



ANÁLISE DA SAZONALIDADE DA PRECIPITAÇÃO/VAZÃO NA BACIA DO RIO POTI E SEUS EFEITOS PARA A CIDADE DE TERESINA-PI-BRASIL

LIVÂNIA NORBERTA DE OLIVEIRA¹
CARLOS ERNANDO DA SILVA²

Resumo: Objetiva-se neste trabalho analisar as consequências do regime de precipitação e vazão da bacia hidrográfica do rio Poti, que possui regime semi-intermitente, assumindo sua perenidade a partir da cidade de Prata do Piauí-PI, correlacionado seus efeitos para a cidade de Teresina-PI. A metodologia empregada foi pesquisa bibliográfica e documental sobre a bacia hidrográfica, levantamentos de dados pluviométricos e fluviométricos da bacia e posterior elaboração da curva de permanência para análise da frequência na escala temporal de 1980 a 2011. Constatou-se determinada sazonalidade da vazão do rio na bacia em detrimento do regime irregular das chuvas, acarretando em baixa frequência da vazão em aproximadamente 85% do tempo monitorado. Tal circunstâncias somado ao crescimento urbano de Teresina tem provocado a diminuição da qualidade da água do rio na cidade.

Palavras chave: precipitação; vazão; rio Poti; bacia hidrográfica

Abstract: Objective of this paper is to analyze the consequences of the regime of precipitation and flow of the basin of the river Poti, which has a semi-intermittent regimen, assuming its continuity from the city of Prata Piauí-PI correlated effect for the city of Teresina -PI. The methodology used was literature and documents on watershed surveys of rainfall and runoff data of the basin and further elaboration of residence curve for frequency analysis in timescale from 1980 to 2011. Verified whether a seasonal river flow in basin over the irregular rainfall patterns, resulting in low-frequency flow in approximately 85% of the time monitored. Such circumstances added to the urban growth of Teresina has caused the decline of water quality in the river city.

Keywords: precipitation; flow; Poti river; watershed

1 – Introdução

Em uma bacia hidrográfica a disponibilidade hídrica é avaliada com base na série hidrológica de vazões, que dependem das características da precipitação, evapotranspiração e da superfície do solo. Dessa forma os rios são considerados sistemas complexos, hierárquicos, que possuem três componentes principais interligados: o componente geológico e geomorfológico que constitui o modelo de base física, os componentes climáticos e hidrológicos, que são controladores abióticos fundamentais do

¹ Geógrafa Mestra em Desenvolvimento e Meio Ambiente, UFPI. livaniageo@gmail.com .

² Doutor e Mestre pela Universidade Estadual de Campinas, Professor Associado do Departamento de Recursos Hídricos e Geologia Aplicada (DRHGA), UFPI carlosernando@gmail.com



sistema, através de regimes de vazão, qualidade da água e temperatura da água (MAITRE; COLVIN, 2008).

O rio Poti é um dos maiores afluentes do rio Paranaíba, com sua hidrografia inserida quase em sua totalidade no Estado do Piauí. Segundo a classificação de Köppen, esta bacia hidrográfica possui clima do tipo tropical quente e úmido com chuvas de verão, temperatura média anual de 27,9°C, precipitação média anual de 1.250 mm e evapotranspiração média anual de 1.800 mm (SEMAR, 2010).

A capital piauiense, Teresina, apresenta a maior densidade demográfica da bacia hidrográfica do rio Poti. Apresenta características climáticas que lhe condiciona altas temperaturas e irregularidades pluviométricas. Suas variações sazonais de precipitação possuem forte influência no regime de vazão de seus rios. Frente a essa condição, torna-se importante correlacionar as médias sazonais de precipitação com o volume de vazão do rio Poti, que percorre todo núcleo urbano da cidade. O crescimento urbano nas últimas décadas tem ocasionado diversos impactos que podem trazer malefícios sócio-econômicos e epidêmicos à população.

Neste contexto esta pesquisa objetiva avaliar a variabilidade sazonal da vazão em Teresina detrimento do regime de precipitação da bacia hidrográfica do rio Poti, buscando correlacionar seus efeitos para a cidade, localizada no baixo curso dessa bacia, onde sua foz deságua no rio Paranaíba, e apresenta a maior densidade demográfica da bacia, exercendo assim, forte pressão sobre o leito deste rio.

2 – Discussão

Partindo-se da premissa que as atividades a serem desenvolvidas na área da bacia hidrográfica devem considerar as características dos recursos hídricos, tais como: vazões ou volumes de acumulação, calhas naturais de escoamento, níveis de cheias, qualidade das águas, capacidade de receber carga poluidora, bacias contribuintes, fatores hidrológicos, dentre outros para um melhor gerenciamento da área da bacia.

Silva, Rodrigues e Meireles (2011), afirmam que a análise de uma bacia hidrográfica deve ser feita a partir de uma perspectiva sistêmica sustentável e complexa, pois quando se trata dos recursos hídricos, é importante compreender e considerar as relações do arranjo espaço-temporal do papel da água como um recurso indispensável no funcionamento da biosfera. Isso se deve ao fato dessas relações dependerem das interações espaciais entre a



distribuição da água, o clima, a geologia e o relevo, constituindo de maneira articulada uma totalidade ambiental composta pelo espaço e a paisagem natural.

Segundo Naguetinni e Pinto (2007) as séries hidrológicas em uma bacia hidrográfica, podem apresentar uma tendência ou uma periodicidade ao longo do tempo, como resultado de variações naturais do clima ou alterações induzidas pela ação do homem. Dessa forma, as condições climáticas e hidrológicas de uma determinada região são os principais parâmetros na estimativa das disponibilidades hídricas desse território, a compatibilização entre a disponibilidade e a demanda hídrica somente poderá ser feita quando devidamente analisados os parâmetros climáticos, especialmente precipitação, evaporação e evapotranspiração.

O Brasil é um país rico em termos de disponibilidade hídrica, no entanto, apresenta grande variação espacial e temporal de vazões, devido seu regime de chuva apresentar acentuada sazonalidade, ocasionada por uma estação seca e outra chuvosa em épocas diferentes de acordo com a localização geográfica. A região Nordeste em especial a semi-árida sofre com longas estiagens, o que afeta as concentrações das variáveis físico-químicas presentes nos rios.

Conforme Salati *et al.* (2006, p.40),

a região Nordeste apresenta alta variedade climática, observando-se desde o clima semi-árido até o clima chuvoso, em que as precipitações caem em curtos períodos e 90% se perdem por evapotranspiração, os 10% restantes formam os rios que correm em curtos períodos e uma pequena fração se infiltra reabastecendo os reservatórios subterrâneos

Em estudo sobre a qualidade da água do rio Pisuerga, localizado na região de Castilla y León (Centro-Norte da Espanha), interpretaram Vega *et al.* (1998) que fatores como a precipitação, o escoamento superficial e o interfluxo, influenciaram no fluxo do rio, concluindo que as variações sazonais desses fatores possuíam forte efeito sobre as vazões e conseqüentemente, sobre a concentração de poluentes nas águas do rio.

Neste contexto, torna-se relevante o levantamentos de dados pluviométricos e de qualidade da água para melhor gerir os rios em áreas urbanas. Ao realizar o monitoramento da qualidade da água entre abril de 2009 e setembro de 2011 no rio Poti em Teresina, Oliveira e Silva (2012) constataram existir determinada correlação da sazonalidade da vazão



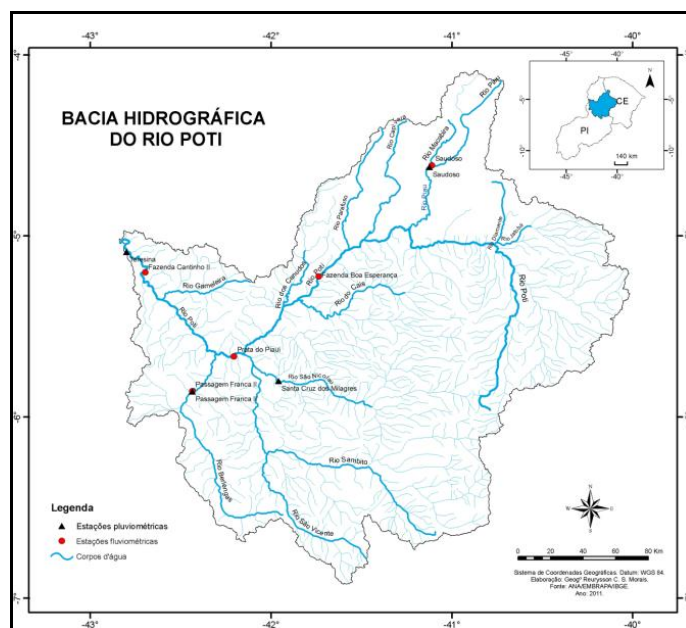
com o Índice de Qualidade da Água (IQA) deste rio. Nesta pesquisa a autora verificou a diminuição da qualidade da água conforme o rio adentra o núcleo urbano da cidade.

Estando assim, o volume de vazão está diretamente correlacionado com os parâmetros de qualidade da água, os quais também são influenciados pela sazonalidade das chuvas, muito comum na região nordeste.

2.1 Caracterização da Área de Estudo

O rio Poti é um dos maiores afluentes do rio Paranaíba, sua bacia hidrográfica está inserida quase em sua totalidade no Estado do Piauí, nordeste do Brasil (Mapa 01). Todo o seu curso tem direção definida pela estrutura geológica encaixando-se em fraturas e falhas regionais. Seu alto curso localiza-se no escudo cristalino, formado predominantemente por granitos, gnaisses e xistos, fator que influencia na intermitência do rio neste setor. No médio e baixo curso da sua bacia, a geologia constitui-se de rochas sedimentares, cujas formações são dispostas sucessiva e paralelamente, em camadas sub-horizontais assumindo um padrão consequente para o interior da bacia Sedimentar do Piauí-Maranhão.

A vazão do rio Poti assume um caráter permanente somente a partir do seu curso baixo, no município de Prata do Piauí. Nesta seção, encontra-se o rio Berlenga um dos seus maiores tributários, que oferece uma alimentação interna quando do fim das chuvas, em meio às condições de menor profundidade de lençol de água subterrânea (LIMA, 1982).



Mapa 01- Localização das estações fluviométricas e pluviométricas na Bacia do rio Poti
Elaboração: Reurysson Chagas de Sousa Morais, 2011



A maior densidade demográfica da bacia do rio Poti está na cidade de Teresina, capital do Estado do Piauí, localizada na confluência de dois importantes rios, o Parnaíba e o Poti. Teresina possui uma população de aproximadamente 814.439 habitantes, sendo 767.777 (94,27%) vivendo na área urbana e 46.662 (5,73%) habitantes vivendo na zona rural (IBGE, 2010).

Conforme Andrade (2000) Teresina está situada numa área de influência do clima tropical alternadamente úmido e seco, caracterizado principalmente por ser quente, e possuir uma estação chuvosa no verão e outra seca no inverno. Essa variação temporal da precipitação é determinante essencialmente pelo comportamento e pelas características das massas de ar que atuam com maior frequência nessa região.

No período seco a massa de ar dominante em Teresina corresponde à Massa Atlântica, que se caracteriza por ser seca e estável, produzindo pouca ou nenhuma pluviosidade. Em Teresina ocorrem também chuvas convectivas, que geralmente caem de forma pontuada e descontínua no espaço, atingindo uns bairros e outros não, em função do aumento da evaporação pelo calor elevado nessas áreas (PMT, 2002).

2.2- Metodologia

Para a realização desta pesquisa fez-se levantamento bibliográfico e documental referente à bacia do rio Poti, junto à Agência Nacional de Águas (ANA), ao Serviço Geológico do Brasil (CPRM) e à Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos do Piauí (SEMAR).

Para traçar o perfil de precipitação da bacia hidrográfica do rio Poti, realizou-se um levantamento de dados históricos de 1980 a 2009 junto ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), cuja estação meteorológica é monitorada pela EMBRAPA Meio Norte, localizada próxima ao curso do rio Poti na capital.

O levantamento de informações referentes ao crescimento urbano de Teresina foi realizado junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) e à Prefeitura Municipal de Teresina através da Secretaria de Planejamento do Município.



Os dados de vazão foram obtidos através do sistema Hidroweb, disponibilizado pela Agência Nacional da Águas (ANA) e do Serviço Geológico do Brasil (CPRM), seção Teresina, responsável pelo monitoramento das estações fluviométricas localizadas na bacia do rio Poti.

Para analisar a sazonalidade da vazão do rio Poti, utilizou-se a curva de permanência, por ser uma das funções estatísticas hidrológicas mais utilizadas para avaliação da disponibilidade hídrica e melhor relacionar a probabilidade de que uma vazão seja maior ou igual durante o ano ou do período da série, além de sintetizar a variabilidade das vazões, caracterizando a base de comportamento para a sustentabilidade de sistemas aquáticos (Cruz e Tucci, 2008). Mapa 01 mostra a Localização das estações pluviométricas na bacia hidrográfica do rio Poti

3 – Resultados

A partir de dados pluviométricos disponibilizados pela CPRM de seis estações ativas localizadas na área da bacia, constatou-se que a bacia recebe uma média anual de precipitação na ordem de 1.076 mm, havendo significativa sazonalidade da distribuição das chuvas durante o ano (Gráfico 01), com o trimestre fevereiro-março-abril concentrando o maior volume de chuva e o trimestre julho-agosto-setembro caracterizado como o mais seco, em todas as estações analisada. As estações Teresina, Prata do Piauí e Passagem Franca II, localizadas no baixo curso da bacia, apresentaram os melhores resultados de precipitação, fator significativo para aumento do volume da vazão do rio nestes locais.

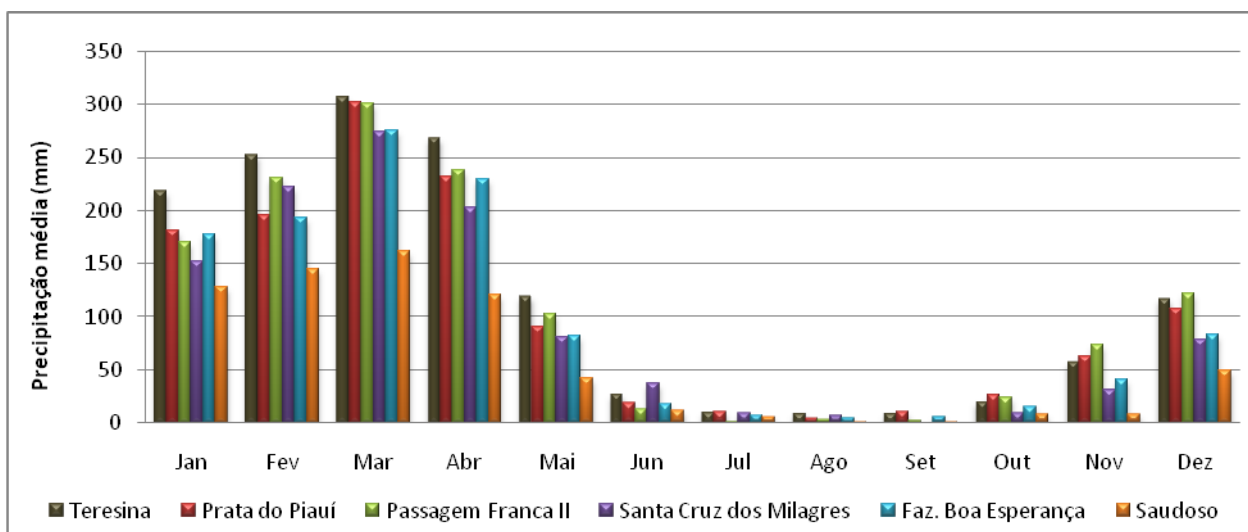
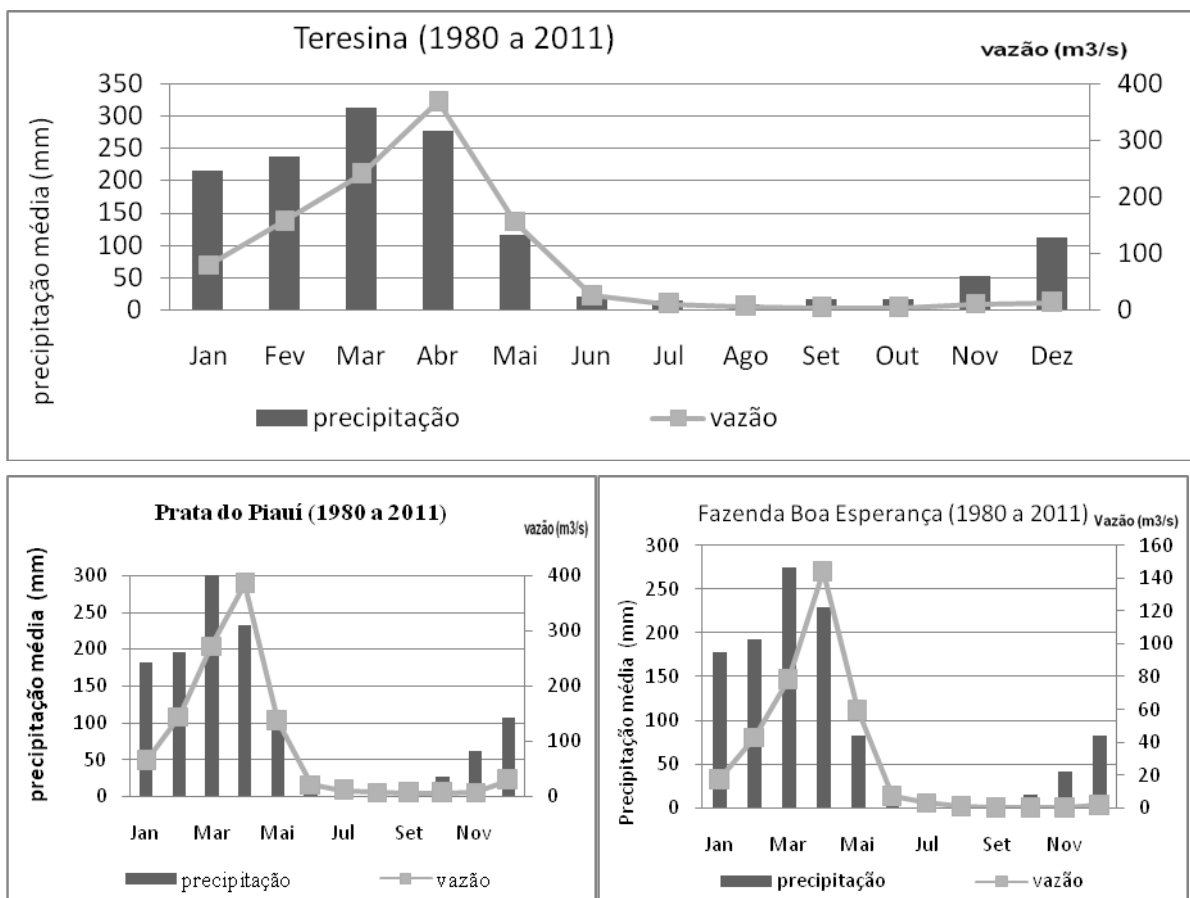


Gráfico 01- variabilidade sazonal da precipitação na bacia hidrográfica do rio Poti (1980-2011)



Elaboração: Oliveira e Silva, 2014

As variações sazonais de precipitação possuem forte influência no regime de vazão de um rio. Frente a essa condição, ao correlacionar as médias sazonais de precipitação com o volume de vazão do rio Poti, a partir dos dados disponíveis das estações localizadas na área da bacia (Figura 02), observou-se para todas as estações o mês de março como o de maior índice de precipitação, ocasionando o maior volume de vazão no mês de abril. Estando diretamente correlacionada a diminuição da vazão do rio Poti à redução das chuvas na bacia, a qual alcançou os menores resultados de precipitação e vazão entre os meses de julho a outubro, quando do período de estiagem.



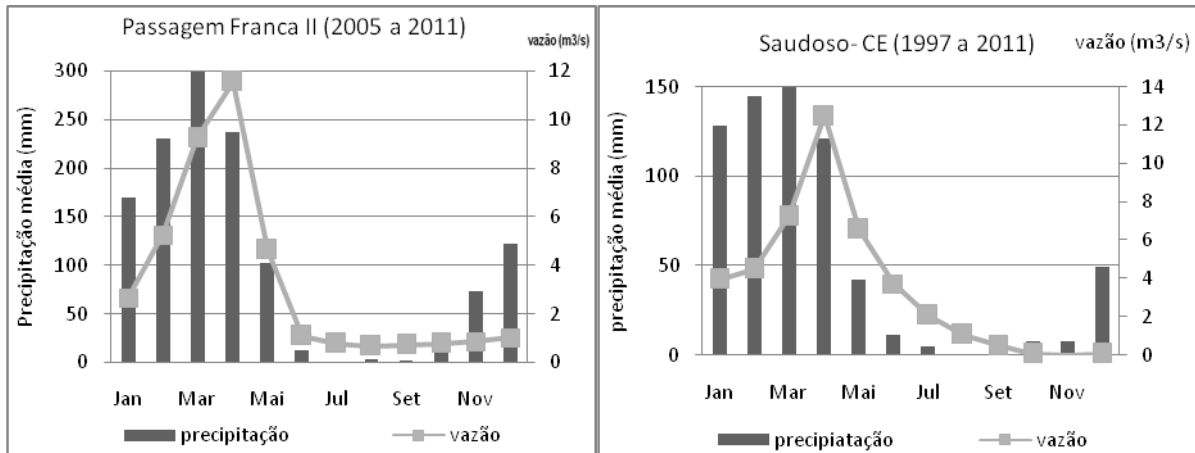


Figura 02- correlação das médias sazonais de precipitação e vazão na Bacia do rio Poti
Elaboração: Oliveira e Silva, 2014

As tendências mensais de vazão para todas as estações analisadas demonstraram que as estações Fazenda Cantinho II localizada em Teresina e Prata do Piauí apresentaram os maiores volumes médios de vazão em contraste às demais estações, as quais registraram volumes médios de $311,5 \text{ m}^3/\text{s}$ e $385 \text{ m}^3/\text{s}$ respectivamente no mês de maio. Esta situação está associada à localização destas estações em terreno sedimentar e no baixo curso da bacia, onde recebem as descargas líquidas à montante do rio Poti de importantes tributários como os rios Berlingas, Sambito e São Nicolau.

As estações Passagem Franca II e Saudoso registraram os menores volumes médios de vazão na maior frequência de tempo, na ordem de $12 \text{ m}^3/\text{s}$ em ambas, mesmo recebendo a igual intensidade e frequência de chuvas que as demais estações na bacia, circunstância decorrente do fato dessas estações estarem fixadas próximas a importantes tributários do rio Poti, cujos leitos são abastecidos unicamente pela ocorrência de chuvas. Em contraste com o que ocorre com a estação Fazenda Boa Esperança em Castelo do Piauí, que recebe contribuição de importantes tributários como o rio Piau, Capivara e Parafuso, proporcionando a esta estação maior volume médio de vazão na ordem de $150 \text{ m}^3/\text{s}$.

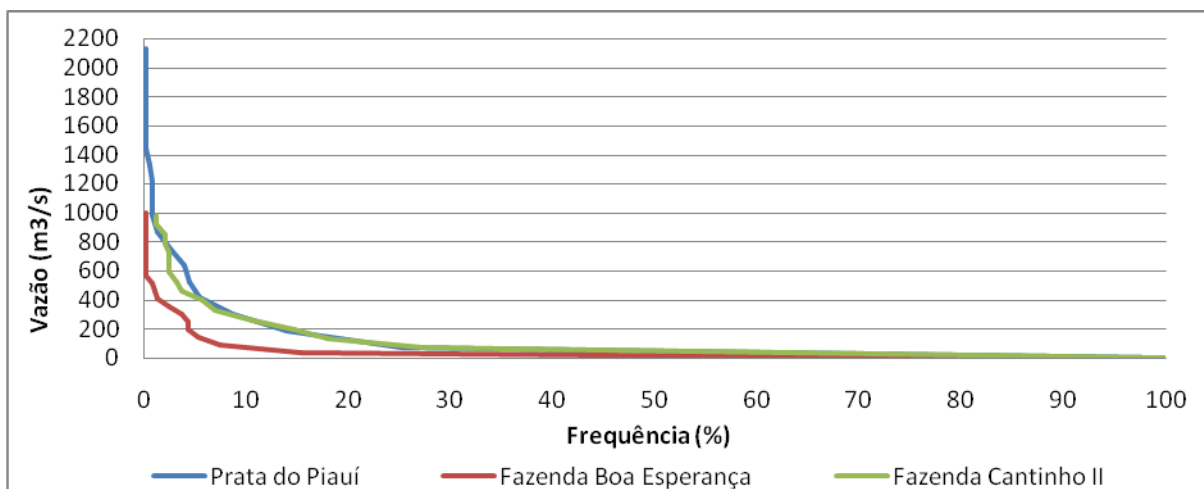
A determinação da vazão média em uma bacia é importante por representar a disponibilidade hídrica máxima de um manancial, permitindo a avaliação dos limites superiores do uso da água para diferentes finalidades, além de apresentar excelente correlação com a área da. Diante disto, ao analisar as médias mensais de vazões a partir das estações fluviométricas existente na bacia, verificou-se que o maior volume da vazão encontra-se entre os meses de fevereiro a maio, em decorrência das características



climáticas da bacia, havendo determinada homogeneização do regime de vazão do rio Poti na bacia, pois as descargas líquidas ocorridas no alto e médio curso do rio ao mesmo tempo influencia no fluxo da vazão em seu baixo curso, mesmo este possuindo parte do seu leito principal intermitente.

Observou-se que todas as estações apresentaram na maior frequência de tempo baixos volumes de vazão em decorrência tanto da irregularidade das chuvas na bacia, como pela intermitência existente no alto e médio curso do rio.

Como a disponibilidade hídrica de um rio depende da variabilidade temporal expressa por várias funções hidrológicas, a curva de permanência representa uma forma de expressão da magnitude e frequência das vazões do rio durante um histórico registrado em dada seção fluvial (CRUZ e TUCCI, 2008; PINHEIRO E NAGHETTINI, 2010). Para tanto, foram elaboradas curvas de permanência da vazão do rio Poti a partir dos dados fluviométricos das estações localizadas na área da bacia (Figura 03) para melhor interpretação do seu regime de vazão. Observou-se que todas as estações apresentaram na maior frequência de tempo baixos volumes de vazão em decorrência tanto da irregularidade das chuvas na bacia, como pela intermitência existente no alto e médio curso do rio



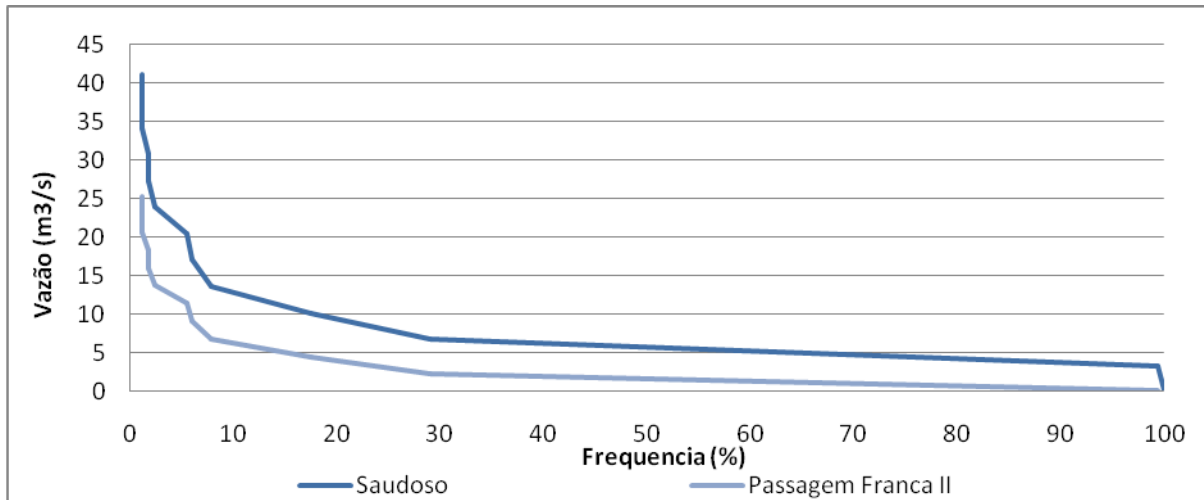


Figura 03- Curvas de permanência da vazão do rio Poti a partir das estações fluviométricas localizadas na bacia
Elaboração: Oliveira e Silva, 2014

Observa-se nas curvas de permanência que durante o período analisado houve em menos de 20% do tempo um volume elevado da vazão nas estações Fazenda Boa Esperança, Prata do Piauí e Fazenda Cantinho II, em decorrência do pequeno período chuvoso existente na bacia, o que proporcionou em aproximadamente 80% do tempo um reduzido volume de vazão. Em contraste com as estações Saudoso e Passagem Franca II que em decorrência tanto da intermitência do rio na porção onde estas estações se localizam, como do baixo volume de chuva, ambas apresentaram em quase 60% do tempo volume de vazão próximo a zero.

A baixa disponibilidade hídrica do rio Poti por um longo período de tempo, diminui sua capacidade de assimilar a poluição adicionada, sobretudo nas áreas urbanas, como em Teresina, resultando em graves problemas de qualidade da água. Dessa forma torna-se importante que sejam feitas análises sazonais da vazão de um rio, para fazer simulações e elaborar estratégias de recuperação e controle da exportação de nutrientes proveniente das ações antrópicas existentes nas bacias hidrográficas.

Conforme observado na curva de permanência da estação Fazenda Cantinho II (Figura 04), o rio Poti em Teresina apresenta em aproximadamente 85% da frequência do tempo um baixo volume da vazão. Situação existente tanto pelo longo período de estiagem existente na cidade, como pelo fato do rio já se encontrar a poucos quilômetros de sua foz, onde suas águas são barradas pelo rio Parnaíba, que possui o nível do seu leito mais alto que o do rio Poti, deixando-o praticamente estacionado, proporcionando a concentração de poluentes no rio, e por existir no núcleo urbano de Teresina um constante lançamento de



esgoto doméstico na sua rede de drenagem, deixando-os suscetíveis a frequentes eutrofizações (Figura 04).



Figura 04- rio Poti eutrofizado em Teresina em 2012
Fonte: Oliveira, 2012

4 – Conclusões

A análise da série histórica de precipitação e vazão na bacia hidrográfica do rio Poti entre os anos de 1980 a 2011 demonstrou determinada sazonalidade associada aos aspectos climáticos atuantes, como resultado dos deslocamentos sazonais da Convergência Intertropical (CIT), definida pelo encontro das Massas de ar Norte (oriunda dos Açores), Equatorial Continental (que se forma sobre a Amazônia) com a Massa Atlântica que se desloca numa pequena faixa de latitudes em torno da linha imaginária do Equador, ocasionando uma baixa frequência da vazão.

A curva de permanência do rio Poti indicou um baixo volume de vazão na maior parte do tempo, o que diminui sua capacidade de assimilar a poluição adicionada resultando em grave problemas de qualidade da água, ocasionando o processo de eutrofização no período de estiagem em decorrência da redução da vazão do rio em Teresina e o consequente acúmulo de nutrientes. O nível de eutrofização tem-se intensificado nos últimos quatro anos em decorrência do regime de vazão apresentado.



5 – Referências bibliográficas

ANDRADE, C. S. P. de. **Representação do calor em Teresina-PI**. Dissertação de mestrado em Geografia. UFPE, 2000. 174p.

CRUZ, J. C.; TUCCI, C. E. M. Estimativa da Disponibilidade Hídrica Através da Curva de Permanência. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. Vol. 13, nº.1, p.111-124, Jan/Mar de 2008.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Censo 2010: Piauí. 2011. Disponível em: < http://www.censo2010.ibge.gov.br/dados_divulgados/index.php >. Acesso em: 18 de jan. de 2011.

LIMA, I. M. M. F. **Caracterização Geomorfológica da Bacia Hidrográfica do Poti**. Tese de Pós-Graduação em Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, 1982.

MAITRE, D. C. L.; COLVIN, C. A. Assessment of the contribution of groundwater discharges to rivers using monthly flow statistics and flow seasonality. **Água SA (Online)** vol.34, nº5, Pretória, outubro 2008. Disponível em: < http://www.scielo.org.za/scielo.php?pid=S1816-79502008000500004&script=sci_arttext>.

NAGUETTINI, M.; PINTO, E. J. de A. **Hidrologia estatística**. CPRM, Belo Horizonte. 2007.

OLIVEIRA, L. N.; SILVA, . **CORRELAÇÃO DA SAZONALIDADE DA VAZÃO COM A QUALIDADE DA ÁGUA DO RIO POTI EM TERESINA**. In: José de Ribamar de Sousa Rocha; Roseli Farias Melo de Barros; José Luís Lopes Araújo. (Org.). **Sociobiodiversidade no meio norte brasileiro**. 1ed.Teresina: EDUFPI, 2012, v. 7, p. 273-294.

PINHEIRO, V. B.; NAGHETTINI, M. Calibração de um Modelo Chuva-Vazão em Bacias sem Monitoramento Fluviométrico a partir de Curvas de Permanência Sintéticas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**. vol. 15 nº2, p.143-156, Abr/Jun, 2010.

PREFEITURA MUNICIPAL DE TERESINA (PMT). **Teresina Agenda 2015**. A cidade que queremos. Diagnóstico de cenários: meio ambiente. Teresina, 2002.

SALATI, et al. Água e o desenvolvimento sustentável. in: REBOUÇAS, A. da C., et al.(org). **Águas doces no Brasil**. 3ª ed. São Paulo: Escrituras, 2006. P.37-62.

SEMAR. **Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Piauí**. Relatório síntese. Piauí. 2010.

SILVA, E. V. da; RODRIGUES, J. M. M; MEIRELES, A. J. de A. **planejamento ambiental e bacias hidrográficas** (tomo 1). Fortaleza: edições UFC, 2011

VEGA, Marisol et al. Assessment of seasonal and polluting effects on the quality of river water by exploratory data analysis. **Water Research**. Vol. 32, Nº 12, 1998, p. 3581-3592.