



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO
UNIDADE ACADÊMICA DE TECNOLOGIA DO DESENVOLVIMENTO
CURSO DE ENGENHARIA DE BIOSISTEMAS**

MÁRCIO GUILHERME DA SILVA

**APORTES DO ESCOAMENTO NA ESCALA MENSAL: ESTAÇÃO
FLUVIOMÉTRICA PALMARES/PE**

**SUMÉ – PB
2017**

MÁRCIO GUILHERME DA SILVA

**APORTES DO ESCOAMENTO NA ESCALA MENSAL: ESTAÇÃO
FLUVIOMÉTRICA PALMARES/PE**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia de Biosistemas, do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro de Biosistemas.

Orientador: Prof. Dr. Paulo da Costa Medeiros

**SUMÉ – PB
2017**

S586a Silva, Marcio Guilherme da.

Aportes do escoamento na escala mensal: Estação Pluviométrica de Palmares - PE. / Marcio Guilherme da Silva. Sumé - PB: [s.n], 2017.

38 f.

Orientador: Professor Dr. Paulo da Costa Medeiros.

Monografia - Universidade Federal de Campina Grande; Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido; Curso de Engenharia de Biosistemas.

1. Análise de vazão - rios. 2. Hidrologia. 3. Hidrograma. 4. Bacia do Rio Una – Pernambuco. 5. Escoamentos em hidrogramas.
I. Título.

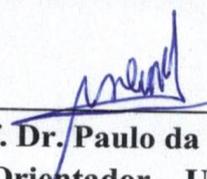
CDU: 556.16(043.1)

MÁRCIO GUILHERME DA SILVA

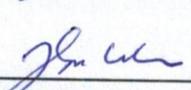
**APORTES DO ESCOAMENTO NA ESCALA MENSAL: ESTAÇÃO
FLUVIOMÉTRICA PALMARES/PE**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia de Biosistemas, do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro de Biosistemas.

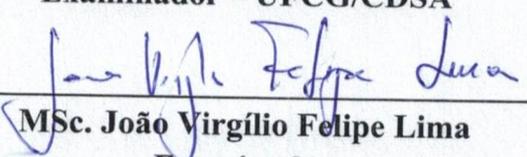
BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. Paulo da Costa Medeiros
Orientador – UFCG/CDSA



Prof. Dr. Hugo Morais de Alcântara
Examinador – UFCG/CDSA



MSc. João Virgílio Felipe Lima
Examinador

Trabalho aprovado em: 03 de MAIO de 2017.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela oportunidade de estar concluindo meu curso, pela coragem concedida para que eu chegasse até aqui, e principalmente por minha saúde para que eu pudesse concluir com satisfação a minha tão sonhada graduação.

A minha mãe e a meus irmãos por me incentivarem a prosseguir, e a todos aqueles que de alguma forma, ajudaram-me no decorrer dos anos.

Ao meu orientador Paulo da Costa Medeiros pela amizade, paciência, competência, e dedicação em estar sempre pronto a ajudar, contribuindo com seu universo de conhecimento para o desenvolvimento e a conclusão deste belíssimo trabalho. Sem sombra de dúvidas, agradecê-lo é insuficiente. Ele merece, além de todo meu agradecimento, meu fiel voto de amizade eterna. Foi alguém que me ajudou ultrapassar grandes obstáculos encontrados em meio ao caminho, e que pela sua simplicidade me fez escolhê-lo como tal. Como o meu orientador.

A todos aqueles que pude conviver e firmar laços de amizades, quero também agradecer, pois foram pessoas de suma importância que contribuíram o suficiente com seus inestimáveis apoios, para que eu fosse além de meus limites, não desistindo nas horas difíceis.

A todas as pessoas que fizeram parte da minha vida, da minha luta cotidiana, do meu esforço em desejar concluir minha graduação em Engenharia de Biosistemas, meus eternos e longos agradecimentos, carinho e felicidade em saber que eu não estava sozinho quando eu precisei. Sinto-me lisonjeado pela presença de pessoas importantíssimas ao meu lado neste percurso de minha existência.

A Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), campus Sumé – CDSA (Centro de Desenvolvimento do Sustentável de semiárido), a oportunidade de ingressar e concluir meu curso, em receber com maestria, e tamanho esforço o título de bacharel em Engenharia de Biosistemas.

A banca examinadora pela colaboração na conclusão final de meu trabalho.

E finalmente aos meus professores, que com seus vastos conhecimentos e experiências auxiliaram-me no desfecho deste trabalho, dando todo apoio possível para que tudo procedesse da melhor maneira possível.

RESUMO

Estudos sobre a contribuição hídrica em rios ao longo do ano é de extrema importância para o atendimento das demandas aos usuários de água em uma bacia hidrográfica. Este trabalho refere-se à análise da vazão através da separação dos escoamentos em hidrogramas (subterrâneo e superficial direto) e a determinação de índice de escoamento de base em dados mensais na estação fluviométrica Palmares, PE, para o período de janeiro de 1977 a dezembro de 2007. Foi utilizada planilha MS EXCEL para confecção das curvas vazão versus tempo e uso de funções lineares no traçado que interliga as inflexões de início de ascensão e período de recessão fluvial ao longo da série temporal. Para o cálculo dos índices de escoamento, foi utilizada metodologia de integração numérica nas áreas delimitadas no hidrograma, resultando nos volumes escoados. A discretização nas vertentes meses de cheia e de seca, bem como a inclusão de eventos precipitantes de El Niño e La Niña, permitiu quantificar o domínio do fluxo de base de forma mais detalhada segundo características diferenciadas de sazonalidade e climatologia. O fluxo basal nos anos de El Niño foi superior em 18,21% para os meses de estiagem e em 27,40% para meses chuvosos, comparando-se com os anos de La Niña. A metodologia apresentada neste trabalho contribui para melhores abordagens no uso dos instrumentos de gestão de recursos hídricos em bacias hidrográficas.

Palavras-chave: Bacia do rio Una-PE, Hidrograma, Índice de Escoamento de base.

ABSTRACT

Research on river flows throughout the year is of great importance for the supply of demands to water users in a river basin. This work is about flow analysis through the separation of flows in hydrographs (underground and runoff) and determination of base flow index in monthly data in the hydrometric station Palmares, Pernambuco, Brazil for the period from January 1977 to December 2007. The Microsoft EXCEL spreadsheet was used to plot the flow versus time curves and the use of linear functions in the tracing that interconnects the inflections of onset of rise and the period of recession of the hydrograph. For the calculation of flow rates, numerical integration methodology was used in the areas delimited in the hydrograph, resulting in volumes. The use of rain and drought months, as well as the inclusion of El Niño and La Niña events, allowed us to quantify the domain of the base flow in a more detailed way according to differentiated characteristics of seasonality and climatology. The base flow in the El Niño years was 18.21% higher for the dry season and 27.40% for the rainy months, compared to the La Niña years. The methodology of this work contributes to better approaches in the use of water resources management tools in catchment.

Keywords: Una-PE Basin; Hydrograph; Base Flow Index.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1.	Mapa de localização da bacia do rio Una PE.....	24
Gráfico 1.	Dados mensais em estações fluviométricas localizadas na bacia hidrográfica do rio Una.....	26
Gráfico 2.	Dados mensais da estação fluviométrica Palmares, PE (Período: janeiro de 1977 a dezembro de 2007)	27
Gráfico 3.	Separação do escoamento de base em um intervalo Δt (Q1- vazão total, Q2 – vazão de base)	28
Gráfico 4.	Separação dos escoamentos na escala mensal Estação fluviométrica Palmares (Período: janeiro de 1977 a dezembro de 2007)	28

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANA	Agência Nacional de Água
BFI	Base Flow Index
CDSA	Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
GL	Grupo de Bacias de Pequenos Rios Litorâneos
HIDROWEB	Sistema de Informações Hidrológicas
PE	Pernambuco
PNRH	Plano Nacional de Recursos Hídricos
SINGREH	Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos
SNIRH	Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos
UFCG	Universidade Federal de Campina Grande
UP	Unidade de planejamento

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 OBJETIVO.....	13
2.1 GERAL.....	13
2.2 ESPECÍFICOS.....	13
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	14
3.1 GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS.....	14
3.1.1 Plano de Recursos Hídricos.....	15
3.1.2 Enquadramento dos Corpos de Água.....	16
3.1.3 Cobrança pelo uso da água.....	17
3.1.4 Sistema Nacional de Informações Sobre Recursos Hídricos (SNIRH)	18
3.1.5 Outorga.....	18
3.2 HIDROGRAMA.....	19
3.3 SEPARAÇÃO DE ESCOAMENTO	20
3.3.1 escoamento Superficial.....	20
3.3.2 escoamento Subsuperficial.....	21
3.3.3 escoamento de Base.....	22
3.4 ÍNDICE DE ESCOAMENTO.....	23
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	24
4.1 ÁREA DE ESTUDO.....	24
4.2 DADOS FLUVIOMÉTRICOS.....	25
4.3 ESCOLHA DA ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA E PERÍODOS DE DADOS.....	26
4.4 SEPARAÇÃO DOS ESCOAMENTOS	27
4.5 CÁLCULO DOS ÍNDICES DE ESCOAMENTO.....	29
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES.....	32
REFERÊNCIAS.....	33

1 INTRODUÇÃO

Há muito tempo a humanidade sofre pela escassez dos recursos hídricos, recurso esse tão fundamental para o abastecimento ambiental, social e econômico em uma bacia hidrográfica. A água é um mineral que é encontrado na natureza, nos estados sólido, líquido e gasoso. Especialistas estimam que exista no planeta aproximadamente um bilhão e 386 milhões de quilômetros cúbicos de volume de água, valor que praticamente não sofreu alteração nos últimos 500 milhões de anos (REBOUÇAS, 2002). A maior parte desse recurso está sob a forma de água salgada nos mares e oceanos, com 97,5% desse total, e apenas 2,5% são de água doce e são encontradas nas geleiras e calotas polares.

De acordo com Moraes e Jordão (2002) os ambientes aquáticos são usados em todo o mundo para diversos fins, onde os principais são o abastecimento de água (doméstico e industrial), a geração de energia elétrica, a irrigação, a navegação, a pesca e a aquicultura, suprimindo todas as formas de necessidade humana.

Ressalta-se a insuficiência das disponibilidades de água doce, próximos as zonas urbanas para o abastecimento diário de toda população, visando que a mesma sofre um comprometimento em sua qualidade, devido a busca incessante gerada pelo crescimento populacional e pelo processo de industrialização.

A qualidade da água acaba sendo o resultado final de duas condições: uma provinda de um meio natural causado pelos fenômenos da natureza; e a outra da ação que o homem exerce no meio ambiente através de suas atividades, em função do uso e ocupação do solo na bacia hidrográfica, contribuindo assim para a incorporação de compostos orgânicos e inorgânicos nos cursos de água, através da geração de efluentes domésticos ou industriais, e aplicação de insumos agrícolas e manejo inadequado do solo, alterando diretamente a qualidade dessa água por meio de uma forma concentrada e dispersa. (CORADI et al, 2009).

O uso excessivo desses recursos acaba por caracterizar o atual modelo de saneamento, levando a escassez do mesmo e a resultância de um grande problema de saúde pública, limitando o desenvolvimento econômico e os recursos naturais (COHIM e KIPERSTOCK, 2008).

É importante acentuar que o processo de expansão urbana altera a cobertura vegetal desses ambientes e os componentes do ciclo hidrológico natural, implicando na construção de ruas pavimentadas, calçadas e pátios, provocando desta forma, o aumento da impermeabilização do solo e o aumento da demanda relacionada aos serviços de

abastecimento de água, levando a população a ocupar as áreas próximas aos mananciais, impedindo sua capacidade de suporte (RIBEIRO, 2009).

Sistemas de rápido escoamento das águas das chuvas, baseados em canalizações e retificações dos rios e córregos têm sido adotados como solução às enchentes causadas pela impermeabilização do solo, sendo uma das principais causas das enchentes urbanas brasileiras.

Todos esses processos têm causado a insuficiência e degradação dos mananciais superficiais e subterrâneos próximos a estas regiões. As águas subterrâneas, por exemplo, desempenham um importante papel no abastecimento público e privado. Elas são de extrema importância para a manutenção de corpos d'água superficiais, suprindo as mais variadas necessidades de água, pois a permanência da maior parte dos rios e lagos dependem da descarga de aquíferos, através dos fluxos de base (HIRATA e ZOBBI, 2010).

Quantificar o potencial hídrico subterrâneo, ou seja, avaliar a grandeza de suas reservas, sejam estas permanentes ou reguladoras, é um grande desafio. Para isso é essencial distinguir no escoamento as parcelas diretas, das quais correspondem a capacidade de recarga do aquífero, e as indiretas usando o procedimento de separação de escoamento de base, do qual utiliza a análise das vazões em uma bacia ao longo do tempo (MELO et al, 2005).

Na modelagem dos recursos hídricos subterrâneos para a estimativa de recarga subterrânea de forma sustentável é indispensável o conhecimento da taxa de alimentação do sistema aquífero, de maneira a evitar a superexploração (EILERS, 2004).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Quantificar o domínio de escoamento de base da Bacia do Rio Una, na seção fluviométrica Palmares do estado do Pernambuco, para o período de janeiro de 1977 a dezembro de 2007.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Definir a série da escala temporal e série fluviométrica de dados;
- Plotar o hidrograma e delimitar o escoamento de base;
- Calcular o volume de escoamento total e de base;
- Calcular o índice de escoamento de base.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 GESTÃO DE RECURSOS HÍDRICOS

A existência da água é fator indispensável para a sobrevivência do homem e desenvolvimento de todos os seres que habitam o planeta Terra, sendo decisivo a conservação ambiental para o progresso social e econômico de uma cidade, estado ou país. Por esse motivo o mau uso pode trazer efeitos negativos a sociedade, sendo necessário haver planejamento, execução, controle e conservação desse bem tão precioso. É aí onde nasce a gestão desse recurso, visando a melhor forma de uso do mesmo.

O Plano Nacional de Recursos Hídricos de 2006 e a Lei Nacional de Recursos Hídricos de 1997, recomendam a gestão dos recursos hídricos por bacias hidrográficas, da qual incentiva a relação entre a educação sanitária, a educação ambiental e a sustentabilidade, ambas voltadas para a proteção dos recursos hídricos. Dentro do contexto de bacia hidrográfica, utilizá-la como unidade é de suma importância para unir educação ambiental e educação para a ciência, explorando a interdisciplinaridade e as condições locais e regionais (TUNDISI, 2009).

Em relação a crise hídrica, alguns especialistas expõem seu ponto de vista como sendo uma consequência da forma de gerenciamento do que uma crise de estresse e escassez (ROGERS et al., 2006). Para Somlyody e Varis (2006), e Gleick, (2000) a crise decorre de dois grandes problemas, entre eles o de disponibilidade e aumento da demanda, exacerbando a real situação e o da questão ambiental agravada com outros problemas relacionados à economia e ao desenvolvimento social. De acordo com esses autores uma das formas mais eficazes de enfrentar o problema de escassez de água e deterioração da qualidade seria uma base de dados consolidada e transformada em instrumento de gestão.

Um problema a ser considerados na gestão dos recursos hídricos é a incapacidade gerencial em áreas urbanas. A falta de estruturas da maioria dos municípios dificulta o planejamento e o gerenciamento dos múltiplos processos desses recursos, causando o desentendimento do mesmo com os planos diretores dessas cidades (TUNDISI e MATSUMURA-TUNDISI, 2011).

Esteves et al (2011) enfatiza também que a base de informações e o avanço de conhecimento são de suma importância para a promoção das estratégias dos recursos hídricos, concedendo condições de projeção futura e construção de mútuos cenários, além de estudar

seus aspectos quantitativos (processos climatológicos, hidrologia) e qualitativos (descrição da biodiversidade e ecossistemas aquáticos).

Embora as fontes hídricas sejam abundantes, em algumas áreas do planeta, a quantidade retirada é muito elevada em comparação com a disponibilidade, causando a redução da água superficial e esgotando os recursos subterrâneos, por conta disto, atualmente algumas regiões do planeta vem sofrendo uma severa crise de falta de água, um forte exemplo dessa alta demanda é o uso de métodos de irrigação inadequados (UNESCO, 2003).

Tucci e Braga (2003), Tucci (2008) destacam que é imprescindível a junção das metas de gestão dos recursos hídricos e saneamento ambiental, para conciliar os avanços gerenciais e as novas normas propostas pela Lei n° 9.433 de 1977.

Estudos dos recursos hídricos para averiguar a disponibilidade, profundidade, demandas de água e os processos biogeofísicos que interagem diretamente no ciclo e nas várias utilizações da água, são de fundamental importância (NAIMAN et al, 1995 e BICUDO et al, 2010). Cujas ofertas para uma gama de usuários devem compor os aspectos superficial e subterrâneo (HIRATA et al, 2010).

O Plano Nacional de Recursos Hídricos, o Enquadramento dos Corpos de Água, a Cobrança pelo Uso da Água, o Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos (SNIRH) e a Outorga, são os cinco instrumentos de gestão da lei n° 9.433 de 1977. Como toda gestão a problemas no início de implementação,

Tucci (2003), Tucci e Mendes (2006), Tucci (2008) e Tucci (2010) propõem alguns investimentos necessários, para se resolver os problemas na gestão dos recursos hídricos: investir no Programa Nacional de Águas pluviais, visando o controle de drenagem e impactos relacionados a inundação de cidades, assim como em água, esgoto e drenagem para obter bons resultados. Deve-se ainda dar ênfase ao investimento em capacitação de novos profissionais, desde técnicos do nível médio para o controle ambiental até tomadores de decisão e gerentes no âmbito da gestão.

3.1.1 Plano de Recursos Hídricos

O Plano Nacional de Recursos Hídricos (PNRH) é um conjunto de diretrizes, metas e programas, pautado pela Lei n° 9.433, de 1997, tendo por objetivo a melhoria da disponibilidade hídrica, em quantidade e qualidade, a redução dos conflitos pelo uso da água e a percepção da conservação da água como valor socioambiental fundamental, constituindo um

dos principais instrumentos preunciado na legislação para a execução da Política Nacional de Recursos Hídricos, e o fortalecimento do Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH) (MMA, 2006). Foi aprovado pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), colegiado que desenvolve atividades desde 3 junho de 1998.

O Conselho Nacional de Recursos Hídricos é um sistema de gerenciamento de águas, que agrega em um único conjunto, organismos, agências e instalações governamentais públicas e privadas, objetivando a execução da Política das Águas e promovendo a gestão dos recursos hídricos (COIMBRA, ROCHA e BEEKMAN, 1999).

O Decreto N° 5.776 de 12 de maio de 2006, estabelece a competência da Secretaria de Recursos Hídricos do Ministério do Meio Ambiente, diz respeito às responsabilidades pela realização e elaboração dos Planos de Recursos Hídricos, coordenando, elaborando e auxiliando no acompanhamento da implementação do PNRH, os planos propõem metas de desenvolvimento qualitativos para a melhoria da relação oferta e demanda numa bacia. O conhecimento dos quantitativos superficial/subterrâneo usando series históricas é fundamental para proposições de tais metas (MMA, 2006).

Ainda assim, vale ressaltar que dentro do PNRH pode haver atualizações periódicas decorrentes de mudanças de rumo, como também novas decisões e aprimoramentos que se fizerem necessários (MMA, 2006a).

3.1.2 Enquadramento dos Corpos de Água

O enquadramento dos Corpos de Água assim como os Planos de Recursos Hídricos são instrumentos que vêm sendo implementados no país desde 1986 por meio do Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), e incorporados à Política Nacional de Recursos Hídricos após o advento da Lei N° 9.433/1997 (MMA, 2006a).

O enquadramento busca assegurar a melhor qualidade de água de acordo com o uso mais exigente a que for destinado, tomando por base os níveis de qualidade possíveis para atender as necessidades da sociedade, e não apenas a condição atual do corpo de água em questão, assim como diminuir os custos de combate à poluição mediante ações preventivas permanentes conforme o Art. 9º, Lei N° 9.433, de 1997.

Sua regulamentação se dá através da Resolução CONAMA N°. 357, de 17 de março de 2005, para águas superficiais, e da Resolução CONAMA N°. 396, de 03 de abril de 2008, para águas subterrâneas.

De acordo com Granziera (2001) e a Resolução CONAMA N° 357, a preocupação do enquadramento dos corpos hídricos não diz respeito apenas à proteção da qualidade de água propriamente dita, mas também da saúde pública, estabelecendo assim, um nível de qualidade a ser alcançado de acordo com o tipo de uso.

Tendo em vista que as águas de melhor qualidade podem ser aproveitadas em usos menos exigentes, desde que não prejudique a qualidade da água, é ponto importante a ser levado em consideração quando se diz respeito a organização das classes de qualidade no caso das águas doces, observando o uso a que se destinam (MIZUTORI, 2009). O enquadramento dos corpos hídricos em classes de uso predominante acaba sendo uma solução para qualidade hídrica e conseqüentemente uma garantia para o abastecimento público, visando a escassez como realidade no momento atual.

3.1.3 Cobrança Pelo Uso da Água

A determinação da cobrança pelo uso dos recursos hídricos se dá pelo Código Civil Brasileiro de 1916, pelo Código de Águas, instituído pelo decreto N° 24.643, de 10 de julho de 1934 e pela Lei Federal N° 9.433/97. O Código de Águas supõe uma remuneração pelo uso das águas, exceto aquelas que satisfazem as necessidades primordiais da vida e o Código Civil que o uso dessas águas seja gratuito ou retribuído, conforme as leis da união, municípios ou estados ao qual a administração pertença (CARRERA-FERNANDEZ, PEREIRA, 2002).

Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2010a) cobrar por uso dos recursos hídricos é estimular o uso racionalizado da água, na medida em que a mesma passa por condições de escassez em quantidade e qualidade.

Como destaca Braga (2008), esse processo possui um grande avanço fundamental que é viabilizar a cobrança pelo consumo desse recurso natural, incluindo os conceitos poluidor-pagador e usuário pagador. Na primeira condição o consumidor paga por prejudicar a qualidade da água por meio de práticas irracionais, enquanto que no segundo caso a cobrança ao usuário se dá pelo fato dele está usufruindo por parcela de um bem natural julgado público, passando a ter valor econômico (RAMOS, 2007 e OLIVEIRA, 2003).

Conforme os autores Pizaia, Machado e Jungles (2002), a fiscalização e a punição não são suficientes para promover um uso mais racional dos recursos hídricos, defendendo que é fundamental a cobrança desses recursos como meio estimulante à redução

do consumo dos usuários. A cobrança está estreitamente relacionada com a outorga, valorando o metro cúbico de água consumido nas mais diferentes modalidades de usuários.

3.1.4 Sistema Nacional de Informações Sobre Recursos Hídricos (SNIRH)

O Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Hídricos tem por objetivo reunir, firmar e divulgar os dados e as informações que estejam relacionadas à gestão dos recursos hídricos, aprimorando o planejamento e aumentando a eficiência em relação ao uso de água, sendo considerado um dos instrumentos de gestão da Política de Recursos Hídricos (ASFORA et al, 2002).

O SNIRH é de uma forma geral um tipo de estrutura gerada a partir de uma ordem de dados, informações e métodos dos quais interagem entre si e com o meio externo, unindo-se para atingir a meta de seus objetivos (ASFORA et al., 2001).

O aparecimento dos sistemas de informações sobre os recursos hídricos no mundo ocorreu pelo impulso da necessidade em fazer crescer no âmbito da evolução tecnológica, o processo de gestão hídrica, levando em consideração dois pontos importantes a serem resolvidos: por um lado, a crescente dificuldade em administrar os múltiplos usos da água, e por outro lado, conseqüentemente uma maior oferta de serviços gerada por esse desenvolvimento tecnológico: Telemetria, SIG, Sensoriamento Remoto entre outros, ocasionando o sistema de informação sobre recursos hídricos através da junção desses termos (CIRILO, AZEVEDO, 2000).

É visando a sociedade que o direito à informação se menciona como um axioma básico do regime democrático, de suma importância para o processo de participação da comunidade em discussões e determinações relacionadas a assuntos de seu respectivo interesse (MILARÉ, 2000).

3.1.5 Outorga

A Outorga constitui um instrumento da Política Nacional de Recursos Hídricos, o qual atribui ao Poder Público a autorização de uso dos recursos hídricos, a pessoa física ou jurídica, implementada pela Lei Federal nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997, no Art.11, tendo por objetivo assegurar o controle quantitativo e qualitativo dos diversos usos da água, assim como o efetivo exercício dos direitos de acesso a mesma (BRASIL, 1997).

Visar disciplinar o uso da água, impondo aos usuários utilizá-la dentro dos limites e das condições dispostas em seu ato, é tarefa imprescindível da Outorga (SEMA, 2014).

Segundo Machado (2002), o governo não pode conceder ou autorizar usos que provoquem a agressão à qualidade e a quantidade das águas, assim como não podem agir sem justiça ao permitirem acesso a água. Essa norma legal da outorga de direitos do uso torna-se dessa forma, vinculante para a ação governamental federal e estadual.

Para Antunes (2004), a outorga deve ser considerada um instrumento mediador entre a autorização e a licença administrativa, ou seja, um instrumento jurídico – administrativo.

Um usuário de água que possua outorga, ou seja, autorização em fazer uso de determinado corpo hídrico, tem grandes vantagens sobre aquele que não possui, ao seguir suas condições de uso. A solicitação da Outorga nos casos do uso na agricultura, indústria, obras hidráulicas, mineração, entre os demais usos que altere a quantidade ou a qualidade das águas, é dever do usuário, verificando simultaneamente se o corpo hídrico é de domínio federal ou estadual. Uma vez conhecido o responsável, o pedido de outorga deve ser encaminhado ao órgão competente (SEMA, 2014).

O pedido de Requerimento de Outorga deve ser solicitado pelo usuário juntamente com um profissional competente, seja para utilizar águas superficiais ou subterrâneas, advindo de um plano de como será utilizado tal recurso hídrico. O órgão competente analisará o pedido e expedirá o documento se o plano estiver de acordo (SEMA, 2014).

No caso de desativação, ou desistência da outorga tanto preventiva quanto de direito do uso de recursos hídricos, o usuário deverá comunicar o pedido formalmente a ANA (Agência Nacional de Águas), por meio do envio de um formulário específico, de acordo com a Resolução ANA nº 833, de 21 de novembro de 2011 (ANA, 2013).

3.2 HIDROGRAMA

Segundo Tucci (2009), o hidrograma tem por definição um gráfico que representa a vazão em uma seção do curso de água em função do tempo, podendo corresponder às vazões médias em determinado intervalo, através de linhas contínuas ou traços horizontais, caracterizando-se por possuir três partes fundamentais designadas por: ascensão fortemente relaciona um grande gradiente e à intensidade da quantidade de água que se deposita no solo em determinado período; região de pico que fica próximo ao valor máximo do hidrograma após o mesmo começar mudar a sua curvatura, devido a redução das chuvas ou até mesmo do

amortecimento da bacia; e recessão, fase pela qual o escoamento subterrâneo torna-se o principal contribuidor para atingir a vazão total do rio.

Essa subdivisão é considerada um auxílio satisfatório para os estudos, planejamentos e manuseio dos recursos hídricos (ASKOY et al, 2009). Segundo os estudos de Collischonn e Tassi (2008), o hidrograma é composto pelo escoamento superficial e de base.

Tucci (2004), ressalta que fatores como: forma e cobertura da bacia; relevo; distribuição; duração e intensidade da precipitação; modificações artificiais no rio e solo, influenciam no processo de desenvolvimento da forma de um hidrograma.

Existe um escoamento no curso d'água que se mantém após o término da precipitação esta condição prova que sempre haverá um escoamento no curso de água de um rio, mesmo após a ocorrência da precipitação, indicando que a vazão que atravessa a seção transversal desse rio não se origina apenas desta precipitação que atingiu a bacia hidrográfica (PORTELA, 2006).

É no planejamento das planícies de inundação e aproveitamento de recursos hídricos que nasce a necessidade de um estudo hidrológico (FENDRICH, 2008). Tendo por objetivo fornecer as vazões máximas a serem adotadas em projetos de obras hidráulicas, bem como determinar hidrogramas (RAMOS et.al., 1999 e CANHOLI, 2005).

Quando uma simulação é feita em relação ao comportamento hidrológico da bacia, o resultado é a geração de informações quanto ao volume de deflúvio, de hidrogramas, tempo de escoamento e vazão de pico, ambos usados no dimensionamento de vertedores em barragens, na drenagem urbana, no impacto de urbanização, e na disponibilidade hídrica (USACE-HEC, 2008).

3.3 SEPARAÇÃO DOS ESCOAMENTOS

A proximidade de uma superfície líquida com a atmosfera, submetida a pressão atmosférica, caracteriza o escoamento em superfícies livres, da qual corresponde respectivamente ao contato de dois fluidos de natureza completamente distintas um do outro: o ar e a água. (MENDES et al, 2001). O escoamento pode ser dividido em três partes: Escoamento Superficial, Escoamento Subsuperficial, Escoamento de Base (SPERLING, 2007).

3.3.1 Escoamento Superficial

O escoamento superficial é uma das fases do ciclo hidrológico mais importante para as obras de engenharia. Correspondente a parte de água que se desloca sobre a superfície do solo, pode transportar as partículas do solo que estão em suspensão, sementes, matéria orgânica, nutrientes, e defensivos agrícolas dos quais poluem os cursos d'água além de prejudicar as produções agropecuárias (PRUSKI et al., 2003).

Um fator a ser considerado na interferência direta da quantidade e qualidade do escoamento superficial, são as ações antrópicas no uso do solo tanto em áreas urbanas, como rurais, alterando as vazões máximas e mínimas dos mananciais (MAUS et al., 2007).

Em relação a cobertura do solo, tanto os resíduos quanto a barreira física proporcionada por resíduos vegetais, impedem o livre escoamento da água, reduzindo a velocidade do fluxo do escoamento superficial do qual é explicado pela tortuosidade dos caminhos imposto pela condição física do solo. Quanto maior for a quantidade de detritos na superfície terrestre, maior é a redução da velocidade do escoamento (ALBUQUERQUE et al, 2002).

Causadora de impactos no ciclo hidrológico, a forma que o solo é usado ocasiona o escoamento superficial, provoca inundações e secas, modificando a qualidade da água, gerando nos modelos hidrológicos a necessidade de obter dados específicos do tipo de uso e da cobertura do solo, assim como a exata localização da bacia (LIU e DE SMEDT, 2005). Quanto maior for a cobertura vegetal que forra o solo, menor será ocorrência de escoamento superficial. (FURTADO e KONIG, 2008).

3.3.2 Escoamento Subsuperficial

O escoamento subsuperficial é definido pelo fluxo de água que ao se infiltrar no solo, percorre as camadas menos porosas e se acumulando sobre elas, fluindo no sentido paralelo da declividade do terreno após esse acúmulo. Esse escoamento pode ocorrer através de dois meios: quando o solo está completamente repleto de água, após o mesmo ter atingido sua capacidade de infiltração, denominado solo saturado; ou através da movimentação da água causada pelas forças de capilaridade, ou seja, em um meio insaturado (BITTENCOURT, 2000).

Quanto maior for, a porosidade das camadas do solo, mais importante ele se torna para o escoamento subsuperficial, as camadas de maior permeabilidade são as que mais contribuirão para o fluxo (WHIPKEY e KIRKBY, 1979). As áreas das nascentes possuem vegetação que precisa de proteção fundamental para a manutenção dos corpos hídricos. Estes por sua vez, dependem das águas superficiais e subsuperficiais afim de controlar a disponibilidade hídrica e a qualidade do corpo hídrico (CARVALHO et al, 2012).

Considerando solos de maior e menor condutividade hidráulica saturada, o de maior condutividade revela uma taxa superior de escoamento subsuperficial, enquanto que o de menor condutividade é superado pelo escoamento superficial (FREEZE, 1972).

Sklash e Farvelten (1979), destacam que os poros do solo, com diâmetros na faixa de 2-50nm, denominados mesoporos e aqueles que possuem diâmetro > 50nm chamado de macroporos, são ótimos condutores do escoamento subsuperficial.

3.3.3 Escoamento de Base

Toda água existente nos continentes é consequência das precipitações, que dão origem ao escoamento superficial após atingir o solo, preenchendo as depressões, ultrapassando a capacidade que a vegetação sobre solo tem de reter água e excedendo a taxa de infiltração que o mesmo possui. A água das precipitações que se infiltra ao solo segue até um aquífero dando origem a um escoamento mais lento, denominado escoamento de base também conhecido por escoamento subterrâneo (TUCCI, 2001). O escoamento de base é aquele que permite aos rios durabilidade nas épocas de estiagem. (TUCCI e CLARKE, 1997).

Conforme Albuquerque e Rego (1999), e Albuquerque (2004), para que um aquífero descarregue em oceanos, lagos ou rios é necessário antes de tudo que o mesmo seja mantido saturado, lembrando que a quantidade de água subterrânea existente nesses aquíferos está intimamente ligada ao escoamento. Em suma, a exploração dos aquíferos não pode suceder a taxa de água subterrânea que precisa, em princípio, ser inexplorada em relação as suas reservas. Porém se for captada de maneira correta, ela pode ser usada no abastecimento de indústrias, populações e atividades no setor agropecuário (REBOUÇAS, 2002).

Para que os planejadores de bacias hidrográficas determinem a quantidade de água, capacidade de assimilação dos rios, a forma que essa água deve ser usada, assim como verificar a necessidade de um hábitat aquático, é de fundamental importância dar atenção a avaliação dos estudos das contribuições do escoamento basal (STUCKEY, 2006).

Stuckey (2006) e Delin (2007), evidenciam que o modo de uso da terra, a vegetação, a frequência e a quantidade de recarga, a geologia e topografia, são fatores que interferem na variação temporal e espacial do escoamento de base, necessitando estudos prévios caso seja planejada uma exploração. O escoamento de base é considerado um item de grande importância para a vazão total, pode ser obtido através de algumas técnicas de separação, entre elas estão as técnicas manuais de separação do hidrograma, as medições em campo e as equações matemáticas (SMAKHTIN, 2001).

3.4 ÍNDICE DE ESCOAMENTO

A relação entre o volume de escoamento total e o volume de escoamento de base, proveniente da água que é armazenada no aquífero, é designada por índice de escoamento de base, representado pela sigla BFI (Base Flow Index). Para os estudos de análise regional, que envolve estudos de vazões mínimas, é necessário o uso do cálculo do BFI, que vem sendo considerado como um importante variável nesse tipo de estudo, sendo influenciado no hidrograma pela técnica que separa o escoamento de base em relação ao escoamento total (PINTO, 2006). Ele também pode ser definido segundo Millares et al (2009), como sendo a parcela de água que se infiltra no solo e circula entre suas drenagens, recarregando os aquíferos e atingindo em seguida, lagos, rios e mares, considerados corpos de água maiores, ou seja, o índice de escoamento é a junção do escoamento direto com o escoamento subsuperficial.

Usado como medida das características do fluxo base das bacias hidrográficas, avalia de forma sistemática a proporção do escoamento total da bacia hidrográfica, sendo importante para os estudos de baixo fluxo e indicando a influência do solo e da geologia sobre os fluxos fluviais (FSUP, 2009).

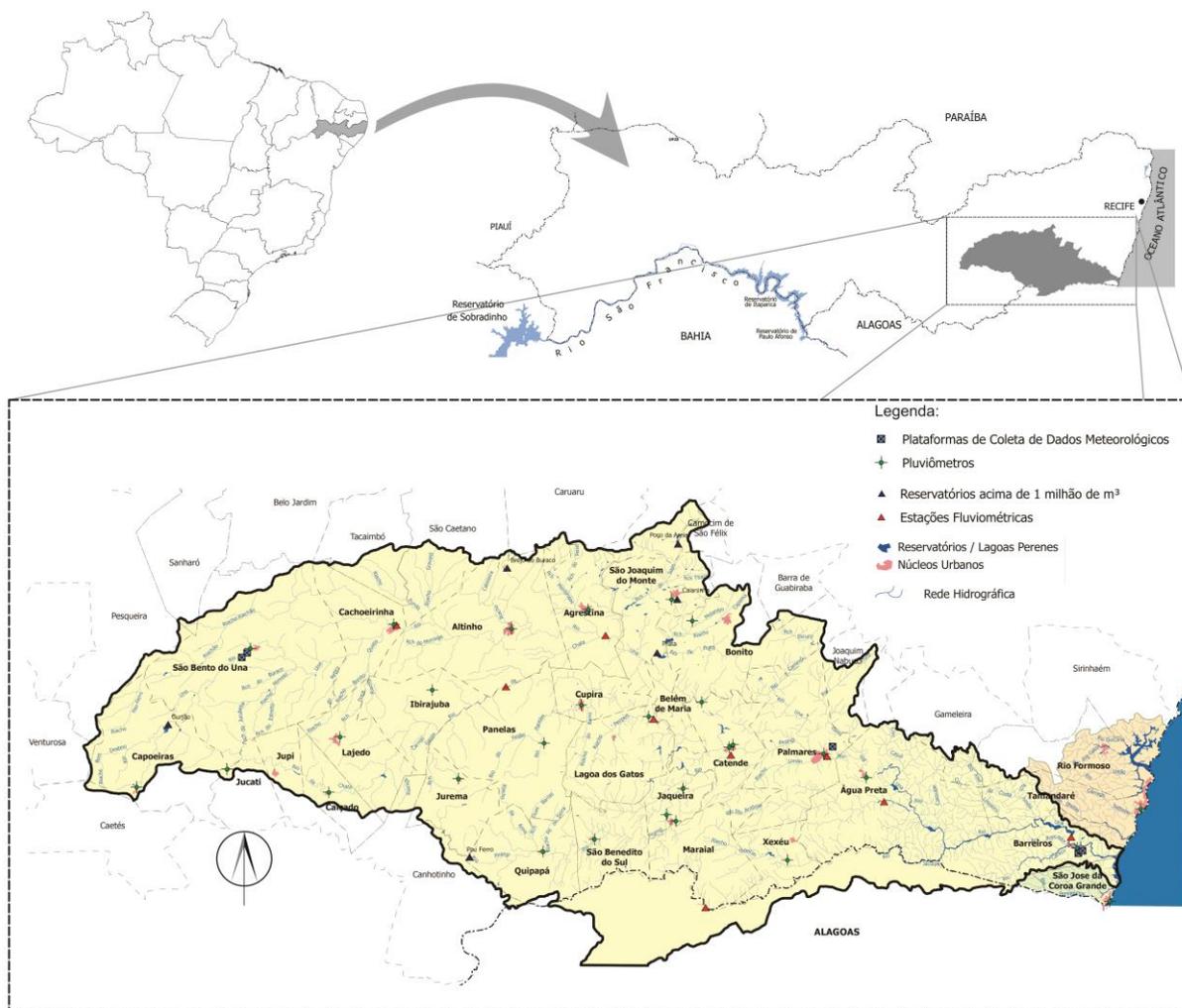
O cálculo feito a partir do procedimento de alisamento e separação de hidrogramas usando descargas diárias, denominado por fluxo total, juntamente com o fluxo de base é conveniente ao índice de fluxo básico para que o mesmo determine a razão entre ambos. O BFI é considerado uma parcela do fluxo do rio, originária de fontes de armazenamento de água e sendo aplicado em várias áreas como na avaliação da recarga de águas subterrâneas (HISDAL et al., 2004). O Índice de Fluxo Básico (BFI) é uma descrição significativa do comportamento de fluxo de uma bacia hidrográfica, provando ser útil na estimativa de fluxo baixo e fluxo alto em todo o mundo (FSUP, 2009).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 ÁREA DE ESTUDO

A área de estudo desse trabalho é a Bacia Hidrográfica do rio Una (UP 5) e grupos de bacias GL 4 (UP 17) e GL 5 (UP 18). Quarenta e dois municípios estão inseridos parcialmente ou totalmente na sua área (PERNAMBUCO, 2006), dentre os quais onze estão inteiramente incluídos na bacia, quinze possuem sede inserida na bacia, e dezesseis estão parcialmente incluídos. A bacia possui área de 6.704 km², está localizada entre as latitudes sul 8° 17' 14" e 8° 55' 28" e entre as longitudes oeste 35° 07' 48" e 36° 42' 10", na porção sul do Estado de Pernambuco (PERNAMBUCO, 2006) (Figura 1).

Figura 1 - Mapa de localização da bacia do rio Una-PE.



Fonte: Adaptado de SRHE, 2016

A cabeceira da bacia situa-se na serra da Boa Vista no município de Capoeiras, a uma altitude de aproximadamente 900m e percorre uma extensão aproximada de 290 km. Possui uma população de aproximadamente 553,3 mil habitantes, residente na sua área (PERNAMBUCO, 2011).

O Rio Una apresenta em sua porção, alto escoamento salteado condigno aos baixos índices pluviométricos, apresenta ainda uma dimensão de 255 km. Seus principais afluentes são o rio Piranji e rio Jacuípe. O rio é intermitente até aproximadamente a cidade de Altinho e a partir daí torna-se perene (PERNAMBUCO, 2006).

4.2 DADOS FLUVIOMÉTRICOS

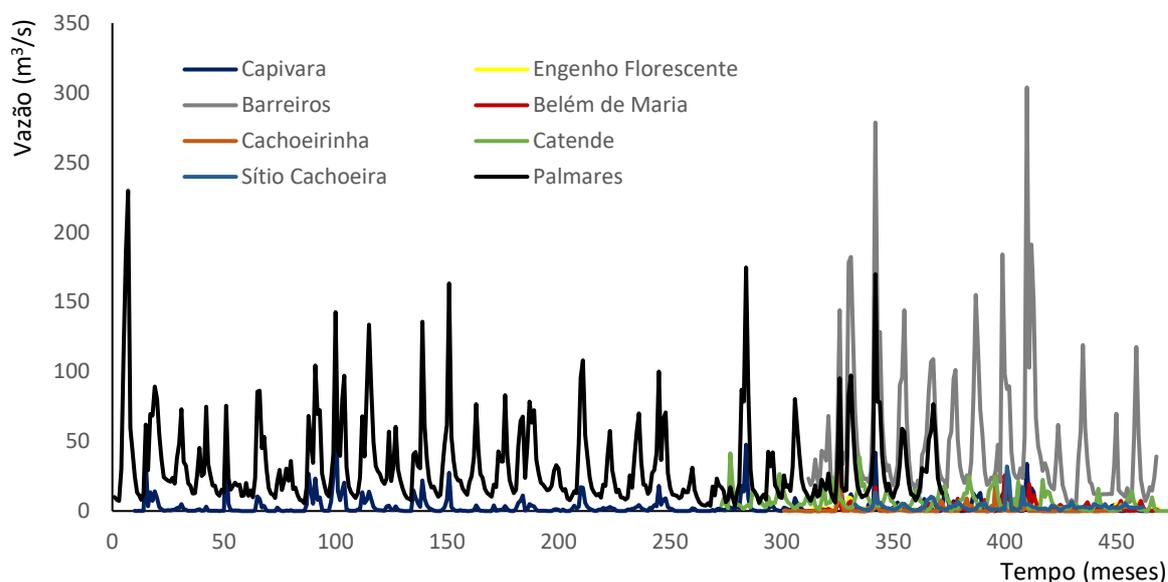
Para a escolha da estação fluviométrica dentre as existentes, foram analisadas séries históricas de dados diários disponíveis no Sistema de Informações Hidrológicas (HIDROWEB) da Agência Nacional de Águas (ANA, 2016). Para tal, são solicitados dados de entrada, como: estado, municípios, área de drenagem, altitude, rio, tipo de estação, bacia hidrográfica, código de posto.

Para uma visão mais ampla, foi informado como dados de entrada, apenas o estado e o tipo de estação, de modo a obter listagem de estações fluviométricas no âmbito estadual.

Ao escolher a estação, informações de localização e quantidade de dados (data, hora, média diária, vazões, método de obtenção das vazões, dias de máximo e mínimo, entre outros), são apresentados. Encontra-se nos arquivos (TXT, compactado) várias informações, dentre elas a série histórica de dados diários dispostos em forma matricial (colunas de dados para cada mês). Foram calculados as médias mensais de todas as estações. Na Figura 2, observam-se os dados mensais em estações fluviométricas localizadas na bacia hidrográfica do rio Una.

Muitas estações apresentam-se totalmente sem dados, outras, as séries apresentam erros e/ou ausência de dados ao longo da série histórica.

Gráfico 1 - Dados mensais em estações fluviométricas localizadas na bacia hidrográfica do rio Una.



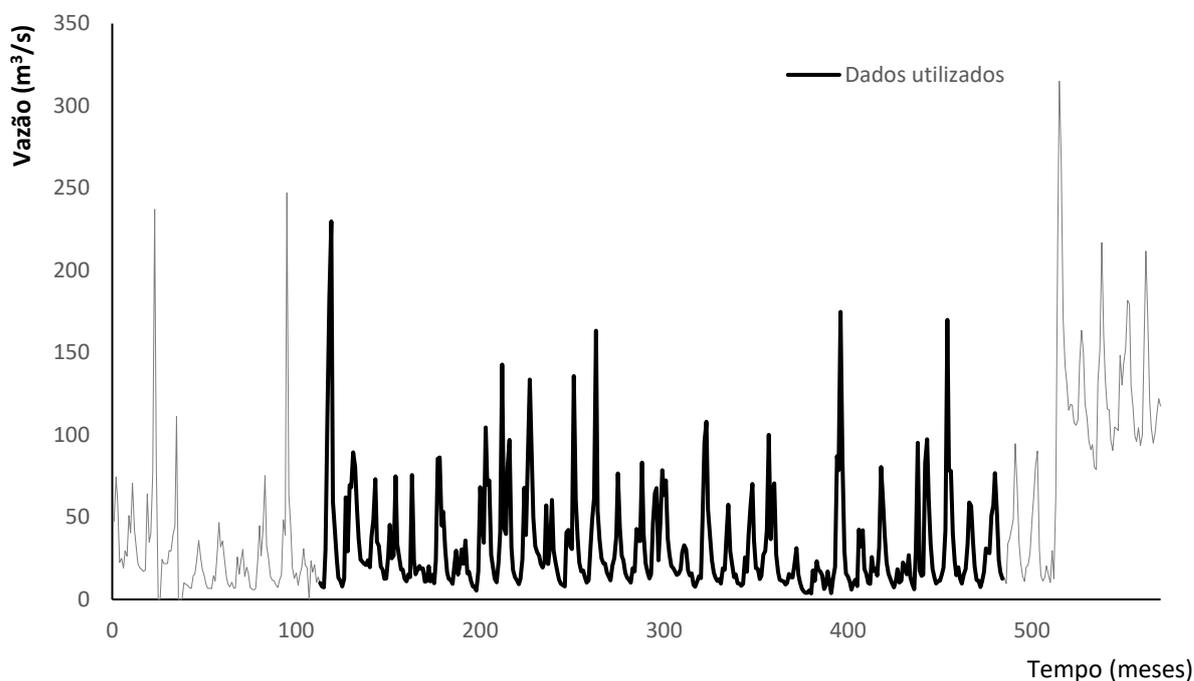
Fonte: Autoria própria

4.3 ESCOLHA DA ESTAÇÃO FLUVIOMÉTRICA E PERÍODOS DE DADOS

Dentre os 42 municípios existentes na bacia, 8 possuem estações fluviométricas: Agrestina, Água Preta; Barreiros, Belém de Maria, Cachoeirinha, Catende, Maraial, Palmares; respectivamente as estações de: Capivara, Engenho Florescente, Barreiros, Belém de Maria, Cachoeirinha, Catende, Sítio Cachoeira, Palmares.

Foi definida a estação Palmares (código 39560000), localizada no município de Palmares - PE, na região da Mata Sul do estado de Pernambuco. Situa-se a 125 metros acima do nível do mar. Limita-se ao norte com o município do Bonito, a nordeste e leste com Joaquim Nabuco, ao sul com Xexéu, a sudeste com Água Preta e a oeste com Catende. Apresentando dados de armazenamento de base, compreendendo o período de junho de 1967 a março de 2016. Considerando alguns fatores como a ausência de dados diários e valores não comuns na sazonalidade de cheias e de estiagem na vazão média mensal, para este trabalho foi escolhido o período de 1977 a 2007, perfazendo 31 anos. Na Figura 3 observam-se os dados mensais da estação fluviométrica Palmares, PE, para esse período.

Gráfico 2 - Dados mensais da estação fluviométrica Palmares/PE (Período: janeiro de 1977 a dezembro de 2007)



Fonte: Autoria própria

4.4 SEPARAÇÃO DOS ESCOAMENTOS

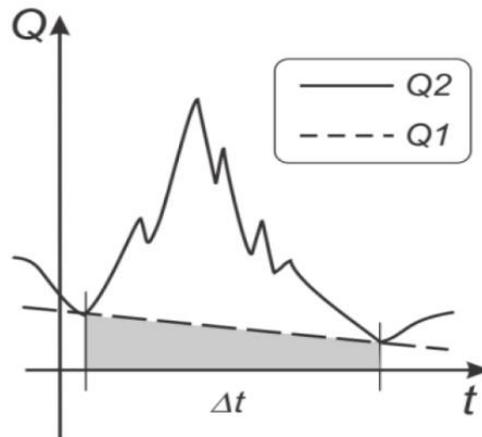
O método escolhido para a separação do escoamento de base do fluxo total foi o proposto por Tucci (2012), que compreende o traçado linear desde a inflexão inicial de ascensão de escoamento fluvial até a inflexão ao fim do decaimento de vazão, delimitando-se em escoamento superficial direto e escoamento subterrâneo. Para a aplicação da metodologia foram utilizados softwares: planilha eletrônica MS EXCEL e pacote matemático Geogebra versão 5.0.

O uso do Geogebra inicialmente mostrava-se ser bastante prático, com os valores das áreas delimitadas diretamente no gráfico (dados de vazões importados de planilha MS EXCEL), no entanto a quantidade de dados proporcionou várias ações, tornando tal atividade bastante laboral. Assim sendo, foi utilizada apenas a planilha MS EXCEL para a delimitação dos aportes de escoamento.

Para a referida delimitação, foram definidos os pontos de inflexão inicial e final ao longo do período de janeiro de 1977 a dezembro 2007 (372 meses). De posse desses pontos, foi empregado o modelo semiautomático proposto por Medeiros (2011), através de funções lineares que interligam as inflexões de início de ascensão e período de recessão do

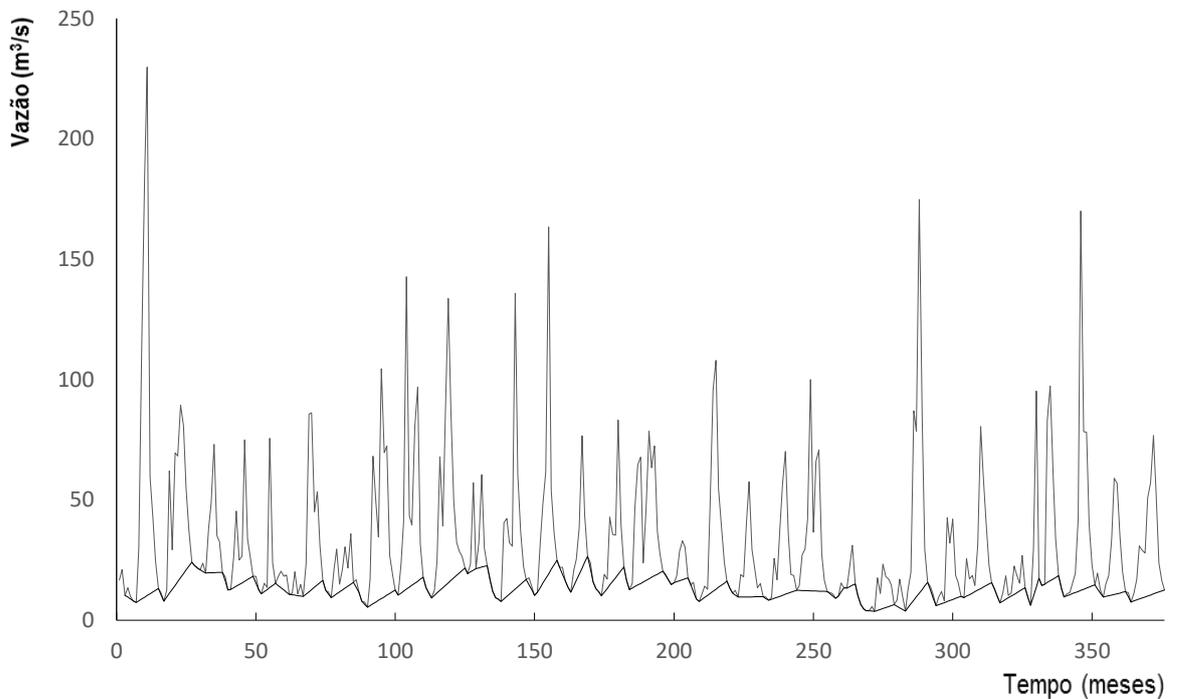
escoamento fluvial. A fluviometria compõe série de dados com vazões totais, determina-se a linha limítrofe que separa os aportes superficial do subterrâneo em um intervalo Δt (Figura 4), através da equação da reta, cujo coeficiente angular é $\Delta Q/\Delta t$.

Gráfico 3 - Separação do escoamento de base em um intervalo Δt (Q1- vazão total, Q2 – vazão de base)



Fonte: Adaptado de OLIVEIRA et al, 2015

Gráfico 4 - Separação dos escoamentos na escala mensal
Estação fluviométrica Palmares (Período: janeiro de /1977 a dezembro 2007)



Fonte: Autoria própria

4.5 CÁLCULO DOS ÍNDICES DE ESCOAMENTO

Para o cálculo dos volumes escoados, foi utilizado a metodologia de integração numérica (Equação 1), através do uso de planilha eletrônica MS EXCEL, em que $f(t)$ representa o traçado da vazão $Q(t)$ em um intervalo $\Delta t = t_n - t_1$, integrando os n intervalos $t_{i+1} - t_i$, que representa a área abaixo da curva. O volume de escoamento superficial direto será obtido pela diferença entre o volume total (curva superior Figura 4) e o volume de base (traçado de delimitação dos escoamentos, Figura 4).

$$\int_{t_1}^{t_n} f(t)dt \approx \sum_{i=1}^n \frac{(t_{i+1} - t_i)}{2} [Q(t_{i+1}) + Q(t_i)] \quad (1)$$

De posse dos volumes de escoamento, foram determinados os índices de escoamento de base, através da Equação 2, BFI, correspondente a razão do volume de base pelo volume total de fluxo, ou seja, razão entre a área da curva de base pela área da curva de fluxo total.

$$BFI = \frac{\int_{t_1}^{t_2} Q_{base}(t)dt}{\int_{t_1}^{t_2} Q_{total\ escoada}(t)dt} \quad (2)$$

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1, são observados os dados do BFI, Índice de escoamento de base os anos de 1997 a 2007 nas vertentes: meses de estiagem (Janeiro, Fevereiro, Agosto a Dezembro); meses chuvosos (Maio a Julho); e totais anuais, – Estação Fluviométrica Palmares/PE. Destaca-se nessa Tabela ainda, os anos com eventos precipitantes El Niño (em cinza) e La Niña em branco, obtidos segundo Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC/INPE (2017).

Tabela 1 - Índice de escoamento de base – média para os meses de estiagem (Janeiro, Fevereiro, Agosto a Dezembro) e de chuva (Maio a Julho) para os anos de 1997 a 2007 – Estação Fluviométrica Palmares/PE

Ano	Jan-Fev Ago-Dez	Mai-Jul	Ano	Ano	Jan-Fev Ago-Dez	Mai-Jul	Ano
1977	0,5775	0,3308	0,4747	1992	0,5248	0,3109	0,4357
1978	0,6512	0,2509	0,4844	1993	0,8504	0,8311	0,8423
1979	0,8005	0,6609	0,7424	1994	0,6582	0,4173	0,5578
1980	0,8419	0,4002	0,6578	1995	0,6495	0,5265	0,5983
1981	0,7777	0,5912	0,7000	1996	0,5926	0,4939	0,5515
1982	0,6768	0,3956	0,5596	1997	0,6163	0,2731	0,4733
1983	0,7835	0,5263	0,6764	1998	0,8675	0,9019	0,8818
1984	0,5188	0,2208	0,3946	1999	0,6180	0,5085	0,5724
1985	0,6842	0,2477	0,5023	2000	0,4012	0,3540	0,3815
1986	0,5837	0,2893	0,4610	2001	0,6598	0,5247	0,6035
1987	0,8891	0,6499	0,7894	2002	0,6550	0,4524	0,5706
1988	0,6738	0,2723	0,5065	2003	0,8217	0,6468	0,7489
1989	0,7446	0,4783	0,6337	2004	0,5594	0,5536	0,5569
1990	0,8441	0,6761	0,7741	2005	0,6160	0,4128	0,5313
1991	0,7608	0,5527	0,6741	2006	0,7077	0,4389	0,5957
				2007	0,5003	0,2869	0,4114


 Anos de El Niño *
 Anos de La Niña *
 1981 - ano normal *

* Fonte: Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos - CPTEC/INPE (2017)

A média global do BFI ao longo dos anos foi de 0,5917. Observa-se o domínio do escoamento de base nos períodos de estiagem. Para os meses chuvosos (maio a julho) a média do BFI representou 46,70% do total do fluxo e no período de estiagem (janeiro a fevereiro e agosto a dezembro) 68,09% desse mesmo total.

Discretizando-se nas vertentes precipitantes (período de 1977 a 2007): anos de El Niño, a média anual do BFI foi de 0,6244, para meses de chuva esse índice foi de 0,4986 e meses de estiagem 0,7143; anos de La Niña, a média do BFI foi de 0,5156, para os meses de cheia, o aporte de fluxo basal representou 39,14% do escoamento fluvial e no período de seca, esse aporte foi de 60,43%.

O BFI em anos de El Niño foi 21,11% superior comparado-se com o BFI em anos de La Niña, bem como superior em 18,11% nos meses de estiagem e 27,40% nos meses chuvosos.

6 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A metodologia aplicada nessa pesquisa destaca o domínio do fluxo subterrâneo frente ao escoamento fluvial. As abordagens nas vertentes de meses chuvosos e de estiagem, bem como os anos de El Niño e La Niña favorecem análise mais detalhada segundo características diferenciadas de sazonalidade e climatologia. Os índices de escoamento de base oferecem suporte a todos os instrumentos de gestão de recursos hídricos, tendo em vista a importância ambiental, econômica quali-quantitativa das águas subterrâneas e superficiais na bacia hidrográfica.

Recomenda-se para trabalhos futuros, a análise da separação de escoamento em escala temporal diária, para uma compreensão mais detalhada, possibilitando assim considerações dos aportes subterrâneo e superficial em eventos de pulsos e inter-pulsos de vazões.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE et al. **Manejo da cobertura do solo e de práticas conservacionistas nas perdas de solo e água em Sumé, PB.** *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v.6, n.1, p. 136-141, 2002.
- ALBUQUERQUE, J. do P.T.; RÊGO, J.C. **Subsídios para o gerenciamento racional e integrado dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos do Estado da Paraíba.** In: XIII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, Belo Horizonte, 1999.
- ALBUQUERQUE, J. do P.T. **Sustentabilidade de Aquíferos**, Livro de Resumos, p.8 e CD do VII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste, São Luís-MA, 30 Nov. a 03 Dez, 2004.
- AKSOY, H.; KURT, I.; ERIS, E. **Filtered smoothed minima baseflow separation method.** *Journal of Hydrology*, v.372, p.94-101, 2009.
- ANA. Agência Nacional das Águas. **Hidroweb. Séries históricas**, 2016. [Disponível em internet. <http://hidroweb.ana.gov.br/default.asp>].
- ANA. Agência Nacional de Águas. **Manual de procedimentos técnicos e administrativos de outorga de direito de uso de recursos hídricos**, Brasília: 2013.
- ANA. Agência Nacional de Águas. **Relatório de atividades 2009**. Brasília: ANA, 2010a.
- ANTUNES, Paulo de Bessa. **Direito Ambiental**. 7. ed. São Paulo: Lúmen Júris, p.826, 2004.
- ASFORA, M. C; CORREIA, C. de O; ROCHA, J. C. S. da. **Sistema de informações sobre Recursos Hídricos de Sergipe: Estágio Atual.** I Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto, 17 e 18 de outubro de 2002, Aracaju/SE.
- ASFORA, M. C.; ROCHA, J. C. S. da; REZENDE, A. C. **Sistema de informações sobre Recursos Hídricos de Sergipe: Modelo Conceitual.** In: Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos, 14., 2001, Aracaju.
- BICUDO C. E. M. et al. Síntese pp. 219-222. In; BICUDO, C. E. M. et al. (eds.) **Águas do Brasil. Análises Estratégicas.** Academia Bras. Ciências, Inst. De Botânica. 222 pp. 2010.

BITTENCOURT, J.L.G. **Relação entre a ocupação do solo e o comportamento hidrológico de Bacia Hidrológica do Rio Pequeno** – São José dos Pinhais – PR. Dissertação de mestrado. Curitiba – Paraná. UFPR. 2000. 197p.

BRAGA, Benedito P. F. et al. **Pacto federativo e gestão das águas**. Estudos Avançados: Dossiê Água, São Paulo, v. 22, n. 63, p. 17-42, maio/ago. 2008.

BRASIL. **Lei nº 9.433, de 08 de janeiro de 1997**. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de 28 de dezembro de 1989. Disponível em: <http://www4.planalto.gov.br/legislacao/portal-legis/legislacao-1/leis-ordinarias/1997-leis-ordinarias-1>.

CARRERA-FERNANDEZ, J.; PEREIRA, Rogério. **A cobrança pelo uso da água em bacias de domínio da união: o caso da bacia do Vaza-Barris**. In: Encontro Regional de Economia da ANPEC, 7, Fortaleza, 2002.

CARVALHO, A. P. V.; BRUMATTI, D. V.; DIAS, H. C. T. **Importância do manejo da bacia hidrográfica e da determinação de processos hidrológicos**. Revista brasileira de agropecuária sustentável, n. 2, v.2, p.148-156, 2012.

CHORLEY, R.J. **The hillslope hydrological cycle, in hillslope hydrology**, KIRKBY, M.J. (ed). Norwich: John Wiley & Sons, 1979, 389p.

CIRILO, J. A.; AZEVEDO, J. R. G. **Sistemas de informações sobre recursos hídricos: o estado da arte**. Recife: [Sn.], 2000. v.1. 232p.

COHIM, E.; KIPERSTOK, A. **Racionalização e reuso de água intradomiciliar**. Produção limpa e eco-saneamento. In: KIPERSTOK, Asher (Org.) Prata da casa: construindo produção limpa na Bahia. Salvador, 2008.

COIMBRA, R. M.; ROCHA, L. C.; BEEKMAN, G. B. **Recursos hídricos: conceitos, desafios e capacitação**. Brasília, ANEEL, 1999.

COLLISCHONN, W.; TASSI, R. **Introduzindo hidrologia**. 6. ed. Porto Alegre, RS: IPH UFRGS, 2008. 274 p.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução N°. 357 [Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=459>]. 2005.

CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE – CONAMA. Resolução N°. 396 [Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=562>]. 2008.

CORADI, P.C.; FIA, R.; PEREIRA- RAMIREZ, O. **Avaliação da qualidade da água superficial dos cursos de água do município de Pelotas-RS**. *Ambi-Água*, Taubaté, v. 4, n. 2, p. 46-56, 2009.

CPTEC/INPE - **Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos**. [Disponível em: <http://enos.cptec.inpe.br/>], 2017.

DELIN, G.N., HEALY, R.W., LORENZ, D.L., NIMMO, J.R. **Comparison of local to regional scale estimates of ground water recharge in Minnesota, USA**. *Journal of Hydrology* 334, 231–249, 2007.

EILERS, V.H.M. **Estimativa de Recarga de Águas Subterrâneas Utilizando o Método do Balanço Hídrico**. *In: XIII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas*. Cuiabá/MS, 20p, 2004.

ESTEVES F. A. et al. **Fundamentos de Limnologia**. 3ª edição revista e ampliada. Editora Interciência. 789 pp. 2011.

FENDRICH, R. **Canais de Drenagem em Pequenas Bacias Hidrográficas**. Curitiba: O Autor, 2008.

FREEZE, R. A. **Role of subsurface flow in generating surface runoff, 1-Base flow contributions to channel flow**. *Wat. Resour. Res.*, Washington, v.8, p.609-623, 1972.

FSUP - FLOOD STUDIES UPDATE PROGRAMME: Work Package 5.2 - **Base Flow Index derived from soils**; Draft Final Report; Project no.1718/WP 5.2DFR/Version no.1/Rev no. 1; August, 2009.

FURTADO, D. A.; KONIG A. **Gestão Integrada de Recursos Hídricos**. Campina Grande: Gráfica Agenda, 2008. 115 pp.

GLEICK, P. H. **The world's water**. 2000-2001. Report on Freshwater Resources. Island Press, 2000. 315p.

GRANZIERA, M. L. M. **Direito de Águas: disciplina jurídica de águas doces**. Atlas. São Paulo. 245 p. 2001.

HIRATA, R.; ZOBBI, J.; OLIVEIRA, F. **Águas subterrâneas: reserva estratégica ou emergencial**. In: Bicudo, C.; Tundisi, J; Scheuenstuhl, M. (Org.). **Águas do Brasil: análises estratégicas**. 1. ed. São Paulo: Instituto de Botânica, v.1, p. 144-164, 2010.

HIRATA, R. et al. **Água Subterrânea: reserva estratégica ou emergencial**. Pp. 149-161. In Bicudo, C. E. M. et al. (orgs.). **Águas no Brasil: Análises estratégicas**. ACADEMIA BRASILEIRA DE CIÊNCIAS; Secretaria Meio Ambiente, Estado de São Paulo. 222 pp. 2010.

HISDAL, H., TALLAKSEN, L.M., CLAUSEN, B., PETERS, E., GUSTARD, A. **Hydrological Drought Characteristics**. In: Tallaksen, L. M. & Lanen, H. A. J. van, (Eds) **Hydrological Drought – Processes and Estimation Methods for Streamflow and Groundwater**. Developments in Water Sciences 48, Elsevier Science BV, The Netherlands, 139-198, (2004).

LIU, Y. B.; DE SMEDT, F. **Flood Modeling for Complex Terrain Using GIS and Remote Sensed Information**. **Water Resources Management**, v. 19, n. 5, p. 605–624, 2005.

MACHADO, Paulo Affonso Leme. **Recursos hídricos: direito brasileiro e internacional**. São Paulo: Malheiros, p.58, 2002.

MAUS, V. W.; RIGHES, A. A. & BURIOL, G. A. **Pavimentos permeáveis e escoamento superficial da água em áreas urbanas**. In: SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORTE E CENTRO-OESTE, 1 Cuiabá, 2007. Resumos expandidos, Cuiabá, p. 17, 2007.

MELO, J. G.; STEIN, P.; VASCONCELOS, M. B.; SILVA, F. H. R. **Fatores condicionantes na recarga do aquífero Açu na borda sudoeste na Bacia Potiguar, RN**. **Águas Subterrâneas**, v.19, p.105-122, 2005.

MENDES, C. A.; CIRILO, J. A. **Geoprocessamento em Recursos Hídricos; Princípios, Integração e Aplicação**. Porto Alegre, RS: ABRH, 2001.

MILARÉ, E. **Direito do Ambiente: Doutrina, Prática, Jurisprudência, Glossário**. São Paulo, Ed. Revista dos Tribunais, 687 p, 2002.

MILLARES, A. POLO, M. LOSADA, M. AGUILA, C. HERRERO, J. **Caracterización del caudal base en zonas de alta montaña a partir de un análisis estacional de recesiones**. Barcelona, 8 p, 2009.

MMA. Ministério do Meio Ambiente. Secretaria de Recursos Hídricos. **Plano Nacional de Recursos Hídricos: panorama e estado dos recursos hídricos do Brasil**. Volume I. Brasília, 2006.

MMA. Ministério do Meio Ambiente: **Plano Nacional de Recursos Hídricos. Síntese Executiva**, Secretaria de Recursos Hídricos. - Brasília, 2006a.

MIZUTORI, I. S., **Caracterização da Qualidade das Águas Fluviais em Meios Periurbanos: O Caso da Bacia Hidrográfica do Rio Morto - RJ**. Dissertação (Mestrado). Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental. Rio de Janeiro/RJ, Brasil. PPEA/UERJ, 2009.

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

NAIMAN, R. J. et al. (eds.). **The Freshwater Imperative: a research agenda**. Island Press.. 165 pp. 1995.

OLIVEIRA, J. A. P. de. **Instrumentos econômicos para gestão ambiental: lições das experiências nacional e internacional**. Salvador: Centro de Recursos Ambientais; Neama, 2003. (Série Construindo os Recursos do Amanhã, v. 3).

OLIVEIRA, P. B. M. **Índice do Escoamento de Base em Diferentes Escalas Temporais**. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC’, 15 a 18 de setembro de 2015 - Fortaleza-CE, Brasil.

PAUWELS, Valentijn R.N., Niko E.C. VERHOEST & François P. De TROCH. “A metahillslope model based on an analytical solution to a linearized Boussinesq equation for temporally variable recharge rates”. **Water Resources Research**, n.38, p. 1297-1310, 2002.

PERNAMBUCO (2006). **Bacia Hidrográfica do Rio Una, GL4 e GI 5**. SEPLAN, Recife, 84p.

PERNAMBUCO (2011). **Relatório de Monitoramento da Qualidade da Água de Bacias Hidrográficas do Estado de Pernambuco em 2010**. Agência Estadual de Meio Ambiente, Recife, 100p.

PINTO, J. A. O. **Avaliação de métodos para a Regionalização de curvas de Permanência de vazões para a bacia do Rio das velhas**. (Dissertação) – Programa de Pós-Graduação em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos – Universidade Federal de Minas Gerais. 2006.

PIZAIA, Márcia G.; MACHADO, Bernardo P.; JUNGLES, Antonio E. **A cobrança do uso da água e estimação da função demanda residencial de água**. *Rev. Adm. Pública*, v. 36, n. 6, p. 847-77, 2002.

PORTELA, M. M. **Modelação Hidrológica**. Instituto Superior Técnico. Lisboa, 2006.

PRUSKI, F.F.; BRANDÃO, V.S.; SILVA, D.D. **Escoamento superficial**. Viçosa: UFV, 2003. 88 p.

RAMOS, C. L., *et al.* **Diretrizes Básicas para Projetos de Drenagem Urbana no Município de São Paulo**. Fundação Centro Tecnológico de Hidráulica – FCTH, 1999.

RAMOS, MARILENE. **Gestão de recursos hídricos e cobrança pelo uso da água**. Rio de Janeiro: Fundação Getulio Vargas — Ebap, p. 1-61, mar. 2007.

REBOUÇAS, A. C. **Água doce no mundo e no Brasil**. *In*: REBOUÇAS, A. C. et al. (orgs.) **Águas Doces no Brasil – Capital Ecológico, Uso e Conservação**. São Paulo: Escrituras, 2002. 2ª ed. Revisada e ampliada.

RIBEIRO, C. R. **Avaliação da sustentabilidade hídrica do município de Juiz de Fora/MG: um subsídio à gestão sustentável dos recursos hídricos em âmbito municipal**, 2009.

SEMA. Secretaria de Estado de Meio Ambiente: **Manual para usuários: outorga de direito de uso de recursos hídricos**, Belém, 2014.

SOMLYODY, L; VARIS, O. Freshwater under pressure. **International Review for Environmental Strategies**, v.6, n.2, p.181-204, 2006.

SKLASH, M.G., FARVELDEN, R.N. **The role of groundwater in storm runoff**. *J. Hydrol.*, Amsterdam, v.43, p.646-665, 1979.

SMAKHTIN, V.U. **Low flow hydrology: a review**. **Journal of Hydrology**. 240, pp. 147-186, 2001.

SPERLING, M. V. **Estudos e modelagem da qualidade da água de rios: princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. 1. ed. Belo Horizonte: UFMG, 2007. 196 pp.

SRHE - Secretaria de Recursos Hídricos e Energéticos do Estado de Pernambuco. Bacia Hidrográfica do Rio Una e Grupos de Bacias de Pequenos Rios Litorâneos 4 E 5 - GL4 E GL5. Acesso em junho de 2016. Disponível em:

<www.srhe.pe.gov.br/documentos/PDF_Mapas/Bacias/Una_GL4_GL5_atlas2006.pdf>

STUCKEY, M. H. **Low flow, base flow, and mean flow regression equations for Pennsylvania streams**. US Geological Survey Scientific Investigations Report 5130, 2006.

TUCCI, C. E. M. Águas Urbanas. PP. 97-112. **Estudos Avançados**. Vol. 22 (63) USP 336 pp. 2008.

TUCCI, C. E. M.; BRAGA B. (orgs.) **Clima e Recursos Hídricos no Brasil**. ABRH. 2003.

TUCCI, C. E. M. **Escoamento Superficial. Hidrologia Ciência e Aplicação**. Tucci, C. E. M. (org.). Ed. da Universidade. ABRH. EDUSP. 2012. Porto Alegre.

TUCCI, C. E. M. **Hidrologia: Ciência e aplicação**. Porto Alegre: UFRGS, 2009. 944p.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2 ed. Porto Alegre: UFRGS: ABRH. 2001. 943 p.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia: Ciência e Aplicação**. 3a ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS/ABRH, 2004.

TUCCI, C. E. M.; CLARKE, R. T. **Impacto das mudanças de cobertura vegetal no escoamento: Revisão**. Revista Brasileira de Recursos Hídricos. v. 2. n.1. p. 135-152, 1997.

TUCCI, C. E. M.; MENDES A. C. **Avaliação Ambiental Integrada de Bacia Hidrográfica**. MMA. PNUD. P.311. 2006.

TUCCI, E. M. C. Recursos hidrológicos e os impactos do uso do solo. pp. 31- 76. In: Tucci C. E. M. Braga B. (organizadores). **Clima e recursos hídricos no Brasil**. ABRH ANA GWP Fórum Brasileiro de Mudanças Climáticas. 348 pp. 2003.

TUCCI, C. E. M. 2010. Urbanização e Recursos Hídricos. pp. 113-128. In BICUDO, C. E. M. et al. (orgs.) **Águas do Brasil. Análises Estratégicas**. Academia Brasileira de Ciências; Secretaria do Meio Ambiente. Estado de São Paulo. 222 pp. 2010.

TUNDISI, J. G; MATSUMURA-TUNDISI T. **Recursos Hídricos no Século 21**. Oficina de textos. 328 pp. 2011.

TUNDISI, J. G. Water Programme: bridging water research, innovation and management: enhancing global water management capacity. In: **Integrated water resources management**. Royal Scientific Society Jordan, IAP Water Programme, WAITRO. p 1-10. 2009.

UNESCO. **Água para todos, água para la vida**. Paris, 2003. 36 p.

USACE-HEC. “**Hydrologic Modeling System, HEC-HMS – Applications Guide**”, US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, March 2008.

WHIPKEY, R.Z., KIRKBY, M.J. **Flow within the soil in hillslope hydrology**. KIRBY, M.J. (ed). Norwich: Jonh Wiley & Sons, 1979. 389 p.