,92	51,71	32,08
abr/01	30	74,25	7,37	9,00	0,3	0,6	0,18	7,37	22,63	53,69	20,56
mai/01	22	51,93	16,85	9,30	0,3	0,6	0,18	10,38	11,62	22,97	28,96
Total	277	612,86	177,77	109,50	3,6	7,2	2,16	112,36	164,64	353,88	258,98
Média	23,08	51,07	14,81	9,12	0,3	0,6	0,18	9,36	13,72	29,49	21,58
(%)	100	100	64,18	39,53	1,3	2,6	0,78	40,56	59,44	57,74	42,26

Legenda: CM= Consumo mensal médio de água potável; CAP = Consumo médio mensal das águas pluviais; CBS= Consumo das bacias sanitárias; CLE = Consumo das lavagens das áreas pavimentadas externas; CLA= Consumo lavagem de automóveis; CI= consumo irrigação de jardins e plantas.

Fonte: Adaptado de Fendrich (2002).

Fendrich (2002) também avaliou a implantação de captação de água pluvial em uma residência com área de telhado de 51 m². Para essa edificação foi obtido um custo para instalação do sistema de utilização das águas pluviais de R\$ 817,57 com período média de reembolso do investimento de 5,6 anos.

Considerando, para a edificação de 110 m² um mesmo período médio de reembolso e utilizando a fórmula apresentada na metodologia desse estudo, conseguimos dessa forma obter o valor do investimento para instalação do sistema de utilização das águas pluviais apresentadas no Quadro 3.

Custo de instalação		
n =	5,6	Anos
EC=	258,98	R\$
CI =	1450,29	R\$

Legenda: n= período médio de reembolso do investimento; EC= Economia anual; CI = valor gasto para a construção do sistema.

Quadro 3 - Valor gasto para a construção do sistema

Sendo assim, para a situação hipotética considerada no presente estudo temos um custo de instalação de R\$ 1450,29 com um período médio de reembolso de 5,6 anos.

5.2.1 Cálculo do Número de Residências

Para análise do número de residência a implantar o sistema de captação de águas pluviais primeiramente identificou-se a demanda total de água consumida, apresentada no quadro 4.

Cálculo Demanda		
População=	41830	Hab
Consumo per capita=	150	L/hab.d
Demanda=	6274500	L/d
Demanda=	6275	m ³ /d

Quadro 4 - Cálculo da demanda de água para o município de Medianeira/PR

Após conhecer a demanda do município, e as vazões Q_{95} , Q_{90} , Q_{80} e $70\% Q_{95}$ já calculadas anteriormente, foi possível identificar os períodos em que há déficit do

consumo, isto é, a demanda é muito maior que a vazão disponível para ser utilizada. Os períodos identificados com déficit podem ser visualizados na Tabela 6.

Tabela 7 - Cálculo para identificação dos períodos de déficit

Parâmetros (m³/d)	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Demanda	6275	6275	6275	6275	6275	6275	6275	6275	6275
Q ₉₅	3152	21082	12096	16520	12796	11595	8554	3283	6912
Vazão	-3123	14807	5822	10245	6521	5320	2279	-2991	638
Demanda	6275	6275	6275	6275	6275	6275	6275	6275	6275
Q ₉₀	3629	23190	17375	20736	20736	12865	11232	4493	11232
Vazão	-2646	16915	11101	14462	14462	6590	4958	-1782	4958
Demanda	6275	6275	6275	6275	6275	6275	6275	6275	6275
Q ₈₀	5175	27406	20010	25920	36063	15396	17168	6912	20736
Vazão	-1099	21132	13736	19646	29789	9122	10893	638	14462
Demanda	6275	6275	6275	6275	6275	6275	6275	6275	6275
70% Q ₉₅	2592	14688	8554	11595	8554	7776	6048	2592	5175
Vazão	-3683	8414	2280	5321	2280	1502	-226	-3683	-1100

Através da identificação dos períodos que apresentam déficit, e das vazões já identificadas encontramos a população total. Como o estudo considera uma situação hipotética de uma residência com 4 moradores, o valor encontrado para a população foi dividido por 4 para obter-se o número de residências necessárias para instalação do sistema de captação de águas pluviais para o suprimento dos períodos com demanda hídrica baixa. O número de residências necessárias para tais períodos é apresentado na tabela 7.

Tabela 8 - Cálculo do número de residência para implantação do sistema de captação de águas pluviais

Vazão	Parâmetros calculados	2001	2007	2008	2009
Q ₉₅	Déficit/consumo per capita (hab)	20820	-	19940	-
	Número de residências	5205	-	4985	-
Q ₉₀	Déficit/consumo per capita (hab)	17640	-	11880	-
	Número de residências	4410	-	2970	-
Q ₈₀	Déficit/consumo per capita (hab)	7327	-	-	-
	Número de residências	1832	-	-	-
70% Q ₉₅	Déficit/consumo per capita (hab)	24553	1507	24553	7333
	Número de residências	6138	377	6139	1834

Diante disto, é possível identificar que no ano de 2001 o Rio Alegria apresentou uma vazão baixa para todas as vazões de referência estudadas, visto que houve déficit para todas. É possível também identificar que para a vazão 70% Q₉₅ e Q₉₅ o número de residências necessários para implantação do sistema de reuso de água é maior que das demais vazões de referência, isso se deve ao fato dessas vazões serem mais restritivas, dessa forma, a vazão de outorga para diferentes fins é menor que as demais vazões, assim, há necessidade de formas que visem a diminuição da demanda de água consumida pelos corpos d'água.

Apesar da comparação com outras vazões de referência, vale ressaltar que no Paraná a vazão de referência adotada é a Q₉₅, portanto, o Rio Alegria encontrou-se com déficit na demanda para atendimento à população nos anos 2001 e 2008 sendo necessárias para implantação do sistema de captação de águas pluviais 5205 e 4985 residências respectivamente.

É importante lembrar que apesar da utilização do aproveitamento das águas pluviais ter se tornado uma prática muito utilizável no intuito de compensar as baixas demandas dos corpos d'água, é necessário ter cuidado visto que a utilização das águas pluviais influi no ciclo hidrológico na infiltração, escoamento superficial, diretamente influenciados pela precipitação.

No dimensionamento das calhas e reservatórios é importante considerar a intensidade, a duração e a frequência das águas pluviais. O volume precipitado, juntamente com a intensidade e a duração influenciam também na qualidade da água,

visto que a junção dos três regula o potencial de carreamento dos materiais presentes nas superfícies por onde a água escoa, influenciando assim, na diluição dos poluentes (HAGEMANN, 2009).

6 CONCLUSÃO

Através da elaboração das curvas de permanência foi observado que nos anos 2002, 2004 e 2006, todas as vazões médias dos meses apresentados encontraram-se acima do calculado para 70% da Q_{95} .

Para a cidade de Medianeira/PR, encontrou-se o número de residências necessária para implantação do sistema de águas pluviais nos anos onde houve déficit da demanda. Para o ano de 2001 chegou-se ao valor de 5205 residências para a Q_{95} , 4410 para Q_{90} , 1832 para Q_{80} e 6138 para 70% Q_{95} . Já para o ano de 2007 seriam necessárias 377 residências para 70% Q_{95} , em 2008, 4985 residências para Q_{95} , 2970 para Q_{90} e 6139 para 70% Q_{95} e em 2009 1834 residências para 70% Q_{95} . Dessa forma constatou-se que a disponibilidade hídrica do Rio Alegria é satisfatória para os períodos analisados

REFERÊNCIAS

ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. (2009). **Biblioteca Virtual**. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/CatalogoPublicacoes.htm>>.

Acesso em: 05 mai 2016

ANA, RESOLUÇÃO Nº 467, DE 30 DE OUTUBRO DE 2006. **Biblioteca**

Virtual Disponível em:

<<http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/Resolucoes/resolucoes2006/4672006.pdf>>

Acesso em: 12 mai 2016

ANZOLIN, Thiago. **Diagnóstico ambiental de fragmentos do Rio Alegria (Medianeira-PR) através de um protocolo de avaliação rápida e de parâmetros físico-químicos**. 2013. 43 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2013.

BERTOL, Gisele. A. et al. Aplicação do método do cálculo do balanço hídrico na avaliação da recarga no aquífero Bauru em Araguari – MG. In: XIV CONGRESSO BRASILEIRO DE ÁGUAS SUBTERRÂNEAS, v.20, n.1, 2006, São Paulo.

Suplementos. Disponível em:

<<https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/22175/14530>>

Acesso em: 14 mai. 2016

BLUM, J. R. C. Critérios e padrões de qualidade da água. **Reúso de Água**. São Paulo. Ed. Manole: 2007. P. 125-173.

BRAGA, Benedito. et al **Introdução à engenharia ambiental**, 2 ed. São Paulo: Prentice Hall, 2005.

BRANCO, Otavio. E. A. **Avaliação da disponibilidade hídrica: Conceitos e aplicabilidade**. Juiz de Fora/MG, 2006.

CARVALHO, Daniel. F.; MELLO, Jorge. L. P.; SILVA, Leonardo. D. B. **Hidrologia: irrigação e drenagem**. 2007. Disponível em:

<<http://www.ufrrj.br/institutos/it/deng/jorge/downloads/APOSTILA/LICA%20Parte%201.pdf>>. Acesso em: 05 maio 2016

CRUZ, Jussara. C. **Disponibilidade Hídrica para outorga: avaliação de aspectos técnicos e conceituais**. 2001. 199 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Instituto de pesquisas hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

FENDRICH, Roberto. **Aplicabilidade do armazenamento, utilização e infiltração das águas pluviais na drenagem urbana**. 2002. 504f. Tese (Doutorado em Geologia Ambiental) – Setor Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2002.

GIACCHINI, Margolaine. **Estudo quali-quantitativo do aproveitamento da água de chuva no contexto da sustentabilidade dos recursos hídricos**. 2010.145 f. Dissertação (Pós- Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) - Departamento de Hidráulica e Saneamento, Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2010.

GRANZLERA, Maria. L. M. A fixação de vazões de referência. **Revista de Direito Ambiental**, v. 70, n. 18, jun. 2013.

HAGEMANN, Sabrina Elicker. **Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso**. 2009. 141 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2009.

HARRISON, S.S.C. et al. The effect of instream rehabilitation structures on macroinvertebrates in lowland rivers. **Journal of Applied Ecology**, v. 41, n. 1. p.1140–1154. 2004.

HESPANHOL, Ivanildo. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos. **Reúso de Água**. São Paulo. Ed. Manole. P 37-95. 2007.

JARDIM, Paloma. B. **Qualidade de água de nascentes como reflexo do manejo do uso e ocupação do solo e conservação da mata ciliar, no município de Ouro Branco – MG**. 2010. 109 f. Dissertação (Mestre em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2010.

LAZZEREIS, Sheila Aparecida Fritsch. **Avaliação e monitoramento da qualidade do rio alegria**. 2013. 34 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2013.

LIMA, Fabiano B.; SANTOS, Gilmar O. **Balanco hídrico-espacial da cultura para o uso e ocupação atual da bacia hidrográfica do Ribeirão Santa Rita, Noroeste do Estado de São Paulo**. 2009. 89 f. Monografia. Fundação Educacional de Fernandópolis, Fernandópolis, 2009.

MAY, Simone. **Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações**. 2004. 189 f. Dissertação (Título de mestre em engenharia de construção civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

MENDES, Ludmilson. **A. Análise dos critérios de outorga de direito de usos consuntivos dos recursos hídricos baseados em vazões mínimas e em vazões de permanência**. 2007.189 f. Dissertação (Mestre em Engenharia de Recursos Hídricos) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

MENEGOL, S.; MUCELIN, C. A.; JUCHEN, C. R. Avaliações de características físico-químicas do leito do Rio Alegria. SANARE: **Revista Técnica da Sanepar**. 2007. Acesso em: 24/04/2016. Disponível em:
><http://www.sanepar.com.br/sanepar/sanare/v18/Avcaractfisquim.htm><

MORAES, Danielle. S. L.; JORDÃO, Berenice. Q. Degradação de recursos hídricos e seus efeitos sobre a saúde humana. **Rev. Saúde Pública**. Corumbá, v. 36, n. 3, p. 370-4, 2002.

ORNELAS, Pedro. **Reuso de água em edifícios públicos: o caso da Escola Politécnica da UFBA**. 2004. 171 f. Dissertação (Mestrado em Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo) – Departamento de Engenharia Ambiental, Universidade Federal da Bahia. Salvador, 2004.

PEREIRA, Antônio. R.; ANGELOCCI, Luiz .R.; SENTELHAS, Paulo. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas**. 2. ed. Guaíba: Agropecuária, 2002. 478 p.

PEREIRA, R. P.; PASQUALETTO, A.; MINAMI, M. Y. M. **Viabilidade econômica/ ambiental da implantação de um sistema de captação e aproveitamento de água pluvial em edificação de 100 m² de cobertura**. Goiânia, 2008.

REBOUÇAS, Aldo. C.; BRAGA, Benedito; TUNDISI, José. G. **Águas doces no Brasil capitais ecológicas usos e conservação**. 3 ed. São Paulo: Escrituras, 2002. p. 269-324

RIBEIRO, Marcia. M. R. **Alternativas para a outorga e a cobrança pelo uso da água: simulação de um caso**. 2000. 200 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Instituto de pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porte Alegre, 2000.

SANTOS, Pedro. H. S.; POLETO, Cristiano. **Sistema Simplificado de captação e reuso de água de chuva com filtro de Pré-Tratamento Autolimpante**. Toledo, 2012.

SABESP - Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo. (2008). **Biblioteca Virtual**. Disponível em: <www.sabesp.com.br> Acesso 12 mai 2016

SANEPAR – Companhia de saneamento do Paraná. (2016). **BIBLIOTECA VIRTUAL**. Disponível em: < <http://site.sanepar.com.br/clientes/nossas-tarifas>>. Acesso em: 03 nov 2016.

SANTOS, P.V.C. J.; CUNHA, A. C. Outorga de Recursos Hídricos e Vazão

Ambiental no Brasil: Perspectivas Metodológicas Frente ao Desenvolvimento do Setor Hidrelétrico na Amazônia. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. vol. 18, n.3, pp. 81-95. Jul/Set 2013

SOUZA, Juliana et al. A importância da qualidade da água e os seus múltiplos usos: Caso Rio Almada, Sul da Bahia, Brasil. **REDE - Revista Eletrônica do Prodema**., Fortaleza, v.8, n.1, p.26-45, abr. 2014.

SOUZA, Rodrigo. M. **Estimativa de vazões mínimas na bacia do altíssimo Rio Negro, região Sul-Brasileira, com aplicação do modelo swat**. 2011. 124 f. Dissertação (Mestrado em Geografia) – Setor de ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

TEODORO, Anderson. **Estudo da capacidade de autodepuração de diluição de efluentes no rio Taquarizinho**. 2010. 79 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. Campo Grande, 2010.

TOMASELLA, Javier. Permanência de cotas/vazões entre 1986 e 1996 em algumas bacias brasileiras. **Climanálise**, São José dos Campos, v. 20, n. 7, p. 15-29, 2005.

TUCCI, Carlos. E. M. **Regionalização de Vazões**. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS, 2002.

VON SPERLING, Marcos. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios**. – Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.

VON SPERLING, Marcos. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. Belo Horizonte – UFMG, v. 1, 3. ed, p. 452, 2005.

WAHNFRIED, Ingo. HIRATA, Roberto. Comparação dos Métodos de Estimativa de Recarga de Aquíferos em uma Planície Aluvionar na Bacia Hidrográfica do Alto Tietê

(São Paulo). In: ABRH – **Revista Brasileira dos Recursos Hídricos**. 15 – 25 p, 2005, São Paulo.

WUTKE, Elaine et al. Propriedades do solo e sistema radicular do feijoeiro irrigado em rotação de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Rio de Janeiro, v. 24, n.3, p. 621-633, jul. 2000.

APÊNDICE A – Intervalo de classes e frequência para
as curvas de permanência.

Tabela A1 - Intervalo de classe para os anos estudados

Ano	Q_{mx} (m³/s)	Q_{mi} (m³/s)	N	Δx
2001	0,33	0,03	10	0,03
2002	1,31	0,22	10	0,11
2003	1,30	0,08	10	0,12
2004	1,18	0,15	10	0,10
2005	1,69	0,06	10	0,16
2006	0,51	0,12	10	0,04
2007	0,90	0,07	10	0,08
2008	0,87	0,02	10	0,08
2009	1,42	0,03	10	0,14
Todos os anos	1,70	0,17	10	0,15

Tabela A2 - Frequência dos intervalos de classe

(Continua)

Ano	Intervalos de classe	Nº Observações	Nº Observações Acumuladas	Frequência (%)
2001	0,32 - 0,3	1	1	25
	0,3 - 0,27	0	1	25
	0,27 - 0,24	0	1	25
	0,24 - 0,21	1	2	50
	0,21 - 0,18	1	3	75
	0,18 - 0,15	0	3	75
	0,15 - 0,12	0	3	75
	0,12 - 0,09	0	3	75
	0,09 - 0,06	0	3	75
	0,06 - 0,03	1	4	100
2002	1,3 - 1,2	1	1	11
	1,2 - 1,1	1	2	22
	1,1 - 0,98	1	3	33
	0,98 - 0,87	0	3	33
	0,87 - 0,76	0	3	33
	0,76 - 0,65	0	3	33
	0,65 - 0,54	0	3	33
	0,54 - 0,44	1	4	44
	0,44 - 0,33	3	7	78
	0,33 - 0,22	2	9	100

Tabela A2 – Frequência dos intervalos de classe

(Continua)

Ano	Intervalos de classe	Nº Observações	Nº Observações Acumuladas	Frequência (%)
2003	1,3 - 1,18	1	1	10
	1,18 - 1,05	0	1	10
	1,05 - 0,93	0	1	10
	0,93 - 0,81	0	1	10
	0,81 - 0,69	2	3	30
	0,69 - 0,57	0	3	30
	0,57 - 0,44	1	4	40
	0,44 - 0,32	1	5	50
	0,32 - 0,20	4	9	90
	0,20 - 0,08	1	10	100
2004	1,18 - 1,08	1	1	10
	1,08 - 0,97	1	2	20
	0,97 - 0,87	1	3	30
	0,87 - 0,76	0	3	30
	0,76 - 0,66	0	3	30
	0,66 - 0,56	1	4	40
	0,56 - 0,45	2	6	60
	0,45 - 0,35	2	8	80
	0,35 - 0,25	0	8	80
	0,25 - 0,14	2	10	100
2005	1,67 - 1,53	2	2	18
	1,53 - 1,36	0	2	18
	1,36 - 1,20	0	2	18
	1,2 - 1,04	0	2	18
	1,04 - 0,87	2	4	36
	0,87 - 0,71	1	5	45
	0,71 - 0,55	3	8	73
	0,55 - 0,38	1	9	82
	0,38 - 0,22	1	10	91
	0,22 - 0,06	1	11	100
2006	0,51 - 0,47	1	1	17
	0,47 - 0,43	0	1	17
	0,43 - 0,39	1	2	33
	0,39 - 0,35	1	3	50
	0,35 - 0,31	0	3	50
	0,31 - 0,27	1	4	67
	0,27 - 0,24	0	4	67
	0,24 - 0,2	0	4	67
	0,2 - 0,16	0	4	67
	0,16 - 0,12	2	6	100

Tabela A2 – Frequência dos intervalos de classe

(conclusão)

Ano	Intervalos de classe	Nº Observações	Nº Observações Acumuladas	Frequência (%)
2007	0,89 - 0,81	2	2	25
	0,81 - 0,73	0	2	25
	0,73 - 0,65	0	2	25
	0,65 - 0,56	1	3	38
	0,56 - 0,48	0	3	38
	0,48 - 0,4	0	3	38
	0,4 - 0,31	1	4	50
	0,31 - 0,23	2	6	75
	0,23 - 0,15	1	7	88
	0,15 - 0,07	1	8	100
2008	0,87 - 0,78	1	1	10
	0,78 - 0,7	0	1	10
	0,7 - 0,61	2	3	30
	0,61 - 0,53	0	3	30
	0,53 - 0,45	0	3	30
	0,45 - 0,36	0	3	30
	0,36 - 0,28	2	5	50
	0,28 - 0,19	0	5	50
	0,19 - 0,11	2	7	70
	0,11 - 0,02	3	10	100
2009	1,42 - 1,28	1	1	10
	1,28 - 1,14	0	1	10
	1,14 - 1,00	0	1	10
	1,00 - 0,86	1	2	20
	0,86 - 0,72	0	2	20
	0,72 - 0,58	1	3	30
	0,58 - 0,45	3	6	60
	0,45 - 0,31	2	8	80
	0,31 - 0,17	0	8	80
	0,17 - 0,03	2	10	100
Todos os anos	1,7 - 1,5	2	2	3
	1,5 - 1,33	1	3	4
	1,33 - 1,17	3	6	8
	1,17 - 1,00	3	9	12
	1,00 - 0,83	7	16	21
	0,83 - 0,67	4	20	26
	0,67 - 0,5	15	35	45
	0,5 - 0,33	12	47	60
	0,33 - 0,17	16	63	81
	0,17 - 0	15	78	100

APÊNDICE B – Curvas de Permanência

