

## IV-004 - AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA DO RIO ALEGRIA COM BASE EM DIFERENTES VAZÕES DE REFERÊNCIA

**Carla Cristina Bem<sup>(1)</sup>**

Professor Adjunto da Universidade Tecnológica Federal do Paraná do Departamento de Ciências Biológicas e Ambientais

**Raissa Aline Ostjen<sup>(2)</sup>**

Engenheira Ambiental pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**Endereço<sup>(1)</sup>:** Avenida Brasil, 4232 – Parque Independência - Medianeira - Paraná - CEP: 85884-000 - País -  
Tel: +55 (45) 3240-8101 - e-mail: [carlabem@utfpr.edu.br](mailto:carlabem@utfpr.edu.br).

### RESUMO

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 reúso de água é uma alternativa que está sendo adotada com frequência. Portanto, o desenvolvimento de sistemas que visem o reúso 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 Q95, Q90 e Q80 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 0,21m<sup>3</sup>/s para Q95, 0,25 m<sup>3</sup>/s para Q90 e 0,34 m<sup>3</sup>/s para Q80. Os valores de vazões correspondentes a 70% da Q95 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 Q95. A partir dos resultados das vazões de referência e dos períodos de déficit foi possível realizar a avaliação de técnicas de reúso de água das residências, encontrando para a vazão de referência Q95 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, reúso de água, curvas de permanência.

### 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 Q90 e a Q95, 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 consequente redução do desperdício, tende a refletir de forma favorável para a conservação dos recursos hídricos.

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GERAL

Avaliar a disponibilidade hídrica do Rio Alegria com base nas vazões médias de referência Q95, Q90 e Q80 para critério de outorga.

### 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.

## MATERIAL E MÉTODOS

### 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 até o ponto de captação, 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<sup>-1</sup>.

## METODOLOGIA

### 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 disponíveis no sistema Hidroweb da Agência Nacional de Águas (ANA).

### CURVA DE PERMANÊNCIA

Após obtidos os dados de vazões, foram obtidas e geradas as curvas de permanência para as vazões de referência  $Q_{95}$ ,  $Q_{90}$  e  $Q_{80}$  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. 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.

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.

Por fim, 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).

### PERÍODOS CRÍTICOS

Depois de 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, 110m<sup>2</sup> 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:

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

Em que:

V = capacidade do reservatório de Auto-Limpeza

P = Descarte inicial da chuva

A<sub>c</sub> = área de coleta das águas pluviais.

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

$$V = C_r \times A_c \quad (4)$$

Em que:

V = capacidade do reservatório de Detenção

C<sub>r</sub> = Coeficiente de Escoamento Superficial Regional

A<sub>c</sub> = 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:

$$\bar{n} = \frac{CI}{Ec \text{ anual}} \quad (5)$$

Em que:

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

CI = Valor gasto para construção do sistema

Ec anual = Economia anual

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 curva 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.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 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 foi possível identificar as vazões referentes a Q<sub>95</sub>, Q<sub>90</sub>, Q<sub>80</sub> e 70% da Q<sub>95</sub>, onde a Q<sub>95</sub> é o critério de outorga adotado no estado do Paraná, e 70% Q<sub>95</sub> 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 1.

Os períodos críticos encontrados para os anos em questão, podem ser identificados na coluna 70% da  $Q_{95}$ , visto que conforme a ANA (2006) a vazão máxima outorgável é 70% da  $Q_{95}$  podendo variar em função das peculiaridades de cada região. Dessa forma, a soma 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 1 e 2.

Através da visualização das figuras 1 e 2 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  $Q_{95}$ .

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., 2005).

**Tabela 1 - Vazões de Referência  $Q_{95}$ ,  $Q_{90}$ ,  $Q_{80}$  e 70% da  $Q_{95}$**

Ano	Vazões ( $m^3/s$ )			
	$Q_{95}$	$Q_{90}$	$Q_{80}$	70% $Q_{95}$
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

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 (GRANZLER, 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).

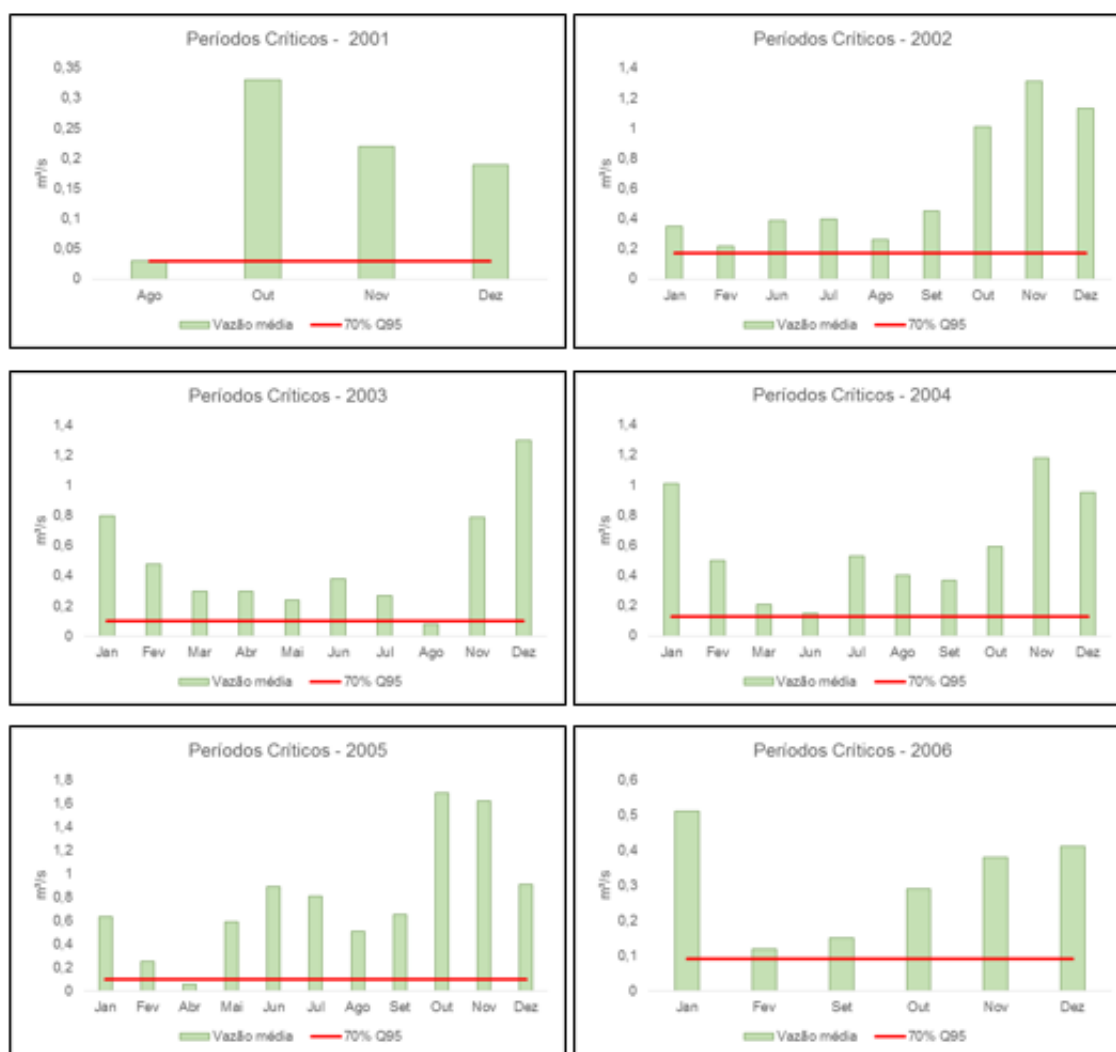
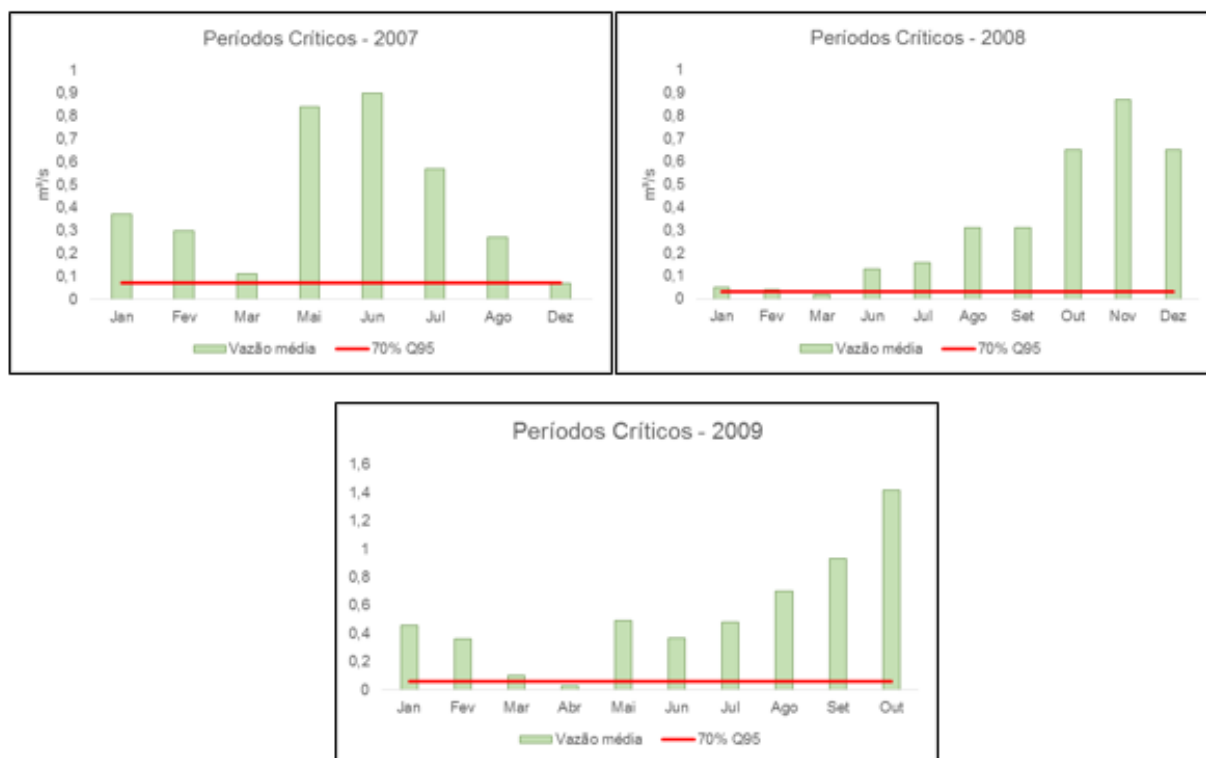


Figura 1 - Gráficos análise dos períodos críticos (2001 - 2006)



**Figura 2 - Gráficos análise dos períodos críticos (2007 - 2009)**

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.

## 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 0,0000017 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 1 nos anos 2001 (0,03 m³/s), 2008 (0,03 m³/s) e 2009 (0,06 m³/s). Visando suprir os períodos identificados 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 (2002) adota como descarte inicial de águas pluviais o valor de 0,4 L/m<sup>2</sup> até 1,5 L/m<sup>2</sup> adotando se assim, o valor de 1 L/m<sup>2</sup> de descarte inicial, e área de coleta correspondente a área do telhado hipotética adotado de 110 m<sup>2</sup>. 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 <sup>2</sup>
AC=	110	m <sup>2</sup>
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 (2002) 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 <sup>2</sup>
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 m<sup>2</sup>, área de calçada e garagem 76 m<sup>2</sup> 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 m<sup>3</sup>) = R\$ 10,25 + R\$ 1,55 / m<sup>3</sup> 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 2.

Fendrich (2002) também avaliou a implantação de captação de água pluvial em uma residência com área de telhado de 51 m<sup>2</sup>. 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 m<sup>2</sup> 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.

**Tabela 2 - Utilização das águas pluviais em residência com Ac = 110,0 m<sup>2</sup>**

Mês / ano	Água potável		Águas pluviais						Economia de água potável		
	C <sub>M</sub> (m <sup>3</sup> )	Tarifa (R\$)	V <sub>AP</sub> (m <sup>3</sup> )	C <sub>BS</sub> (m <sup>3</sup> )	C <sub>LE</sub> (m <sup>3</sup> )	C <sub>LA</sub> (m <sup>3</sup> )	C <sub>I</sub> (m <sup>3</sup> )	C <sub>AP</sub> (m <sup>3</sup> )	V = C <sub>M</sub> - C <sub>AP</sub> (m <sup>3</sup> )	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)**

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.

### 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	m³/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 3.

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 4.

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%  $Q_{95}$  e  $Q_{95}$  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  $Q_{95}$ , 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.

**Tabela 3 - 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	<b>-3123</b>	14807	5822	10245	6521	5320	2279	<b>-2991</b>	638
Demanda	6275	6275	6275	6275	6275	6275	6275	6275	6275
$Q_{90}$	3629	23190	17375	20736	20736	12865	11232	4493	11232
Vazão	<b>-2646</b>	16915	11101	14462	14462	6590	4958	<b>-1782</b>	4958
Demanda	6275	6275	6275	6275	6275	6275	6275	6275	6275
$Q_{80}$	5175	27406	20010	25920	36063	15396	17168	6912	20736
Vazão	<b>-1099</b>	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	<b>-3683</b>	8414	2280	5321	2280	1502	<b>-226</b>	<b>-3683</b>	<b>-1100</b>

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 escoar, influenciando assim, na diluição dos poluentes (HAGEMANN, 2009).

**Tabela 4 - Cálculo do número de residência para implantação do sistema de captação de águas pluviais**

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

## 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<sub>95</sub>.

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<sub>95</sub>, 4410 para Q<sub>90</sub>, 1832 para Q<sub>80</sub> e 6138 para 70% Q<sub>95</sub>. Já para o ano de 2007 seriam necessárias 377 residências para 70% Q<sub>95</sub>, em 2008, 4985 residências para Q<sub>95</sub>, 2970 para Q<sub>90</sub> e 6139 para 70% Q<sub>95</sub> e em 2009 1834 residências para 70% Q<sub>95</sub>. Dessa forma constatou-se que a disponibilidade hídrica do Rio Alegria é satisfatória para os períodos analisados.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. (2009). Biblioteca Virtual. Disponível em: <<http://www.ana.gov.br/AcoesAdministrativas/CDOC/CatalogoPublicacoes.htm>>. Acesso em: 05 mai 2016
2. ANA - AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS, (2006). 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
3. ANZOLIN, T. Diagnóstico ambiental de fragmentos do Rio Alegria (Medianeira-PR) através de um protocolo de avaliação rápida e de parâmetros físico-químicos. Medianeira, 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2013.
4. BRAGA, B., HESPAHOL, I., CONEJO, J. C. L., MIERZWA, J. C., BARROS, M. T., SPENCER, M., PORTO, M., NUCCI, N., NEUSA, J., ELGER, S. Introdução à engenharia ambiental, 2 ed. São Paulo: Prentice Hall, 2005.
5. CARVALHO, D. F.; MELLO, J. L. P.; SILVA, L. D. B. Hidrologia: irrigação e drenagem. 2007. Disponível em:

- <<http://www.ufrj.br/institutos/it/deng/jorge/downloads/APOSTILA/LICA%20Parte%201.pdf>>. Acesso em: 05 maio 2016
6. FENDRICH, R. Aplicabilidade do armazenamento, utilização e infiltração das águas pluviais na drenagem urbana. Curitiba, 2002. Tese de Doutorado em Geologia Ambiental – Setor Ciências da Terra, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2002.
  7. GRANZLER, M. L. M. A fixação de vazões de referência. *Revista de Direito Ambiental*, v. 70, n. 18, p. 127 – 150, 2013.
  8. HAGEMANN, S. E. Avaliação da qualidade da água da chuva e da viabilidade de sua captação e uso. Santa Maria, 2009. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil - Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2009.
  9. HARRISON, S.S.C., PRETTY, J. L., SHEPHERD, D., HILDREW, A. G., SMITH, C., HEY, R. D. The effect of instream rehabilitation structures on macroinvertebrates in lowland rivers. *Journal of Applied Ecology*, v. 41, n. 1. p.1140 –1154, 2004.
  10. IBGE Cidades, Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/medianeira/panorama>. Acesso em 25 de outubro de 2016.
  11. LAZZEREIS, S. A. F. Avaliação e monitoramento da qualidade do rio alegria. Medianeira, 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2013.
  12. MAY, S. Estudo da viabilidade do aproveitamento de água de chuva para consumo não potável em edificações. São Paulo, 2004. Dissertação de mestrado em Engenharia de construção civil – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2004.
  13. MENEGOL, S.; MUCELIN, C. A.; JUCHEN, C. R. Avaliações de características físico-químicas do leito do Rio Alegria. *SANARE: Revista Técnica da Sanepar*, v.18, p. 38 – 53, 2007.
  14. TEODORO, A. Estudo da capacidade de autodepuração de diluição de efluentes no rio Taquarizinho. Campo Grande, 2010. Dissertação (Mestrado em Tecnologias Ambientais) – Universidade Federal do Mato Grosso do Sul. Campo Grande, 2010.
  15. TUCCI, C. E. M. Regionalização de Vazões. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS, 2002.
  16. VON SPERLING, M. Estudos e modelagem da qualidade da água de rios. – Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2007.
  17. VON SPERLING, M. Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais, 2005.