

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA

CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS

ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

**AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE ATENDIMENTO
DA DEMANDA HÍDRICA LOCAL PELO
RESERVATÓRIO DA BARRAGEM DO BRAGA,
VARZEDO – BA**

DIEGO BARRETO DE ALMEIDA

CRUZ DAS ALMAS, 2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS
ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

**AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE ATENDIMENTO
DA DEMANDA HÍDRICA LOCAL PELO
RESERVATÓRIO DA BARRAGEM DO BRAGA,
VARZEDO – BA**

Trabalho de conclusão de curso
apresentado à Universidade Federal do Recôncavo
da Bahia como parte dos requisitos para obtenção
do título de Bacharel em Engenharia Sanitária e
Ambiental.

Orientador (a): Prof (a). Dr (a). Andrea Sousa Fontes.

DIEGO BARRETO DE ALMEIDA

CRUZ DAS ALMAS, 2016

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RECÔNCAVO DA BAHIA

CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLÓGICAS

ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

**AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE ATENDIMENTO DA DEMANDA HÍDRICA
LOCAL PELO RESERVATÓRIO DA BARRAGEM DO BRAGA, VARZEDO – BA**

Aprovado em: ____/____/____

EXAMINADORES:

Prof. Dra. Andrea Sousa Fontes

Prof. Dr. Paulo Romero Guimarães Serrano de Andrade

Prof^a. Dra. Rosa Alencar Santana de Almeida

DIEGO BARRETO DE ALMEIDA

CRUZ DAS ALMAS, 2016

AGRADECIMENTOS

É hora de eternizar agradecimentos, primeiramente a **Deus**, por todos os objetivos alcançados e etapas vencidas. Por me dar forças, coragem e sabedoria para superar todos obstáculos e dificuldades.

A **minha família**, pelo carinho, amor, apoio, confiança e incentivo. Vocês são os meus melhores exemplos. Obrigado minha avó (**Nenem**), meus padrinhos (**Noel e Vanda**), minhas irmãs (**Vive e Juce**), meus primos (**Daniel**, Klive, Rafael, Rodrigo, Roberto e Wilian) pela força na pesquisa de campo e principalmente a meus pais (**Macinho e Enia**), que sempre estiveram do meu lado, e o que posso falar a eles neste instante é muito abrigado pelo exemplo que vocês são para mim.

A **minha orientadora Andrea**, por toda contribuição dada neste período tão difícil da minha vida acadêmica e por ser um exemplo de profissional a ser seguido por todos, principalmente por mim. Obrigado pela confiança, dedicação, orientação, paciência com minha pessoa e pelo carinho.

A todos os **meus amigos**, principalmente aos eternos **Jovens**.

A todos os **Professores**, por todo conhecimento compartilhado durante a período acadêmica e por contribuírem pelo meu crescimento pessoal e profissional.

Espero honrar não apenas o conhecimento adquirido, mas também a confiança em mim depositada por todos citados acima e poder contribuir para uma sociedade um pouco melhor, sendo um Engenheiro sensível às necessidades humanas.

AVALIAÇÃO DA CAPACIDADE DE ATENDIMENTO DA DEMANDA HÍDRICA LOCAL PELO RESERVATÓRIO DA BARRAGEM DO BRAGA, VARZEDO – BA

RESUMO

A falta de dados sobre as pequenas bacias hidrográficas é um cenário comum em todo o Brasil, o que dificulta estudos de disponibilidade hídrica de regiões específicas. No caso de abastecimento rural, que na maioria das vezes utiliza sistemas alternativos de abastecimento de água para suprir as demandas, o estudo do manancial usado é deficiente por falta de informações hidrológicas específicas para a área. Nesse contexto se insere a barragem do Braga em Varzedo-Ba, pequeno barramento construído pela própria comunidade em manancial sem monitoramento e responsável pelo abastecimento das comunidades do Braga, Melado I e Melado II. Diante da importância desse aproveitamento hidráulico para a região e semelhança de situação no cenário de saneamento rural, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a disponibilidade hídrica do reservatório da barragem do Braga no período atual do estudo e em cenários de seca hídrica, tomando como base a seca ocorrida em 2012 na região. Para o estudo foram realizadas pesquisas no campo e levantamento de dados hidrológicos. Com isso, realizou-se o balanço hídrico do reservatório analisando as demandas por água (domestica, irrigação e dessedentação animal) das comunidades. Os resultados que o reservatório da barragem do Braga consegue abastecer as demandas atuais em períodos de chuvas regulares, mas em caso de seca hidrológica ele chega a atingir mais de 35% do tempo simulado, o nível correspondente ao volume morto, sendo impraticável fornecer água para a população.

Palavras-chave: disponibilidade hídrica, abastecimento rural, operação de reservatório.

LISTA DE FIGURA

Figura 1 - Período de recessão ou estiagem em um fluviograma.....	17
Figura 2 - Demanda de água mundial.....	20
Figura 3 - Representação esquemática das entradas e saídas de água em um reservatório	24
Figura 4 - Fluxograma das etapas metodológicas.....	29
Figura 5 - Remanescente da Mata Atlântica na Serra da Jiboia, agosto de 2015.....	30
Figura 6 - Nascente do riacho do Malacacheta.....	31
Figura 7 - Riacho do Malacacheta à jusante da barragem, agosto de 2015.....	31
Figura 8 - Barragem do Braga com nível máximo em seu reservatório.....	32
Figura 9 - Registro da limpeza da barragem e local da saída descarga de fundo.....	33
Figura 10 - Barragem vazia para limpeza, em março de 2013.....	33
Figura 11 - Croqui das redes hidráulicas que abastece as comunidades.....	34
Figura 12 - Local da tomada d'água das redes na barragem do Braga, março de 2013.....	35
Figura 13 - Vista aérea da comunidade do Melado I.....	35
Figura 14 - Reservatório de uma casa na comunidade do Melado I.....	36
Figura 15 - Estruturação da modelagem.....	43
Figura 16 - Sequência da estruturação da modelagem.....	44
Figura 17 - Comparação da precipitação entre as cidades de Varzedo e Cruz das Almas.....	46
Figura 18 - Precipitação anual em Cruz das Almas.....	47
Figura 19 - Calculo da área da seção transversal.....	48
Figura 20 - Bacia hidráulica do reservatório da barragem do Braga.....	49
Figura 21 - Calibração do modelo.....	52
Figura 22 - Verificação do modelo.....	52
Figura 23 - Curva de permanência do riacho do Malacacheta.....	52
Figura 24 - Série de Vazão simulada do riacho do Malacacheta em 2015.....	53
Figura 25 -Precipitação do período estudado.....	53
Figura 26 - Volumes simulados diários do reservatório da barragem do Braga no cenário 1.....	54
Figura 27 - Volumes simulados diários do reservatório da barragem do Braga no cenário 2.....	55
Figura 28 - Volumes simulados diários do reservatório da barragem do Braga no cenário 3.....	56
Figura 29 -Volumes simulados diários do reservatório da barragem do Braga no cenário 4.....	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Cota x área x volume do reservatório da barragem do Braga.....	32
Tabela 3 - Dados de evaporação potencial dos dias de cada mês (mm).....	46
Tabela 4 - Vazão medida a jusante da barragem do Braga.	48
Tabela 5 - Curva CAV do reservatório da barragem do Braga.	49
Tabela 6 - Valores das demandas.	50
Tabela 7 - Valores iniciais e calibrado dos coeficientes K_b e C_{inf}	50
Tabela 8 - Demonstração da tabela do modelo de Silveira.	51
Tabela 9 – Estado do reservatório da barragem do Braga esteve ao decorrer do tempo.	54
Tabela 10 - Estado do reservatório da barragem do Braga esteve ao decorrer do tempo.	55
Tabela 11 - Estado do reservatório da barragem do Braga esteve ao decorrer do tempo.	55
Tabela 12 - Estado que a barragem do Braga esteve ao decorrer do tempo.	56

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Média de moradores por residência no Brasil em 1991.....	39
Quadro 2 - Consumo médio per capita, para população dotada de ligações domiciliares.....	39
Quadro 3 - Consumo de água na irrigação.	40
Quadro 4 - Consumo de água animal.	40
Quadro 5 - Cenários.	45

LISTA DE SIGLAS

ANA – Agência Nacional de Águas

CAV – Curva Cota x Área x Volume

CNRH – Conselho Nacional de Recursos Hídricos

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia

MMA – Ministério do Meio Ambiente

OMM – Organização Mundial de Meteorologia

PERH – Plano Estadual de Recursos Hídricos

SRH – Superintendência de Recursos Hídricos

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. OBJETIVOS	14
2.1. Geral	14
2.2. Específico	14
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1. Disponibilidade Hídrica	15
3.2. Medição de Vazão	18
3.3. Demanda Hídrica	20
3.4. Reservatórios e Barragens	22
3.4.1. Balanço hídrico em reservatórios	23
3.4.2. Operação de pequenos reservatórios	25
3.5. Pequenas bacias hidrográficas	26
3.6. Modelagem hidrológica em pequenas bacias hidrográficas	27
4. MATERIAL E MÉTODOS	29
4.1. Caracterização da área de estudo	29
4.1.1. Rio	30
4.1.2. Barragem e reservatório	32
4.1.3. Rede de Distribuição	34
4.1.4. Abastecimento das Comunidades	35
4.2. Levantamento dos dados	37
4.2.1. Precipitação e Evaporação	37
4.2.2. Medição de vazão pelo método do flutuador	37
4.2.3. Curva cota, área e volume	38
4.2.4. Dados socioeconômicas	38
4.3. Geração de série diária de vazões na área de estudo	40
4.3.1. Estrutura do modelo (formulação)	41
4.4. Simulação do balanço hídrico para diferentes cenários	45
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
5.1. Análise do comportamento da chuva e evaporação	46
5.2. Cálculo da vazão do riacho Malacacheta	47
5.3. Curva cota, área e volume	48
5.4. Dados socioeconômicas	50
5.5. Modelagem hidrológica – chuva x vazão	50

5.6. Simulação do balanço hídrico no reservatório _____	53
6. CONCLUSÃO _____	58
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS _____	60
APÊNDICES _____	63

1. INTRODUÇÃO

Na atualidade a situação de disponibilidades e demandas de água mostram que, na maior parcela do território brasileiro, não existe déficit de recursos hídricos. No entanto, numa escala mais regional, percebe-se a existência de condições críticas seja pela variabilidade hídrica na escala temporal ou espacial. Com isso, a falta de água em anos mais secos, que ocorre em algumas regiões, para o atendimento dos diversos usos da água é cenário que vem sendo frequentemente relatado (TUCCI, 2000). Além disso, a água é um recurso natural que vem sofrendo degradação qualitativa que interfere na sua disponibilidade para uso humano e animal (FRANCISCO e CARVALHO, 2004).

O abastecimento de água para os diversos usos depende dos mananciais superficiais e subterrâneos de água doce que precisam fornecer regularmente a vazão da demanda. Para essa captação de água, muitas vezes são necessárias obras hidráulicas e conhecimento dos mananciais disponíveis. Devido a variabilidade natural de um rio, muitas vezes se faz necessário armazenar água do período úmido para utilizá-la no seco, ou ainda intervenções para elevação do nível para possibilitar a captação.

Quando se trata de abastecimento de água em áreas rurais, destaca-se também a dificuldade inerente a existência de residências distantes umas das outras e falta de subsídios para o manejo adequado dos recursos hídricos, que raramente chegam até a zona rural. Isso reflete em propostas e soluções localizadas, implementadas pela própria comunidade.

Segundo Alencar (2013), para populações difusas pequenos reservatórios (os chamados açudes) servem principalmente para garantir o abastecimento durante a estação seca. No entanto, a água de açude pode ser mais bem aproveitada, pois além do abastecimento humano e animal, os pequenos e médios açudes também podem ser utilizados para a agricultura.

As soluções impostas pelas próprias comunidades rurais são na maioria das vezes sem embasamento de estudos de disponibilidades hídricas e tratam de forma experimental a exploração dos mananciais e decisões de incrementos do atendimento as demandas. Isso devido à falta de monitoramento quando se analisa esse procedimento considerando a variabilidade espacial e temporal do comportamento hídrico do rio. Essas intervenções envolvem barragem para armazenamento e para elevação do nível e perfuração de poços.

No entanto, o estudo de disponibilidades hídricas em pequenas bacias é condição necessária para a avaliação de aproveitamentos de recursos hídricos, preservação ambiental e instrução de processos para a outorga de uso da água. A ausência de dados dos pequenos mananciais introduz

grandes incertezas nas avaliações (SILVEIRA, 1998). Assim o manejo da água em zonas rurais precisa ser tratado de maneira mais criteriosa e racional.

Nesse contexto estão inseridas as comunidades rurais do Braga, Melado I e Melado II no município de Varzedo-Ba, que contam com um pequeno barramento e sistema adutor projetado e construído pela comunidade como forma de garantir o atendimento as demandas hídricas das famílias residentes.

O reservatório formado pela barragem do Braga é um empreendimento de pequeno porte, com área de drenagem classificada da mesma forma, que vem suprimindo as necessidades hídricas da população das comunidades do Braga, Melado I e Melado II, com exceção de períodos de muita seca, como ocorrido em 2012.

Esse açude vem fornecendo água às três comunidades há mais de duas décadas e jamais contou com estudo sobre o seu desempenho operacional. Aliado a esse fato, tem-se que a operação e a manutenção da barragem são feitas pelos próprios moradores da região. Por isso, surge a necessidade de se obter dados e informações sobre este empreendimento hidráulico, que ajuda muitas famílias a ter acesso a água, bem tão essencial. Assim a elaboração deste trabalho tem um papel importante tanto para a preservação do manancial quanto para a população da região escolhida.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Este trabalho tem como objetivo avaliar as disponibilidades hídricas do reservatório da barragem do Braga, de pequeno porte, que atende o abastecimento das comunidades do Braga, Melado I e Melado II, no município de Varzedo-BA em caso de seca hídrica na região.

2.2. Específico

- Identificar a demanda por água das três comunidades do Braga, Melado I e Melado II.
- Caracterizar a disponibilidade hídrica do reservatório da barragem do Braga.
- Avaliar o balanço hídrico do reservatório da barragem do Braga considerando a demanda hídrica e pluviosidade em 2015.
- Avaliar o balanço hídrico do reservatório da barragem do Braga considerando a demanda hídrica em cenário de baixa pluviosidade.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Disponibilidade Hídrica

A disponibilidade hídrica provém da parcela da vazão que pode ser usada para o desenvolvimento da sociedade sem afetar negativamente o meio ambiente aquático (CRUZ, 2008).

Entender a geração do escoamento superficial é importante para conhecer a quantidade de água que pode ser utilizada para atendimento a diversas demandas de uma região, uma vez que a vazão é a integração de todas as características físicas em uma bacia hidrográfica e os componentes do ciclo hidrológico. Assim, no início da precipitação pluviométrica, uma parcela da água é interceptada pela vegetação, outra infiltra no solo e uma parte pode ser retida em depressões da superfície do terreno. Se a duração da chuva continuar, após o preenchimento dessas depressões, terá início o escoamento superficial. Desta forma, a água que escoar sob a superfície do solo, sem infiltrar, compõe os córregos, rios, ribeirões, lagos e reservatórios (ALENCAR, 2006).

Quando acontece a precipitação sobre uma bacia hidrográfica, surge uma vazão no tempo, que pode escorrer superficialmente ou infiltrar no solo. Isso depende das interações entre o uso e o tipo do solo, morfologia e geologia da bacia hidrográfica (CRUZ, 2008).

Segundo Paiva e Paiva (2001) o solo é composto por partículas sólidas e por vazios, onde esses podem ser preenchidos por água. Assim quando há este preenchimento de todos os vazios do solo com água chama-se de zona saturada, e isso caracteriza a existência do aquífero ou lençol freático.

Para os autores, durante a chuva pode ocorrer a interação entre as águas superficiais e as águas subterrâneas, onde parte do volume precipitado escoar pela superfície e a outra parte penetra no solo pelo processo de infiltração. Logo após uma chuva, a descarga de base que abastece o rio com a água do subsolo possui nível elevado. Já quando acontece uma estiagem, essa água do aquífero abastece um rio perene, mas com um nível menor, e assim continua diminuindo ao decorrer do período seco. Esse período pode ser chamado de recessão do escoamento e é a base de definição da disponibilidade hídrica do manancial.

A recarga natural dos aquíferos depende essencialmente da quantidade de chuvas (regime pluviométrico) e do equilíbrio que se estabelece entre o escoamento, infiltração e evaporação. Assim, à natureza do solo, a topografia da área e a situação atual da cobertura vegetal, possuem papel fundamental na recarga dos aquíferos. Os aquíferos são reabastecidos por meio de

infiltração direta das águas, onde essa recarga geralmente ocorre em altos topográficos (morros, serras) e afloramentos de rochas sedimentares na superfície do solo/rocha. São áreas extremamente importantes em função do tipo de efluente considerado, das condições hidrogeológicas e dos usos previstos (BARBOSA, 2008). Dessa forma, é preciso que estas áreas sejam protegidas, evitando-se o uso incorreto dos solos, o desmatamento e a ocorrência de atividades potencialmente poluidoras.

A variabilidade tanto na qualidade quanto na quantidade da água disponível, em uma escala temporal e espacial. Isso ressalta a necessidade de permanente quantificação de descargas líquidas buscando o entendimento da sazonalidade e magnitude natural da vazão de um rio e a previsão de eventos futuros. Assim, a determinação de séries de dados hidrológicos confiáveis é importante para construção de projetos de reservatórios, canais, estações elevatórias, vertedores e outras obras hidráulicas (PAIVA E PAIVA, 2001).

Segundo Paiva e Paiva (2001) a representação para a disponibilidade hídrica máxima de um manancial é a vazão média, sendo adequada para a verificação da necessidade de regularização de um rio, ou seja, permite analisar os valores máximos do uso da água de um possível manancial com e sem intervenções.

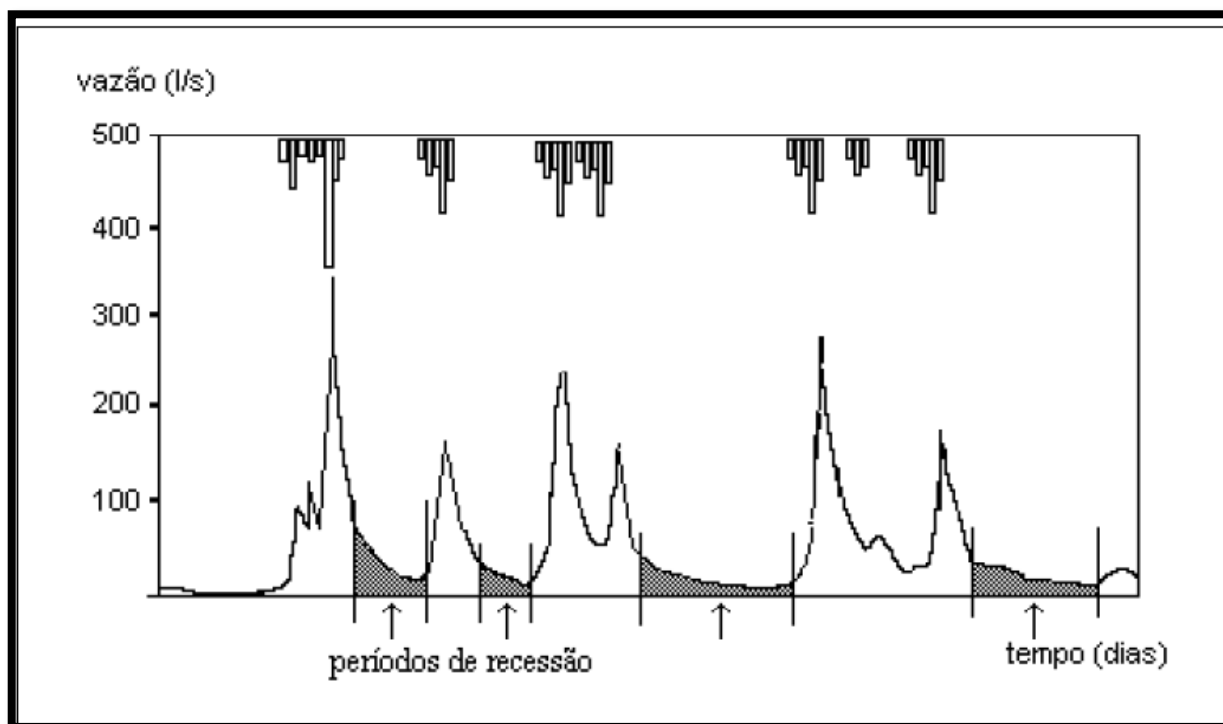
Segundo Paiva e Paiva (2001) a vazão média pode ser entendida de acordo com os valores usados no seu cálculo, pois a vazão média de um determinado mês é obtida com os valores medidos somente no mês estudado, dos diferentes anos. Já a vazão média considerando todo o período estudado é chamada de vazão média de longo período, sendo definida como a média das vazões da série disponível em um local.

O estudo da vazão mínima de uma bacia é também extremamente importante para determinação da disponibilidade hídrica, pois está diretamente ligada a períodos críticos da oferta d'água, ou seja, pouca água no curso d'água para atender a demanda. Além disso, a avaliação do aproveitamento de mananciais, como sistema de irrigação, hidrelétricas e abastecimento humano, está imediatamente ligada a vazão mínima. Esta ocorre em tempos de estiagem, onde as reservas do subsolo afloram abastecendo as fontes e o fundo dos rios (PAIVA E PAIVA, 2001).

Para o autor referido, as vazões mínimas são estudadas de acordo com medidas fluviométricas, assim é feito um registro temporal com o que uma bacia pode produzir de água. Este processo é transferido para um gráfico que é chamado de fluviograma ou hidrograma, onde é mostrado uma série cronológica das vazões, explicitando uma sucessão de cheias e estiagens. A Figura 1

mostra um exemplo de fluviograma com destaque aos períodos de recessão, quando revela o esvaziamento do aquífero.

Figura 1 - Período de recessão ou estiagem em um fluviograma.



(Fonte: SILVEIRA, 1998)

É comum que as vazões médias e mínimas sejam relacionadas com o tempo em que elas permanecem no rio (tempo de permanência Q_{50} e Q_{95} respectivamente), ou seja, que está presente no rio 50% do tempo (mediana) e 95% do tempo (mínima). Esses valores são obtidos pela curva de permanência das vazões do rio.

A curva de permanência de vazão é construída a partir das vazões médias observadas diariamente, semanalmente, mensalmente ou até anualmente. Porém, é encontrada diferente curva de permanência para cada intervalo de tempo medido em um determinado rio. Com isso, a escolha do período a ser usado para determinar a curva de permanência vem da necessidade de menor ou maior precisão no estudo (PAIVA E PAIVA, 2001).

Cruz (2008) ressalta que o reconhecimento dos intervalos de confiança das vazões de permanência possibilita o controle da quantidade do recurso hídrico que possa vir a ser utilizado. A variabilidade da amplitude dos intervalos de confiança da informação de disponibilidade hídrica, pode indicar o período em que poderá usar uma quantidade de água mais elevada e também a situação em que deverá diminuir a quantidade de água no uso (acionamento da água), dessa forma, facilita a tarefa de planejamento dos recursos hídricos.

Uma vez que a disponibilidade é definida por vazões características do período de estiagem, o uso de informações de vazões de amostragens específicas, nesses períodos (com ausência de escoamento superficial causado pela chuva), pode caracterizar uma maior confiabilidade nos resultados de técnicas de estimativa de vazões mínimas. Com isso, Silveira (1998), propôs um método que aproveita informações obtidas com o monitoramento das pequenas vazões durante as estiagens, para mostrar o decaimento das vazões, fundamentando-se no princípio de que o deplecionamento fluvial é uma característica fundamental da bacia hidrográfica depois de cessada a precipitação.

Silveira (1998), apresentou um método de avaliação da disponibilidade hídrica com poucas medições de vazões em um período de estiagem. Esse modelo foi testado com dados de algumas pequenas bacias experimentais, que simula a ocorrência do processo chuva-vazão.

O monitoramento hidrológico, com a determinação da disponibilidade hídrica das diferentes regiões do país é de fundamental importância para a Gestão dos Recursos Hídricos, entretanto cabe ressaltar que a vazão de um rio, obtida pelos métodos convencionais, com molinetes podem ser bastante demoradas e necessitar de um grande esforço físico das equipes de campo (CIDREIRA, 2014).

3.2. Medição de Vazão

As medições de vazão em rios são realizadas a partir da determinação da velocidade média de escoamento da água numa seção de área conhecida. Esses métodos de determinação de vazão são chamados de Métodos Convencionais, com uso muito propagado e consolidado em vários países e empregado no Brasil de forma sistemática na operação da Rede Hidrométrica Básica Nacional. A medição de vazão em rios consiste numa tarefa bastante árdua e em muitas vezes demorada.

De acordo com Santos (2001), na hidrometria medição de vazão é todo processo empírico usado para determinar a vazão de um rio qualquer, onde a vazão de um curso d'água é dado pelo volume de água que passa em uma seção transversal na unidade de tempo.

Essa medição envolve algumas grandezas características do escoamento na seção como área, largura, raio hidráulico, perímetro molhado e profundidade, que são variáveis geométricas da seção. Também há as grandezas referentes ao escoamento que são velocidade e vazão, juntamente com as coordenadas de cada ponto de medição da velocidade (CIDREIRA, 2014).

Os métodos mais utilizados para essa medição são:

- Medição de vazão com molinete

A medição convencional com molinete é utilizada no mundo inteiro para a determinação de vazão de um rio. Esse método consiste em determinar a velocidade média do fluxo, realizando a medição com o molinete hidrométrico em vários pontos com diferentes profundidades, que determinará a velocidade média na vertical. Além disso, também é necessário obter a área da seção, medindo a largura do rio e a profundidade em um número significativo de pontos ao longo da seção. E para determinar a vazão usa-se a Equação (1) (SANTOS, 2001).

$$Q = V_{méd} * A \quad (1)$$

Onde: Q = Vazão;

$V_{méd}$ = Velocidade média;

A = Área.

- Método acústico

O método acústico possui o mesmo princípio da medição com molinete, com a integração de áreas e velocidades, onde estas informações são obtidas pela análise do eco de pulsos de ultrassom (ondas acústicas de alta frequência) que são refletidas pelas partículas sólidas em suspensão na água e pela superfície sólida do fundo do rio. Com isso é feita a batimetria, o levantamento da trajetória de travessia e dos perfis e direção de velocidade, realizando a travessia do canal com uma embarcação na qual é fixado o instrumento de medição. (SANTOS, 2001)

- Método volumétrico

Segundo Santos et al (2001) este consiste em determinar a vazão medindo o tempo necessário para encher um reservatório de volume conhecido. Em caso de o volume do reservatório ser realmente conhecido com exatidão, é o método mais preciso de todos, mas o seu emprego é bastante limitado.

- Método de dispositivos regulares (calha parshall e vertedores)

Pode-se medir vazão utilizando dispositivos de geometria simples e bem definidas, como no caso dos vertedores e das calhas parshall, onde a relação cota-vazão é determinada por via teórica ou em ensaios de laboratórios.

- Método do flutuador

O método do flutuador resume-se na determinação da velocidade de deslocamento de um corpo flutuante, onde se mede o tempo que o mesmo leva para se deslocar em trecho de um curso d'água de comprimento conhecido.

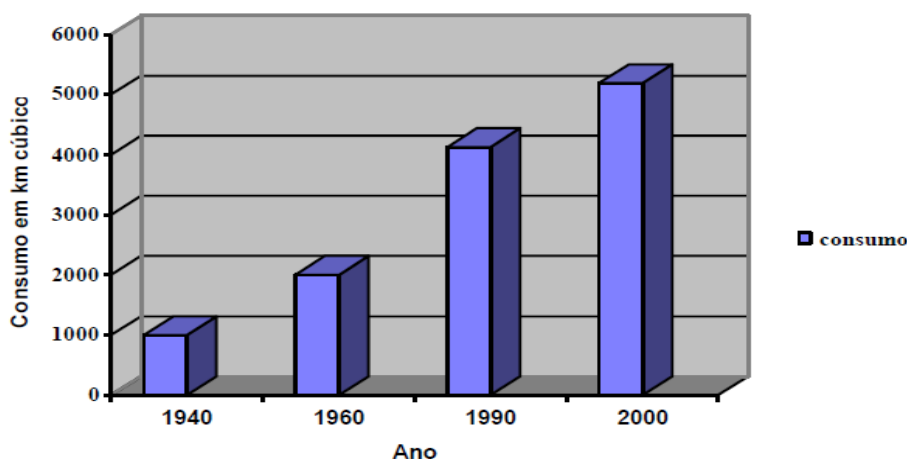
De acordo com Santos (2001) este método é usado normalmente quando não se tem outros dispositivos como molinete e/ou outros equipamentos necessários para a prática da medição de vazão por algum processo mais exato. O trecho escolhido para medição da vazão não deve ter curvas, precisa ter no mínimo 15 cm de profundidade e não ser uma área de águas paradas, ou turbulentas, corredeiras desobstruídas são ideais (PALHARES, 2007).

3.3. Demanda Hídrica

Com o aumento da população, a demanda por água também cresce, já a quantidade de água na Terra permanece constante no ciclo hidrológico do planeta. A quantidade de água necessária para a produção das atividades humanas, tanto para processo de fabricação de produtos quanto para abastecimento de água propriamente dito, aumenta significativamente ano após ano no Brasil (LEONETI, 2010). A figura 2 apresenta a demanda de água no mundo.

Figura 3.1 – Demanda de água mundial.

Figura 2 - Demanda de água mundial.



Fonte: (Água doce do Brasil, 1999 *apud* BRANCO, 2006)

Segundo Lima (2001) a cultura do desperdício da água disponível foi segura por muito tempo pela ideia de abundância, acontecendo então, a não proteção e a falta de investimento para o uso eficiente e sustentável dos recursos hídricos. Com isso, vieram os problemas da escassez hídrica, tendo como base a degradação da qualidade das águas e também o aumento exagerado

na demanda. Sendo uma consequência dos processos de industrialização, expansão agrícola e urbanização, fatos ocorridos a partir da década de 1950.

De acordo com Setti (2001) as demandas relacionadas às águas têm um crescimento significativo com o desenvolvimento econômico, tanto no que se trata do aumento da quantidade demandada para um uso, quanto no que se trata à variedade dessas utilizações. Antes, a água era utilizada normalmente para usos domésticos, criação de animais e alguns usos agrícolas. A medida que a sociedade se desenvolveu, foram surgindo outras necessidades, disputando águas muitas vezes escassas, assim os conflitos entre os usuários foram aparecendo. Existem três possibilidades de utilização da água:

- Consuntivo – trata-se dos usos onde a água é retirada de sua fonte natural reduzindo suas disponibilidades quantitativas, espacial e temporalmente;
- Não-consuntivo – trata-se dos usos onde a água retornam à fonte de suprimento, praticamente em sua totalidade, podendo ocorrer modificação no seu padrão temporal de disponibilidade quantitativa;
- Local – trata-se dos usos que aproveitam a disponibilidade de água em sua fonte sem modificação relevante, espacial ou temporal, de disponibilidade quantitativa.

Segundo Setti (2001) o aumento da demanda de água vem ocasionando problemas aos recursos hídricos em grande parte do mundo. Em alguns casos, o uso indiscriminado da água tem chegado até a extinção de rios, açudes, lagos e aquíferos subterrâneos. Lamentavelmente, grande parte da água retirada da natureza para as atividades humanas, é utilizada de maneira muito ineficaz.

Para o referido autor o abastecimento de água encanada na zona rural, só atinge 9% da população, pois grande parte das pessoas residentes nessas localidades usam poços e nascentes para o seu consumo de água. Diante disso, é importante esclarecer que a ausência de abastecimento de água potável e de coleta de águas residuárias são notáveis nessas áreas.

O suprimento de alimentos é uma prioridade mundial que impulsiona o setor do agronegócio e exige um aumento constante da produção agrícola, ocasionando crescimento no consumo de água e conseqüentemente o déficit hídrico em zonas rurais, onde existem tais empreendimentos. Porém, o aumento na produção de alimento não ocorre na mesma proporção que as ações necessárias à gestão sustentável dos recursos hídricos. Além disso, na zona rural, o déficit hídrico resulta também de uma situação onde os agricultores não utilizam a água de maneira correta (CONCEIÇÃO, VIANNA E BACIC, 2013), seja por falta de informação, ou de

conhecimento sobre a resposta hídrica do manancial explorado, o que dificulta gestão, gerenciamento e planejamento do recurso hídrico.

Em algumas regiões brasileiras acontecem conflitos entre o uso da água para agricultura e o abastecimento humano, principalmente quando a demanda é muito expressiva como, para irrigação por inundação. No entanto, é preciso aumentar a eficiência dos sistemas de irrigação e gerir adequadamente os efluentes agrícolas para se evitar a contaminação (TUCCI, 2000).

O desenvolvimento rural está relacionado com a disponibilidade hídrica. Fato esse que ocorre nas regiões secas do Nordeste, onde a viabilidade do desenvolvimento econômico depende, essencialmente, da disponibilidade de água. Devido ao alto custo dos projetos para o fornecimento de água, a tendência é que, na região, o uso agrícola seja voltado para produtos de maior lucro e para agricultura de subsistência em menor escala. No entanto, esses empreendimentos exigem uma regularização da água sem falhas durante longos períodos, pois o plantio é permanente e não pode ocorrer risco de morte da planta (TUCCI, 2000). O uso de intervenções como pequenos barramentos é necessário.

Alencar (2016) ressalta no contexto de abastecimento de população difusas em zonas rurais que a participação individual no gerenciamento dos recursos hídricos é a etapa inicial para que a sociedade passe a integrar o processo decisório. Isso representa a importância do envolvimento das comunidades rurais na adequada utilização desses recursos hídricos com a preocupação na disponibilidade hídrica e na boa qualidade da água, uma vez que as políticas públicas não conseguem atender todas as necessidades dessas populações.

3.4. Reservatórios e Barragens

Uma barragem pode ser conceituada como uma obra civil, construída no leito de um rio, para represar suas águas para usos posteriores (AMORIM, 2006). O objetivo maior a se alcançar com a construção de uma barragem, em uma bacia hidrográfica é a constante otimização do uso dos recursos hídricos superficiais. A ELETROBRÁS (2000) observa que a estrutura de uma barragem é construída com a função de represar água, buscando, com a elevação do nível d'água do rio, possibilitar a alimentação da tomada d'água.

Segundo a Resolução N° 143 de 2012 do CNRH, barragem é “qualquer estrutura em um curso permanente ou temporário de água para fins de contenção ou acumulação de substâncias líquidas ou de misturas de líquidos e sólidos, compreendendo o barramento e as estruturas associadas”. Essa mesma legislação define reservatório como “acumulação não natural de água, de substâncias líquidas ou de mistura de líquidos e sólidos”.

Uma barragem é uma obra de engenharia bastante complexa, onde envolve não só profissionais de Hidráulica e Hidrologia como também topógrafos, geólogos e estruturalistas entre outros. Além de trabalhar com a conscientização das questões ambientais, com atuação dos profissionais ligados ao meio ambiente, que vem crescendo cada vez mais (BAPTISTA, 2010).

A disponibilidade de água por armazenamento em pequenos reservatórios e o rendimento de grandes reservatórios são fortemente sensíveis às alterações climáticas. Além disso, a disponibilidade de água pode reduzir pela metade devido à mudança climática, indicando que pequenos reservatórios só poderiam fornecer água de forma sustentável (KROL, 2011).

Pequenas barragens quase sempre estão associadas a reservatórios com pequeno volume, operando a fio d'água, e são estruturas não assistidas e sem dados operacionais. Entretanto, encontra-se em operação no Brasil um grande número de pequenas barragens pertencentes a vários proprietários. Essas barragens têm, em sua maioria, finalidades como açudagem, irrigação e abastecimento humano (PIERRE, 2003).

No Nordeste são utilizados diversos termos para nomear um reservatório de água superficial (tanque, açudeco, barreiro, açude, barragem, represa e outros) que vão de capacidade de armazenamento de centenas ou alguns milhares de metros cúbicos até os 34 bilhões de metros cúbicos do reservatório de Sobradinho (MOLLE, CADIER, 1992).

De acordo com os autores, pequeno reservatório é aquele que serve para assegurar o abastecimento no período seco, de modo que garanta o fornecimento de água entre dois períodos chuvosos, mesmo não sendo uma garantia de combate a secas prolongadas. Além disso, muitos reservatórios públicos e privados foram construídos com pouco ou até sem estudos técnicos, isto provem da dificuldade de realizar esses estudos, e também a falta de normas técnicas simplificadas e adequadas à pequenos reservatórios.

Pequenos reservatórios têm impacto sobre a disponibilidade hídrica em grande escala, tanto através do reforço da disponibilidade em um sentido como também na diminuição da água para as comunidades de usuários a jusante, servido por grandes reservatórios (KROL, 2011).

3.4.1. Balanço hídrico em reservatórios

Segundo Ferreira Filho e Borges, 1982 apud Andreis (2004), as variações do volume de um reservatório podem ser calculadas pelo balanço hídrico deste. A equação que define este balanço hídrico baseia-se no princípio da equação da continuidade, a qual determina que a quantidade de água que entra menos a quantidade de água que sai deve se igualar a variação da

quantidade guardada no reservatório para um intervalo de tempo determinado, representada pela Equação (2)

$$E - S = \Delta v / \Delta t \quad (2)$$

Onde:

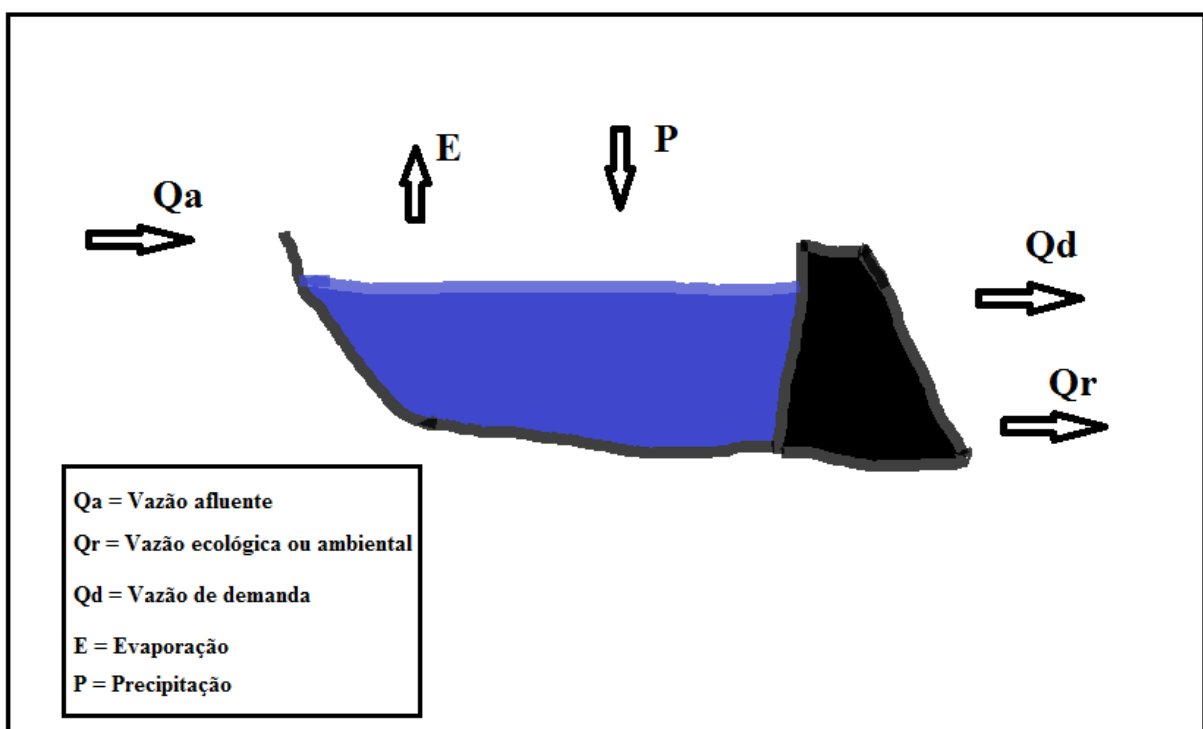
E = fluxo de entrada do reservatório;

S = fluxo de saída do reservatório;

$\Delta v / \Delta t = \Delta V$ = variação do volume guardado no reservatório para o intervalo de tempo considerado.

A Figura 3 apresenta a representação esquemática das entradas e saídas de água em um reservatório para quantificação do balanço hídrico desse sistema. Nesse sistema a componente infiltração é desprezada e a descarga de água por extravasamento pelo vertedor do barramento é considerada quando o volume do reservatório supera seu valor máximo.

Figura 3 - Representação esquemática das entradas e saídas de água em um reservatório



Fonte: Próprio autor.

3.4.2. Operação de pequenos reservatórios

Na operação de um reservatório o principal aspecto a se observar é a vazão regularizada, que é definida como a quantidade de água que pode ser ofertada por um determinado reservatório em um período de tempo, considerando um nível de garantia para tal. Além disso, o atendimento das demandas de um reservatório está relacionado a sua vazão regularizada e não a o seu tamanho (AMORIM, 2006).

Segundo a ANA (2009), alguns cuidados devem ser tomados na operação de um reservatório:

- Realizar simulação do comportamento do reservatório;
- Consolidar as restrições operativas e ambientais do empreendimento relacionadas a:
 - (i) restrições operativas a montante e a jusante;
 - (ii) condições operativas nos demais reservatórios da bacia;
 - (iii) níveis d'água máximos e mínimos;
 - (iv) deplecionamento e replecionamento e taxas de variação dos níveis d'água;
 - (v) tempo de residência do reservatório;
 - (vi) vazões remanescentes.
- Avaliar os condicionantes impostos aos reservatórios a montante e a jusante do reservatório estudado, de forma a verificar os possíveis impactos nas condições de operação.
- A abordagem metodológica, principalmente, em relação à vazão remanescente.

Segundo a Resolução N° 129 de 2011 do CNRH há necessidade de se estabelecer diretrizes gerais para definir a vazão mínima remanescente, no caso de avaliações de disponibilidade hídrica de um curso de água. Essas vazões mínimas remanescentes devem ser utilizadas como limitantes para a emissão de manifestações prévias, de outorgas de direito de uso de recursos hídricos e nas autorizações de intervenções hidráulicas, onde o valor da vazão remanescente poderá ser alterado pela autoridade outorgante após ser aprovado pelo comitê de bacia.

Segundo INSTRUÇÃO NORMATIVA N° 01, de 2007 da SRH do Estado da Bahia (2007) a vazão a ser outorgada corresponde a 80% (oitenta por cento) da vazão de referência do manancial, estimada com base na vazão de até 90% (noventa por cento) de permanência a nível diário. Assim, deixando uma vazão remanescente de 20% (vinte por cento) da vazão regularizada escoar para jusante, por descarga de fundo.

Molle Cadier (1992) ressalta a necessidade de manejo de pequeno reservatório observando as seguintes determinações:

- Controle do nível do reservatório com uso de réguas milimétricas do fundo do reservatório até acima da cota de sangria. O monitoramento do nível do reservatório possibilita tanto o acompanhamento do volume reservado como as perdas por evaporação ou má conservação da barragem;
- Manutenção periódica da barragem e lago com controle da vegetação arbustiva e aquática, existência de infiltrações e uso e ocupação do solo em seu entorno.
- Proteção contra assoreamento da bacia hidráulica devido a descarga sólida na vazão afluente. Este autor ressalta que esse fenômeno é mais presente em zonas mais montanhosas ou desmatadas.

3.5. Pequenas bacias hidrográficas

De acordo com Ponce (1989) apud Paiva e Paiva (2001) no momento de definir o que é uma pequena bacia é necessário levar em consideração os processos envolvidos. Neste caso, uma bacia hidrográfica é considerada pequena se apresentar algumas ou todas das seguintes propriedades:

- A precipitação pode ser considerada como uniformemente distribuída no espaço, sobre toda bacia;
- A precipitação pode ser considerada como uniformemente distribuída no tempo;
- A duração das tormentas geralmente exceda o tempo de concentração da bacia;
- A geração de água e sedimentos se dá principalmente pelo escoamento nas vertentes;
- Os processos de armazenamento e de fluxo concentrado na calha dos cursos d'água são pouco importantes.

Segundo Paiva e Paiva (2001) estas características mostradas acima fazem com que os fenômenos de transformação chuva-vazão em pequenas bacias hidrográficas possam ser descritos utilizando métodos relativamente simples. Na maioria das vezes, todos os processos envolvidos são simplificados para alguns poucos elementos, tais como intensidade da chuva e área da bacia. Entretanto para uma representação mais precisa dos reais processos físicos, químicos e biológicos envolvidos necessita usar métodos detalhados de descrição da interação entre cada um dos elementos estudados.

O estudo de uma determinada bacia hidrográfica depende muito do objetivo da pesquisa e das características naturais da região. No caso de pequenas bacias a falta de dados é um problema comum. Assim, para amenizar a questão, busca-se dados em bacias similares que possuem regiões hidrográficas semelhantes. Mas é impossível definir um monitoramento que sirva para

qualquer bacia hidrográfica. Porém, para algumas condições existem possibilidades de atender a parâmetros específicos, se a característica interessada for ligada a pequenas bacias (PAIVA E PAIVA, 2001).

Silveira (1998) também confirma que em pequenas bacias é raro encontrar dados disponíveis para seu monitoramento de vazão e pluviometria. Assim, ressalta a necessidade de se obter esses dados manualmente para fazer um estudo de uma área como essa. Há algumas maneiras de realizar um trabalho assim, no caso de vazão podem ser usados estudos de regionalização da curva de permanência, modelos hidrológicos com parâmetros extrapolados e medida direta de vazão no local. E para medir a pluviometria pode ser usado dados de estações pluviométricas ou medição direta no local (SILVEIRA, 1998).

3.6. Modelagem hidrológica em pequenas bacias hidrográficas

Segundo Tucci et al (1998) modelo hidrológico é uma representação do comportamento do sistema. Os modelos são classificados como físicos, analógicos e matemáticos:

- Físicos – representado por um protótipo em escala menor na maior parte dos casos;
- Analógico – trata-se das equações que regem diferentes fenômenos, para modelar no sistema mais conveniente, o que se deseja;
- Matemáticos – representam a natureza do sistema através de equações matemáticas.

Os modelos hidrológicos são ferramentas que os estudiosos criam para melhor entender e representar o comportamento da bacia hidrográfica e prever condições diferentes das observadas. Dessa forma, a simulação hidrológica limita-se pela heterogeneidade das características físicas da bacia e pelos processos envolvidos, o que vem a propiciar o desenvolvimento de um grande número de modelos que se diferenciam pelos dados utilizados e pelos objetivos a serem alcançados (TUCCI, 1998).

Para compreensão de um sistema e de um modelo é preciso trabalhar com parâmetros que são valores que caracterizam o sistema, podendo variar com o tempo e o espaço, e se representados por exemplo, pela rugosidade de uma seção de um rio, pela área da bacia hidrográfica, dentre outros. Além de parâmetros, as variáveis também são necessárias, onde estas são os valores que descrevem quantitativamente um fenômeno, variando no tempo e no espaço e tendo como exemplo, precipitação, infiltração e evaporação (TUCCI, 1998).

Para o autor a simulação também é importante para entender um sistema, pois é onde o modelo será utilizado, trabalhando com três frases:

- Calibração – determina-se os parâmetros.
- Verificação – verifica a validade do ajuste realizado;
- Previsão – quantifica a resposta para diferentes entradas.

A determinação dos parâmetros depende da medição de amostras, dos dados históricos e da determinação das características físicas do sistema. No entanto, o processo de ajuste deve ser cuidadoso para que os valores determinados não se tornem tendenciosos (TUCCI, 1998).

Segundo Silveira e TUCCI (1998) a realização de medidas de vazão em estiagem, têm a intensão de determinar informações do escoamento de um local sem dados com ênfase em fornecer parâmetros de funções hidrológicas (exemplo: curva de permanência de vazão). Com isso, o autor introduziu um método de simulação que avalia a disponibilidade hídrica fluvial em bacias hidrográficas pequenas que não possuem dados hidrológicos, tomando como base o comportamento da bacia na estiagem. O método utiliza dado de vazões medidas em sequência no período de recessão e gera o modelo simplificado da curva-vazão de uma série sucessiva de vazão.

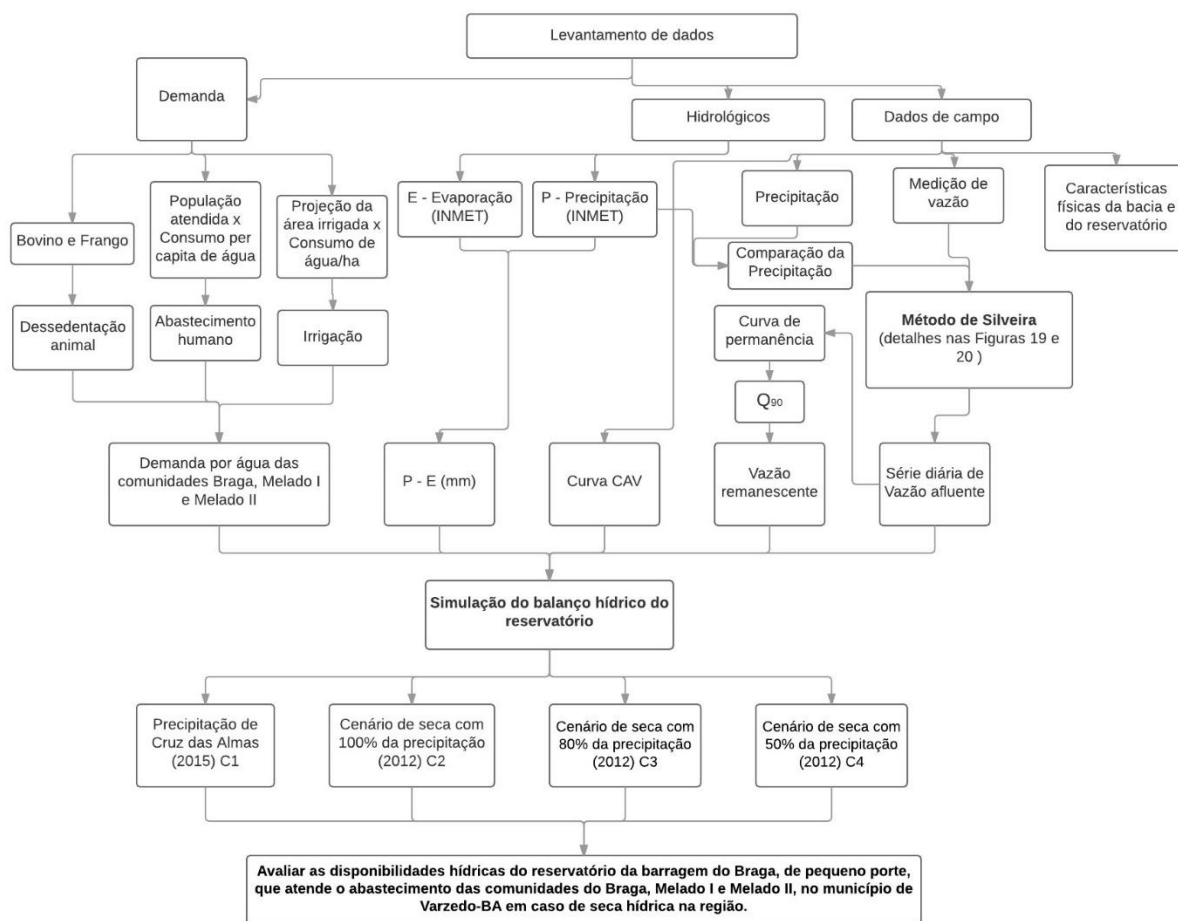
Para o autor, em pequenas bacias hidrográficas a depleção é mais notória, pois há uma resposta rápida da bacia após a precipitação, devido ao seu pequeno tempo de concentração. Assim, as vazões elevadas ocorrem apenas nos períodos de chuva, fazendo com que o período de recessão seja mais longo no fluviograma.

A resposta hidrológica de uma bacia hidrográfica, em função de diferentes sistemas de utilização e manejo do solo é importante no processo de modelagem do escoamento superficial em pequenas bacias hidrográficas. No caso da precipitação e o escoamento superficial a medição é mais fácil, já a infiltração e o armazenamento superficial são variáveis de difícil quantificação (PRUSKI, 2001).

4. MATERIAL E MÉTODOS

Para avaliar o comportamento do reservatório da barragem do Braga frente a cenários de baixa pluviosidade foram consideradas quatro etapas metodológicas: (i) caracterização da área de estudo, (ii) levantamento de dados hidrológicos, físicos e socioeconômicos; (iii) geração de série diária de vazões na área de estudo; (iv) cálculo da demanda local; e (v) simulação do balanço hídrico do reservatório frente a diferentes cenários de precipitação. A Figura 4 apresenta o fluxograma da metodologia utilizada.

Figura 4 - Fluxograma das etapas metodológicas.



Fonte: Próprio autor.

4.1. Caracterização da área de estudo

O Município de Varzedo está localizado no recôncavo sul da Bahia (REVISÃO DO PERH-BA, 2012). Fica à cerca de 200 km da capital Salvador. Limita-se a leste pelo Município de Santo Antônio de Jesus e Conceição do Almeida, a oeste com Elísio Medrado, a Sul com São Miguel

das Matas e a Norte com Castro Alves. Possui uma área de 226,796 km² e uma população estimada em 2010 pelo IBGE de 9.109 habitantes.

Este trabalho teve como foco de estudo no aspecto das demandas hídricas, três comunidades rurais do município de Varzedo, sendo estas: Braga, Melado I e Melado II, que ficam próximo a Serra da Jiboia onde encontra-se uma área remanescente da Mata Atlântica (Figura 5).

Figura 5 - Remanescente da Mata Atlântica na Serra da Jiboia, agosto de 2015.



Fonte: Próprio autor.

4.1.1. Rio

O abastecimento do lago do reservatório da barragem do Braga vem do riacho do Malacacheta que nasce 700 metros a montante, seguindo para o Rio do Melado e este joga suas águas no Rio da Dona. A Figura 6 mostra o local exato em que a água brota das pedras e escoar, chegando ao reservatório da barragem do Braga.

Figura 6 - Nascente do riacho do Malacacheta.



Fonte: Próprio autor.

Figura 7 - Riacho do Malacacheta à jusante da barragem, agosto de 2015.

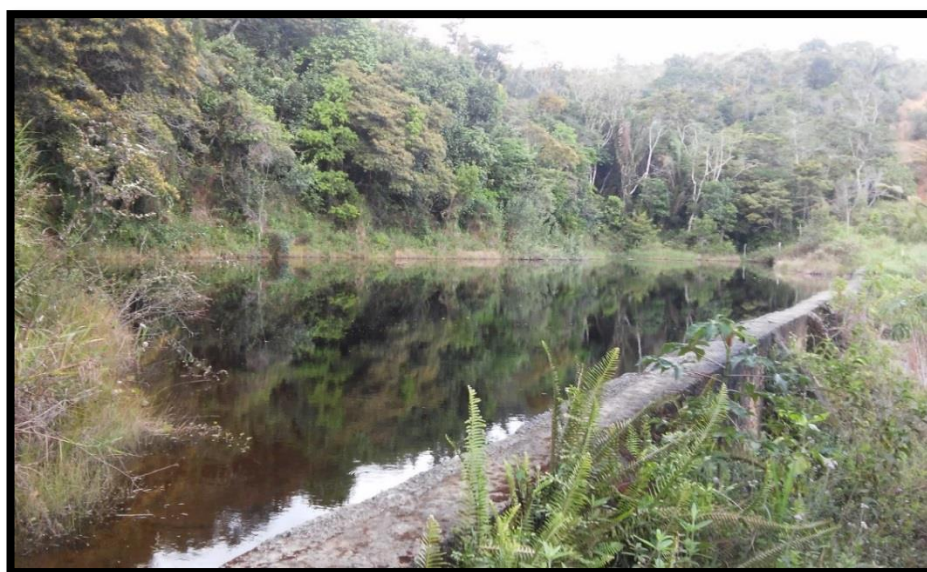


Fonte: Próprio autor.

4.1.2. Barragem e reservatório

A barragem do Braga foi construída em 1983, pela Associação de Moradores da comunidade do Braga, tendo em vista proporcionar o abastecimento de água para às comunidades do Braga, Melado I e Melado II. Tendo como fundador o Sr. Angelo Galdino, membro da comunidade do Braga e, na ocasião, presidente da referida associação. Essa solução foi iniciada com um pequeno barramento e com o passar dos anos foi sendo ampliado para acompanhar o aumento da demanda de água das comunidades, configurando um pequeno barramento em alvenaria de pedra. O reservatório possui um volume de acumulação da ordem de 2.814 (m³), quando estar com seu nível máximo (Tabela 1), com área de drenagem de 0,5 Km². A Figura 8 mostra a barragem do Braga em janeiro de 2015 quando apresentou nível máximo em seu reservatório.

Figura 8 - Barragem do Braga com nível máximo em seu reservatório.



Fonte: Próprio autor.

Tabela 1 – Cota x área x volume do reservatório da barragem do Braga.

Cota (m)	Área (m²)	Volume (m³)
341	472	306
342	1193	1138
342,5	1702	1862
343	2106	2814

Fonte: Próprio autor.

Uma vez por ano é feita a limpeza da barragem, por uma equipe com moradores de todas as três comunidades convocados para fazer o processo. Essa limpeza é realizada após dar a descarga de fundo e esvaziar totalmente o lago da barragem, (Figura 9), assim, é retirada a maior parte da lama e também é realizada a limpeza do terreno ao contorno do lago. A Figura 10 mostra o registro de descarga de fundo da barragem.

Figura 9 - Registro da limpeza da barragem e local da saída descarga de fundo.



Fonte: Próprio autor (dezembro de 2015).

Figura 10 - Barragem vazia para limpeza, em março de 2013.

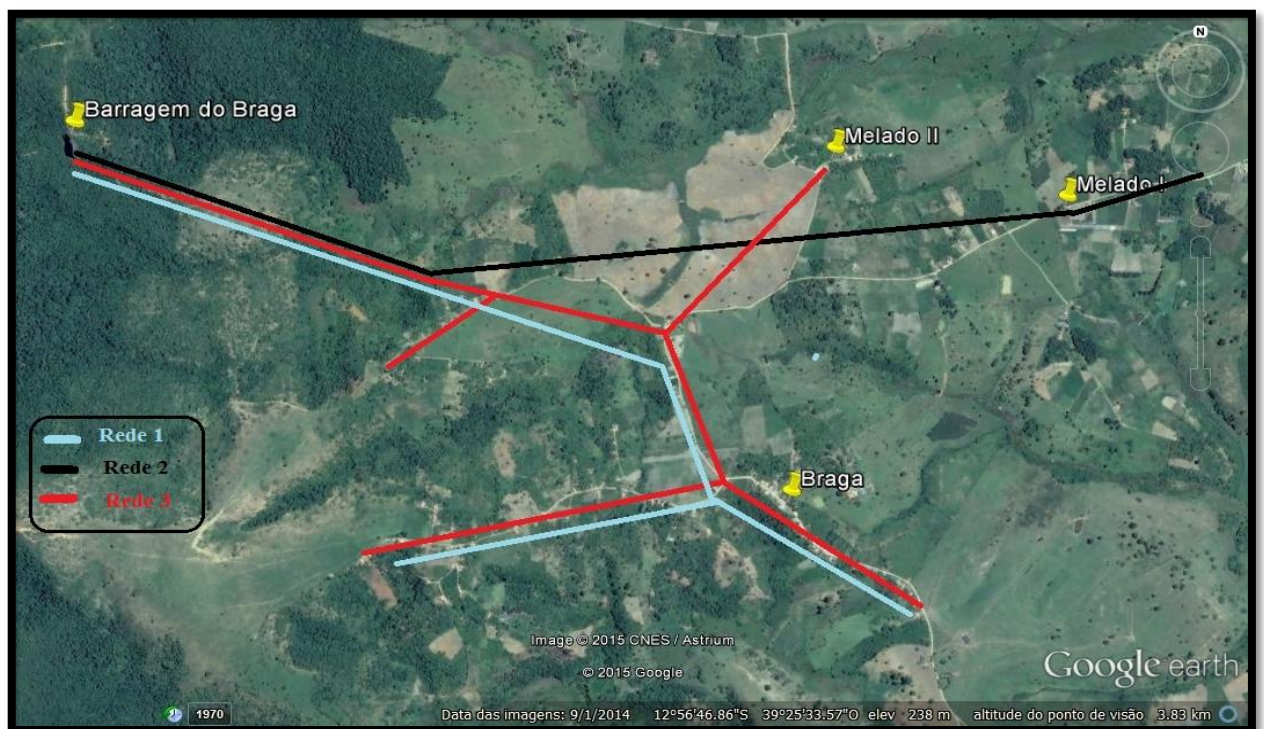


Fonte: Próprio autor.

4.1.3. Rede de Distribuição

A água é captada no reservatório da barragem e levada para as localidades através de sistema de distribuição dimensionadas e construídas pelos próprios moradores. Em caso de problema como vazamento ou entupimento de uma das redes hidráulicas, os próprios moradores se reúnem e fazem o conserto necessário. O abastecimento das comunidades é feito por três redes; uma vai apenas para o Braga (rede 1), outra segue unicamente para o Melado I (rede 2) e uma liga a barragem às comunidades do Melado II e Braga (rede 3). A Figura 11 mostra um croqui das redes hidráulicas que abastecem as comunidades.

Figura 11 - Croqui das redes hidráulicas que abastece as comunidades.



Fonte: Adaptado do Google Earth (2015).

As redes saem do reservatório da Barragem do Braga por duas tomadas d'água (Figura 12), e seguem com tubulação de PVC até as residências das comunidades do Melado I, Melado II e Braga.

Figura 12 - Local da tomada d'água das redes na barragem do Braga, março de 2013.



Fonte: Próprio autor.

4.1.4. Abastecimento das Comunidades

O reservatório da barragem do Braga atende cerca de 222 casas nas três comunidades, beneficiando desde famílias com elevado poder aquisitivo até famílias em extrema pobreza. Assim há moradores que ainda utilizam essa água até para ingerir, por falta de opção, pois não possuem condições financeiras para comprar água potável. A Figura 13 mostra a distribuição espacial das residências da comunidade do Melado I.

Figura 13 - Vista aérea da comunidade do Melado I.



Fonte: Adaptado do Google Earth (2015).

Todas as casas são abastecidas com água sem nenhum tipo de tratamento em suas torneiras e reservatórios, onde este é um acessório muito importante e está presente em na maior parte das casas, pois o sistema não possui reservatório de distribuição. Entretanto, a água chega em todos as residências por gravidade, e em caso de falta de água, os reservatórios de cada casa garante seu abastecimento por alguns dias. A Figura 14 mostra um reservatório de uma casa da comunidade do Melado I.

Figura 14 - Reservatório de uma casa na comunidade do Melado I.



Fonte: Próprio autor.

As comunidades utilizam a água do reservatório da barragem do Braga basicamente para todos os usos necessários, com algumas exceções, como é o caso das granjas e casas de farinha que retiram água de poços ou de rios e riachos que passam próximo à localidade.

4.2. Levantamento dos dados

4.2.1. Precipitação e Evaporação

Os dados de precipitação, foram obtidos pelo site do INMET, referida à estação (OMM: 83222) localizada em Cruz das Almas – Ba, com disponibilidade de série histórica de chuva no período de interesse (2012 a 2015). A chuva também foi medida por um pluviômetro Estándar, instalado próximo ao local de estudo, sendo observado todos os dias no horário de sete horas da manhã e anotada a quantidade precipitada ao decorrer das 24 horas anteriores no período de (01/10/2015 a 31/01/2016). Essa medição serviu para verificação da representatividade da estação pluviométrica do INMET em relação ao comportamento pluvial da região de Varzedo.

Os dados de Evaporação só foram encontrados a média mensal de Cruz das Almas dos anos de 2009, 2010, 2011 e 2013 na estação (OMM: 83222), onde dividiu-se a média de cada mês pela quantidade de dias do mês, encontrando assim uma média diária.

4.2.2. Medição de vazão pelo método do flutuador

Para medição da vazão do riacho do Malacacheta que fornece água para o reservatório da barragem do Braga foi usado o método do flutuador, conforme descrito em Santos (2001). A velocidade média do escoamento é dada pela multiplicação da velocidade superficial pelo fator de correção (0,8 para rios com fundo pedregoso ou 0,9 para rios com fundo barrento) aplicado pelo fato de a água se deslocar mais rápido na superfície (PALHARES, 2007). Assim multiplica-se a velocidade média pela área molhada da seção transversal de onde está ocorrendo o escoamento, encontrando a vazão no canal.

$$Q = V_{méd} * A \quad (3)$$

$$V_{méd} = C * V_{sup} \quad (4)$$

$$V_{sup} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \quad (5)$$

Onde:

Q = vazão no canal

V_{méd} = velocidade media

C = coeficiente ou fator de correção

A = área molhada

V_{sup} = velocidade superficial do fluxo

Δx = distância que o flutuador percorreu

Δt = tempo que o flutuador levou para percorrer Δx

A distância foi considerada de 2,5 metros devido ao relevo acidentado que impossibilitou a consideração da distância mínima recomendada de 10 metros e tomado o valor do fator de correção igual a 0,85, pois o fundo do riacho possui pedras e também é barrento. Esse método foi selecionado pela fácil aplicação e também pelo tipo de material usado no processo que são acessíveis e práticos para o transporte até o local de medição.

As medições foram feitas no período sem chuva de sete dias anteriores à primeira medição e também os sete dias que foram efetuadas as medições. Tendo como mês da primeira medição janeiro de 2015 e a segunda em outubro do mesmo ano.

4.2.3. Curva cota, área e volume

A curva cota, área representa a topografia da bacia hidráulica do lago associado ao barramento e permite o conhecimento do volume armazenado para diferentes níveis d'água (cota).

A medição das cotas e algumas dimensões da barragem (comprimento do barramento e larguras do lago em locais estratégicos para o cálculo da área alagada) foram feitas no campo. Com isso, os valores foram trabalhados no aplicativo computacional Autocad 2015 para a obtenção da área alagada em cada cota. De posse dessas informações, calculou-se o volume armazenado correspondente a cada cota, como determinado pela Equação (6):

$$V_i = \left[\frac{A_{(i-1)} + A_i}{2} * \Delta h \right] + V_{(i-1)} \quad (6)$$

V_i = volume em uma determinada cota;

$V_{(i-1)}$ = volume na cota anterior;

A_i = área alagada em uma determinada cota;

$A_{(i-1)}$ = área alagada na cota anterior;

Δh = diferença de cota.

4.2.4. Dados socioeconômicas

Os dados socioeconômicos trabalhados foram as demandas doméstica, de irrigação e para a dessedentação animal.

Para a demanda doméstica fez-se a contagem do número de casas das comunidades do Braga, Melado I e Melado II e depois multiplicando pela quantidade de pessoas por residência (dado obtido no IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística). Com isso determinou-se o número total de pessoas na região, onde multiplicou-se pelo consumo per capita de água em zona rural, conforme indicado no Quadro 1.

Quadro 1 - Média de moradores por residência no Brasil em 1991.

	Rural	Urbana
Brasil	4,69	4,06
Norte	5,26	4,92
Rondônia	4,62	4,28
Acre	5,18	4,45
Amazonas	6,07	5,13
Roraima	5,12	4,59
Pará	5,30	5,09
Amapá	5,51	5,38
Tocantins	4,86	4,69
Nordeste	4,97	4,53
Maranhão	5,01	4,96
Piauí	5,14	4,81
Ceará	5,00	4,58
Rio Grande do Norte	4,91	4,51
Paraíba	4,94	4,43
Pernambuco	4,83	4,34
Alagoas	5,06	4,56
Sergipe	4,75	4,41
Bahia	4,96	4,53

Fonte: IBGE, 1991.

Quadro 2 - Consumo médio per capita, para população dotada de ligações domiciliares.

Porte da comunidade	Faixa da População (habitantes)	Consumo <i>per capita</i> (L/hab.dia)
Povoado rural	< 5.000	90 a 140
Vila	5.000 a 10.000	100 a 160
Pequena localidade	10.000 a 50.000	110 a 180
Cidade média	50.000 a 250.000	120 a 220
Cidade grande	> 250.000	150 a 300

Fonte: (VON SPERLING, 2005).

A demanda para irrigação foi obtida através da área usada para a agricultura na região (calculada no Google Earth), multiplicada pelo consumo de água por hectare, onde esse consumo é dado pelo tipo de irrigação usado (aspersão), como indicado no Quadro 3.

Quadro 3 - Consumo de água na irrigação.

Método de irrigação (L/s/ha)	
Inundação	1,5 - 2,5
Sulcos	0,8 - 2,0
Aspersão	0,6 - 1,0
Localizada (gotejamento, microaspersão)	0,3 - 0,7

Fonte: (ANA, 2013).

Já para a demanda para dessedentação de animal (frango e boi), foi determinado por pesquisa de campo o número total desses animais, perguntando aos criadores a quantidade que cada um possuía. Após isso, multiplicou-se o consumo de água por cabeça pela quantidade de cada animal criado nas três comunidades.

Quadro 4 - Consumo de água animal.

Tipo de Rebanho	Consumo Diário (m ³ /dia)
Bovinos	0,0500
Bubalinos	0,0500
Equinos, Asininos e Muares	0,0450
Caprinos	0,0080
Ovinos	0,0080
Suínos	0,0150
Aves	0,0002

Fonte: PERH - Bahia, 2012.

4.3. Geração de série diária de vazões na área de estudo

Para geração de uma série de vazões afluentes no reservatório, foi utilizado o método de Silveira, onde este método baseia-se na estimativa do comportamento de pequena bacia na estiagem, fato esse, que representa o local estudado.

O modelo proposto para estudo da disponibilidade hídrica trabalha com o menor número de parâmetros possíveis que permita estimar a série de vazões médias diárias em uma pequena bacia hidrográfica e também permitir fácil ajuste e extensão de séries. No entanto, foram estabelecidas as seguintes simplificações principais no seu equacionamento:

- O armazenamento na camada superior do solo é desprezível no intervalo de tempo de análise (diário);

- A evapotranspiração potencial é retirada da precipitação, quando houver, em cada intervalo de tempo.

4.3.1. Estrutura do modelo (formulação)

A estrutura detalhada do modelo está apresentada em Silveira (1998), sendo parte da formulação transcrita a seguir.

A precipitação P_t (mm), em cada intervalo de tempo (diário), é subtraída da evapotranspiração potencial E_t (mm).

- Quando $P_t - E_t < 0$ não resulta precipitação para gerar escoamento.
- Quando $P_t - E_t > 0$, uma parcela da precipitação irá gerar escoamento superficial e outra infiltrará. Neste caso:

$$(P_{rt} = P_t - E_t) \quad (7)$$

Precipitação efetiva pode ser calculada pela Equação (8):

$$P_{ef}(t) = (1 - C_{inf}) * P_r(t) \quad (8)$$

Onde: C_{inf} = parcela da precipitação que infiltra;

P_{ef} = precipitação efetiva.

Volume de infiltração usando a Equação (9):

$$V_i = C_{inf} * P_r(t) \quad (9)$$

A parte da precipitação infiltrada alimenta diretamente o aquífero, desprezando-se a variabilidade da camada superior do solo associada a períodos úmidos e, geralmente, de pequena profundidade na cabeceira das bacias.

O reservatório subterrâneo pode ser expresso pela Equação (10) da continuidade:

$$\frac{dS}{dt} = V_i - Q_b \quad (10)$$

Onde: $\frac{dS}{dt}$ = Variação do armazenamento (mm), em função do tempo;

Q_b = vazão de escoamento subterrâneo (mm/dia).

Além disso, podem ser relacionadas pela Equação (11):

$$S = Kb * Qb \quad (11)$$

Onde: Kb = tempo de esvaziamento do reservatório subterrâneo (s).

Após derivar S e substituindo na equação da continuidade, encontramos a Equação (12):

$$Qb(t) = Qb(t - 1) * e^{-\frac{\Delta t}{Kb}} + Vi(t) * (1 - e^{-\frac{\Delta t}{Kb}}) \quad (12)$$

Em período chuvoso em que Pr>0, a vazão incorpora também a parcela de origem superficial e é dada pela Equação (13):

$$Q(t) = [Qs(t) + Qb(t)] \quad (13)$$

Onde: Q(t)= vazão total (mm/dia);

$$Qs(t) = Pef(t).$$

Quando Pr=0:

$$Q(t) = Qb(t)$$

Transformando vazões de (mm/dia) para (m³.s-1), basta multiplicá-las pela área da bacia em (km²) e, em seguida, dividir o resultado pelo fator 86,4.

O valor inicial do parâmetro Kb para simulação pode ser obtido a partir das medições onde Q1, Q2 e Q3 são as vazões medidas no campo. Considerando-se a Equação (12), na ausência de precipitação pelo modelo, o valor do parâmetro pode ser obtido pela Equação (14):

$$Q2 = Q1 * e^{-\frac{\Delta t}{K1b}} \therefore Q3 = Q2 * e^{-\frac{\Delta t}{K2b}} \quad (14)$$

Tendo assim o valor de K estimado pelas Equações (15):

$$K1b = \Delta t * \ln \frac{Q1}{Q2} \therefore K2b = \Delta t * \ln \frac{Q2}{Q3}$$

$$Kb = \frac{K1b + K2b}{\Delta t} \quad (15)$$

Onde: Δt = intervalo de tempo entre as medições locais (dias);

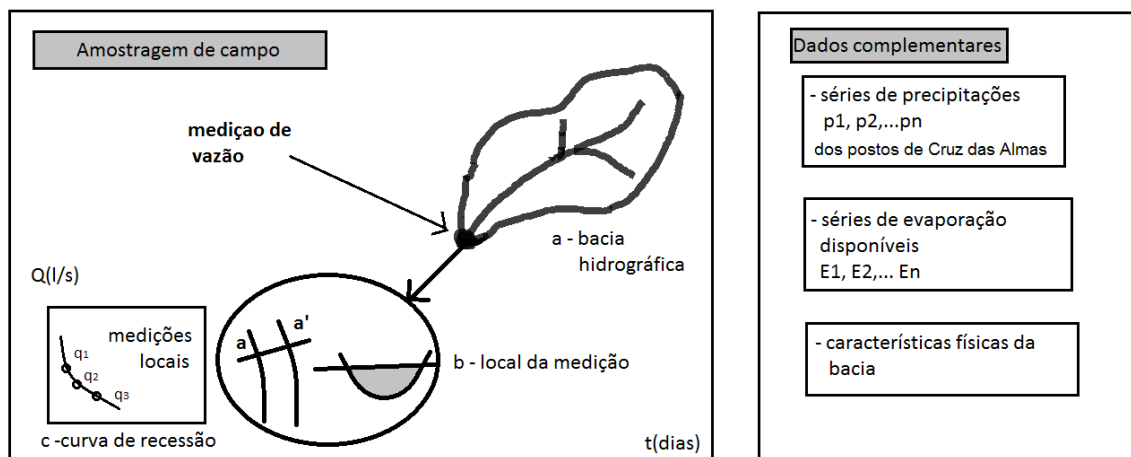
$K =$ estimativa inicial para o parâmetro K_b .

A estrutura do modelo pelo equacionamento proposto define, então, dois parâmetros de ajuste para o desenvolvimento do balanço hídrico:

- C_{inf} (coeficiente de infiltração), que está relacionado à quantidade de água que infiltra e chega ao reservatório hipotético de escoamento subterrâneo;
- K_b , que está relacionado ao decaimento das vazões ao longo do tempo, liberadas pelo reservatório de escoamento subterrâneo.

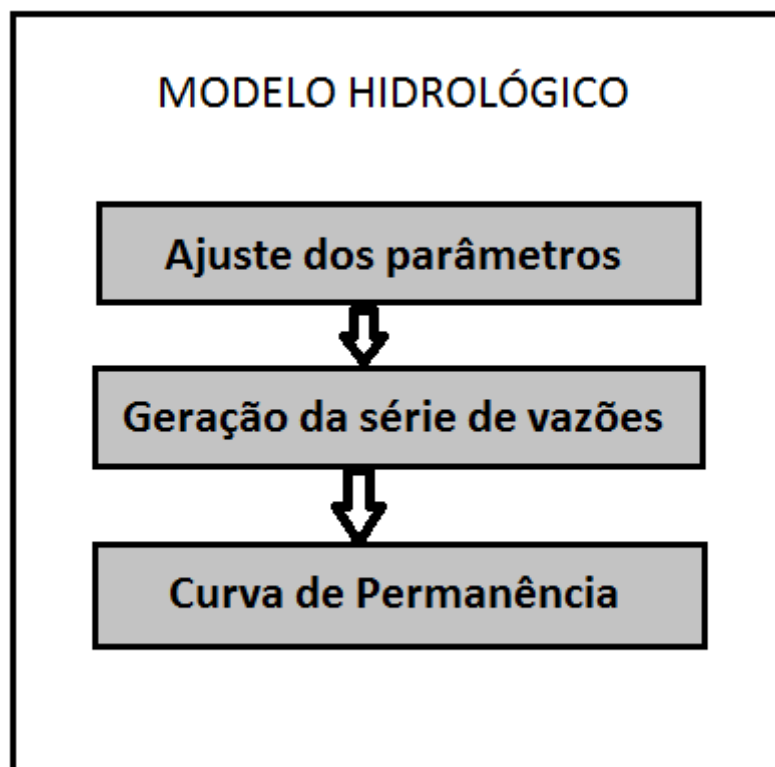
A partir dos valores de $Q(t)$ foi obtido a curva de permanência do riacho do Malacacheta, onde conseguimos tirar a vazão média e a Q_{90} . As Figuras 15 e 16, mostram a estrutura metodológica do modelo aqui descrito.

Figura 15 – Estruturação da modelagem.



Fonte: Adaptado de Silveira (1998).

Figura 16 - Sequência da estruturação da modelagem.



Fonte – Adaptado de Silveira (1998).

4.4. Simulação do balanço hídrico para diferentes cenários

O balanço hídrico é a diferença entre a entrada e a saída de água do reservatório, e para a sua determinação utilizou-se a demanda por água da população, juntamente com a obtenção da vazão ecológica que foi estimada por um valor de 20% da vazão presente em noventa por cento do tempo na curva de permanência (Q_{90}) do riacho do Malacacheta. Outros dados usados nessa etapa foi a série das vazões afluente ao reservatório da barragem do Braga, a precipitação direta e a evaporação. Para isso, usou-se a Equação (16):

$$\Delta V = Qa - Qr - Qd - E + P \quad (16)$$

Onde:

ΔV = Variação do volume

Qa = Vazão afluente

Qr = Vazão ecológica ou ambiental

Qd = Vazão efluente (demanda)

E = Evaporação

P = Precipitação

Para construção de um cenário para o futuro, idealizou-se uma possibilidade das demandas aumentarem ao passar do tempo, com o surgimento de outros usos como agricultura irrigada, dessedentação de animais. No entanto, como ficaria a situação do balanço hídrico da barragem do Braga. Assim foram determinados alguns cenários mostrados na Quadro 5:

Quadro 5 - Cenários.

Cenário 1	Ano de 2015 com demanda para abastecimento humano, agricultura e irrigação.
Cenário 2	Ano de 2012 período de seca com a mesma demanda anterior e 100% da precipitação.
Cenário 3	Ano de 2012 período de seca com a mesma demanda anterior e 80% da precipitação
Cenário 4	Ano de 2012 período de seca com a mesma demanda anterior e 50% da precipitação.

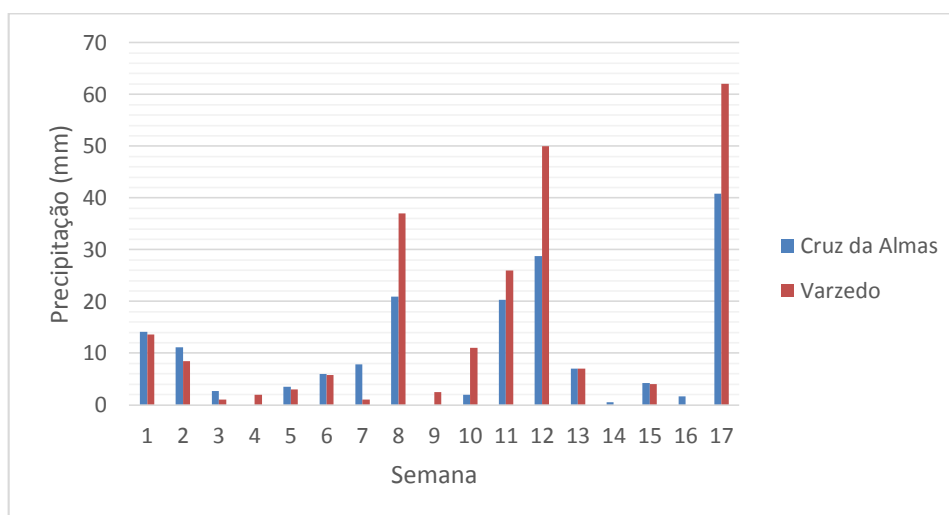
Fonte: Próprio autor.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Análise do comportamento da chuva e evaporação

Para validação da representatividade da série histórica de Cruz das Almas foi feita a comparação dessa série com a precipitação de Varzedo, medida com um pluviômetro em um período de 4 meses. A Figura 17 mostra que as precipitações das duas regiões são bem semelhante, mostrando a precipitação de um período semanal entre outubro de 2014 até janeiro de 2015. Algumas diferenças encontradas entre as duas precipitações podem ser atribuídas ao tipo de Pluviômetro usados na medição, em Varzedo feita com o pluviômetro Estandar e a leitura da estação de Crus das Almas é feita com pluviômetro Ville de Paris.

Figura 17 - Comparação da precipitação entre as cidades de Varzedo e Cruz das Almas.



Fonte: Próprio autor.

A evaporação potencial da área de estudo foi determinada também com base nos dados disponíveis de médias mensais na estação climatológica de Cruz das Almas para os anos de 2009, 2010, 2011 e 2013, obtendo-se assim uma estimativa da evaporação diária, mostrada na Tabela 3.

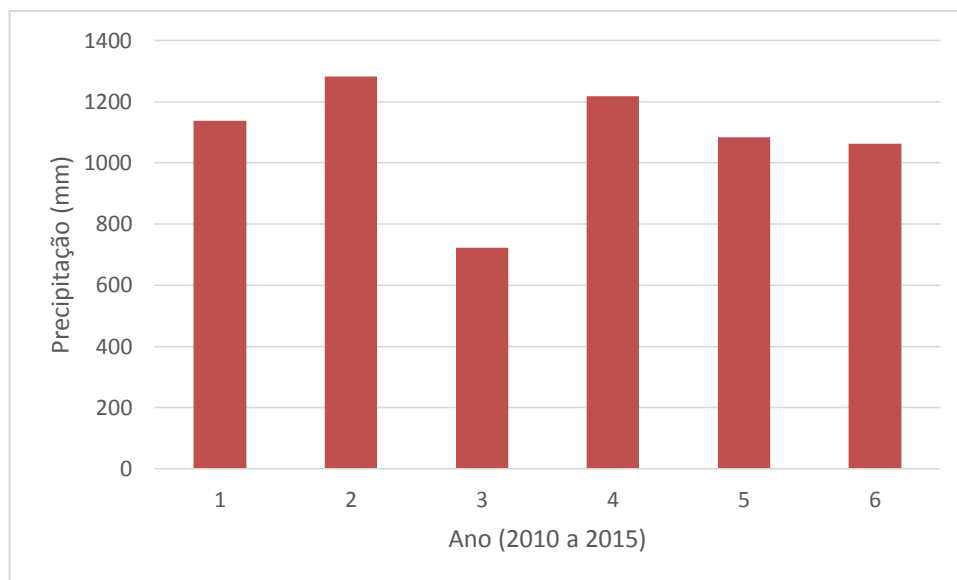
Tabela 2 - Dados de evaporação potencial dos dias de cada mês (mm).

Mês	jan	fev	mar	abr	mai	jun	jul	ago	set	out	nov	dez
Média diária	4,81	4,88	4,62	2,72	1,81	1,84	2,03	2,57	3,43	3,6	4,35	4,65

Fonte: Próprio autor.

Com base nesses dados verificou-se que a evaporação total anual é de 1253 mm, enquanto que a precipitação total média anual é de 1084 mm, sendo que para o período de 2010 a 2015, o ano mais úmido foi 2011 com índice pluviométrico de 1282 mm/ano e o ano mais seco foi o de 2012 com 722 mm/ano.

Figura 18 – Precipitação anual em Cruz das Almas.



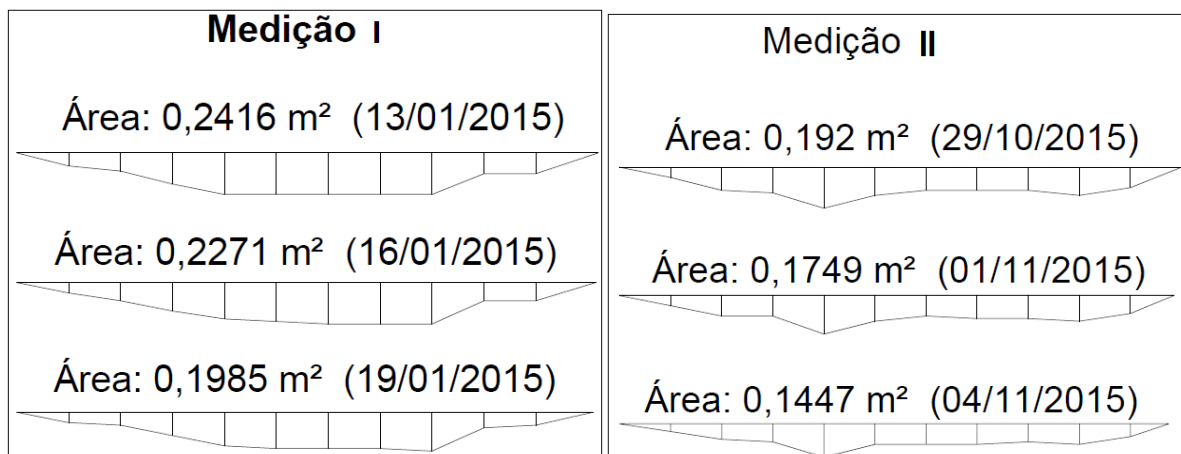
Fonte: Próprio autor.

5.2. Cálculo da vazão do riacho Malacacheta

A medição de vazão do riacho do Malacacheta foi determinada em janeiro 2015 e outubro de 2015, que representam os períodos de seca, usando o método do flutuador.

Na Figura 19 é mostrado o perfil transversal do riacho do Malacacheta no local da medição e suas respectivas áreas em cada dia de medição. Essas foram usadas para achar as vazões representadas na Tabela 4, que por sua vez, serviu de base para a aplicação do Método de Silveira.

Figura 19 - Calculo da área da seção transversal.



Fonte – Próprio autor.

Os valores de vazão encontrados estão apresentados na Tabela 4, onde mostra que as vazões foram menores na segunda medição e pode-se notar a diminuição da vazão de um dia de medição para o dia seguinte, mostrando assim a ação da depleção em períodos sem chuva.

Tabela 3 - Vazão medida a jusante da barragem do Braga.

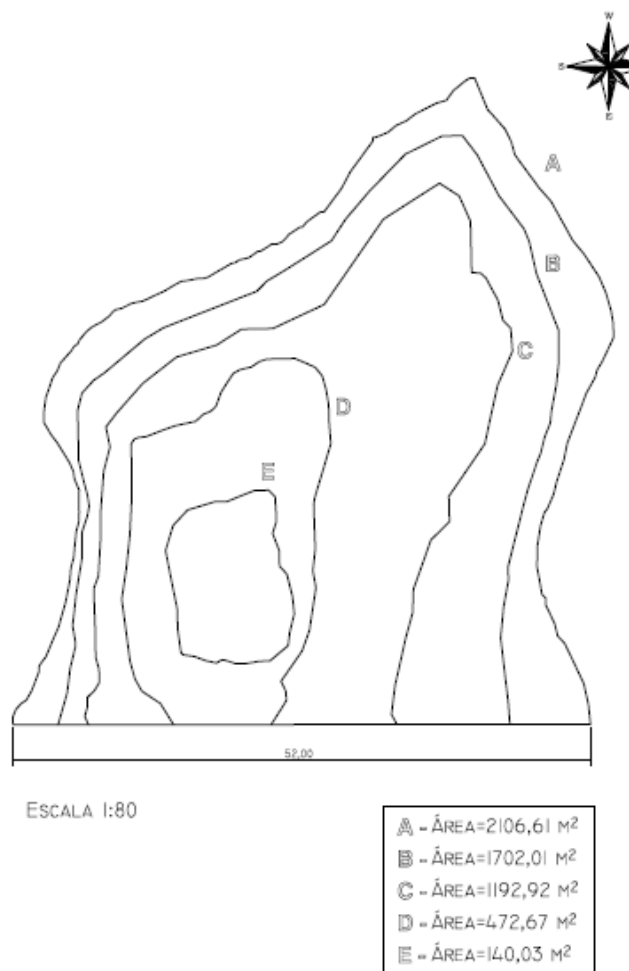
Medição	Dia	Vazão (m ³ /s)
I	13/01/2015	0,0191
	16/01/2015	0,0162
	19/01/2015	0,0125
II	29/10/2015	0,0101
	01/11/2015	0,0088
	04/11/2015	0,0066

Fonte: Próprio autor.

5.3. Curva cota, área e volume

A Tabela 5 mostra os valores dos volumes do reservatório e áreas alagadas em relação às diferentes cotas, onde essas cotas foram obtidas com pesquisa a campo, medindo em diferentes pontos no lago do reservatório.

Figura 20 – Bacia hidráulica do reservatório da barragem do Braga.



Fonte: próprio autor.

O levantamento das dimensões da barragem ajudou no a estimar os volumes máximo, com 2814 m³, e o volume morto com, 306 m³, que corresponde a cerca de 10% do volume total.

Tabela 4 - Curva CAV do reservatório da barragem do Braga.

Cota (m)	Área (m ²)	Volume (m ³)
341	472	306
342	1193	1138
342,5	1702	1862
343	2106	2814

Fonte: Próprio autor.

5.4. Dados socioeconômicas

Para a demanda doméstica usou-se 222 casas com os valores do consumo per capita de água (0,13 m³/hab.dia) e o número de pessoas por casa (4,96). No caso da demanda para a irrigação trabalhou-se com um valor de 20 hectares e um consumo de 0,6 L/s/ha. E por fim para a dessedentação de animais um consumo de 0,05 m³/dia para bovino e 0,0002 m³/dia para frango, para um total de 2000 cabeças de gado e 70000 aves respectivamente. Assim, resultado nas demandas mostradas na Tabela 6.

Tabela 5 - Valores das demandas.

Tipo de demanda	Vazão (m³/dia)
Humano	144
Animal	114
Irrigação	1036

Fonte: Próprio autor.

Os valores encontrados para a demandas mostrou que a irrigação é o maior valor com 1036 m³/dia, cenário comum no quadro geral de demandas.

5.5. Modelagem hidrológica – chuva x vazão

Após a amostragem dos dados de campo, com a medição da vazão, foram verificados os dados complementares como evaporação, precipitação e as características da bacia. Assim foi gerado o modelo hidrológico fazendo o ajuste de parâmetros, a geração de vazão e a determinação da curva de permanência, tudo isso em sequência.

Para achar o valor do decaimento das vazões, ao longo do tempo, que é liberada pelo reservatório subterrâneo (Kb), logo depois foi estimado a coeficiente de infiltração (Cinf). Este teve seu valor estimado a partir das características do uso do solo no local, que se apresenta como floresta nativa e possui declividade bastante elevada. A tabela 7 mostra valores de Kb e Cinf inicial e obtidos após a calibração do modelo.

Tabela 6 - Valores iniciais e calibrado dos coeficientes Kb e Cinf.

	Inicial	Calibrado
Cinf [m³/s]	0,50	0,08
Kb	0,45	15,00

Fonte: Próprio autor.

Com os valores de K_b e C_{inf} inicial, foram estimados e com base nos valores encontrados por Silveira nas bacias estudadas por ele e também nas características da bacia da barragem do Braga. Foi feito a calibragem no modelo, com a ajuda de uma planilha de excel, como mostra a Tabela 8, a tabela completa encontra-se no Apêndice I. Os valores encontrados estão dentro da faixa encontrada para bacias estudadas por Silveira (1998) para aplicação do método, confirmando a coerência dos resultados obtidos.

Tabela 7 - Demonstração da tabela do modelo de Silveira.

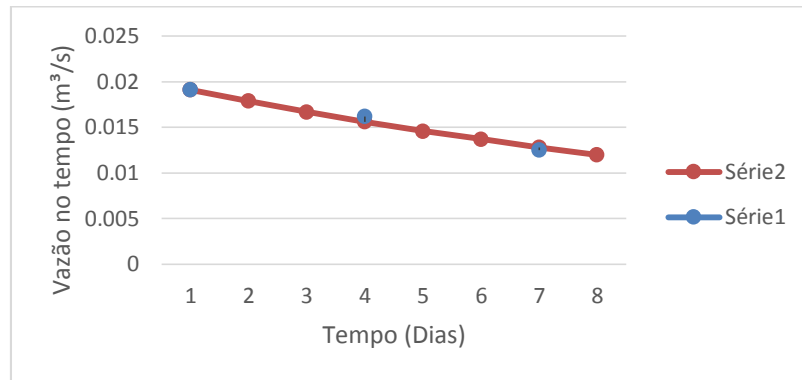
Q medida	DATA	Qb [m³/s]	P [mm]	E [mm]	P-E [mm]	Pr(t) (mm)	Pef(t) (mm)	Qs(t) [m³/s]	Q (t) [m³/s]
0,0191	13/01/2015	0,0191	0	4,81	- 4,81	-	-	0	0,0191
	14/01/2015	0,017868	0	4,81	- 4,81	-	-	0	0,0179
	15/01/2015	0,016716	0	4,81	- 4,81	-	-	0	0,0167
0,0162	16/01/2015	0,015638	0	4,81	- 4,81	-	-	0	0,0156
	17/01/2015	0,014629	0	4,81	- 4,81	-	-	0	0,0146
	18/01/2015	0,013686	0	4,81	- 4,81	-	-	0	0,0137
0,0125	19/01/2015	0,012803	0	4,81	- 4,81	-	-	0	0,0128
	20/01/2015	0,011977	0	4,81	- 4,81	-	-	0	0,012
	21/01/2015	0,011205	0	4,81	- 4,81	-	-	0	0,0112
	22/01/2015	0,010482	0	4,81	- 4,81	-	-	0	0,0105
	23/01/2015	0,009806	0	4,81	- 4,81	-	-	0	0,0098
	24/01/2015	0,009174	0	4,81	- 4,81	-	-	0	0,0092
	25/01/2015	0,008582	40,8	4,81	35,99	35,99	33,11	0,191606556	0,2002

Fonte – Próprio autor.

A Tabela 8 mostra o modelo de Silveira, onde fica nítido que após uma precipitação ocorre o aumento da vazão superficial.

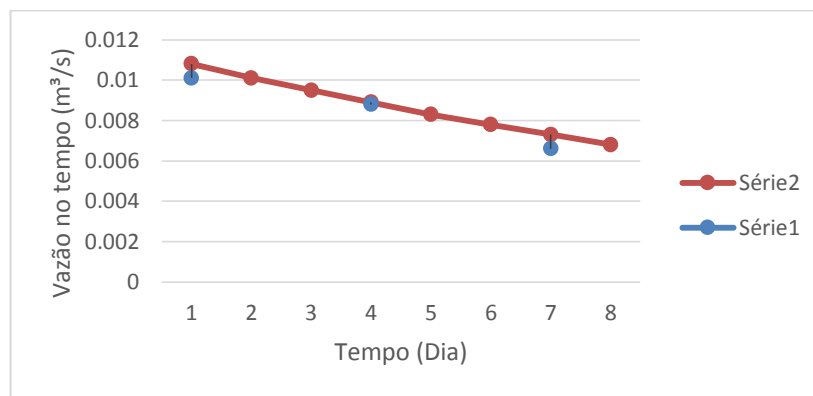
A Figura 21 mostra que o valores das vazões da calibração ficaram bem semelhante com os valores das vazões encontradas em medição feita no riacho do Malacacheta no período de janeiro de 2015. Após gerar a simulação no modelo foram encontrados os valores para uma série de 297 dias, que refletiu em valores similares de vazão no período da segunda medição feita em outubro de 2015, apresentado na Figura 22.

Figura 21 - Calibração do modelo.



Fonte – Próprio autor.

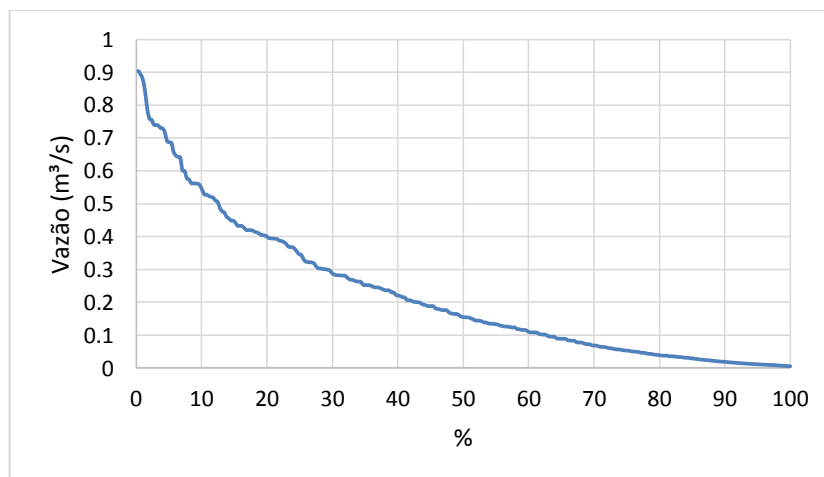
Figura 22 - Verificação do modelo.



Fonte – Próprio autor.

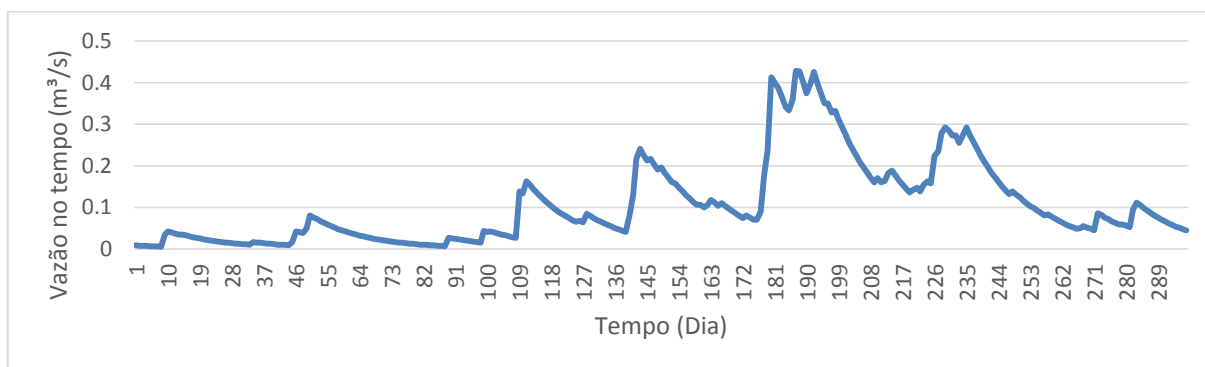
Assim foi encontrado os valores mais ideais para esses dois parâmetros com relação a bacia estudada que ajudaram a gerar à série de vazões utilizadas para determinação da curva de permanência mostrada na Figura 23.

Figura 23 - Curva de permanência do riacho do Malacacheta.



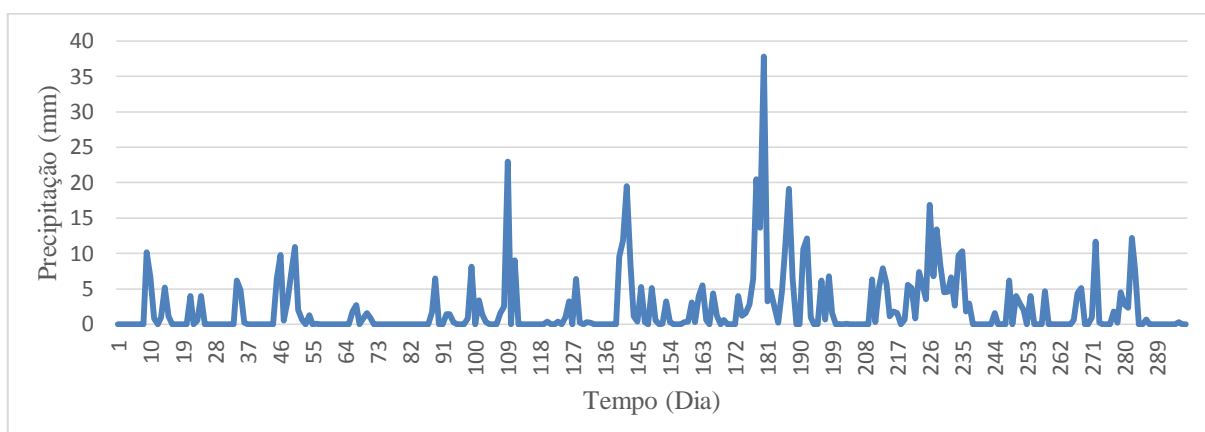
Fonte: Próprio autor.

Figura 24 - Série de Vazão simulada do riacho do Malacacheta em 2015.



Fonte – Próprio autor.

Figura 25 -Precipitação do período estudado.



Fonte – Próprio autor.

As figuras 24 e 25 mostram uma relação entre a precipitação e a vazão simulada no período de 2015, ficando claro que no momento que acontece a precipitação a vazão aumenta e quando a chuva para começa a ocorrer o fenômeno da depleção.

5.6. Simulação do balanço hídrico no reservatório

Para o balanço hídrico com o 1º cenário (ano de 2015 com demanda para abastecimento humano, dessedentação de animal e irrigação), onde a tabela completa do balanço hídrico do reservatório da barragem do Braga para o ano de 2015 encontra-se no Apêndice II. Temos os seguintes resultados mostrados na Tabela 9 indicando que maior parte do tempo o reservatório da barragem do Braga fica em seu nível máximo, podendo atender tranquilamente as demandas atuais.

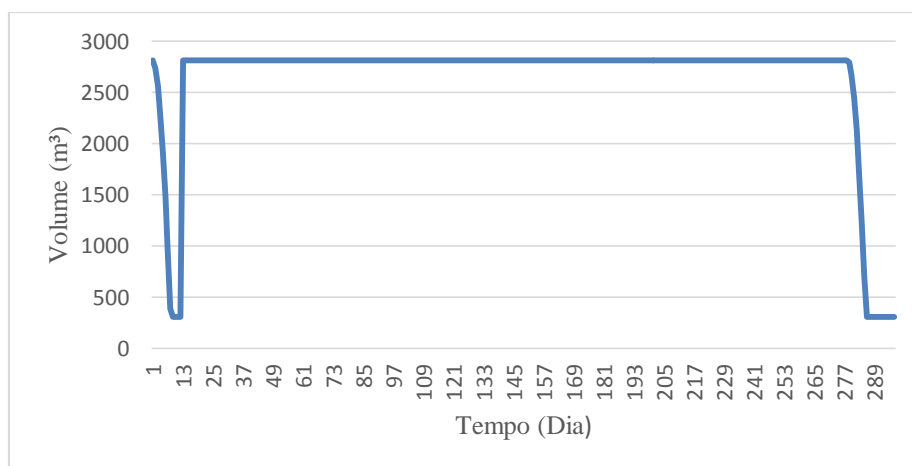
Tabela 8 – Estado do reservatório da barragem do Braga esteve ao decorrer do tempo.

1°	Volume	Dias	Tempo (%)
	Máximo	267	89,90
	Médio	15	05,05
	Mínimo	15	05,05

Fonte – Próprio autor.

Na Figura 26 é mostrado o volume diário do reservatório da barragem do Braga determinado pelo balanço hídrico do reservatório com a precipitação do ano de 2015. Relata ainda, que no momento do aumento do volume, este sobe quase perpendicular ao eixo do tempo e no momento da diminuição do volume ocorre mais suave, com um pouco de inclinação. Isso mostra que a chuva causa um escoamento superficial rápido, elevando a vazão do rio rapidamente o que faz encher o reservatório rapidamente. Nesse cenário ocorre dois decaimentos do volume do reservatório da barragem do Braga, pois está relacionado ao ano de 2015 e por coincidência acontece nos dois períodos de recessão que foram feitas as medições da vazão no riacho do Malacacheta para a aplicação do Método de Silveira.

Figura 26 - Volumes simulados diários do reservatório da barragem do Braga no cenário 1.



Fonte – Próprio autor.

Para o balanço hídrico com o 2° cenário (ano de 2012 período de seca com a mesma demanda anterior e 100% da precipitação), temos os seguintes resultados mostrados na Tabela 10 indicando que maior parte do tempo o reservatório da barragem do Braga fica em seu nível máximo, podendo atender as demandas atuais, mas já passando de 10% do tempo em seu volume mínimo (volume morto).

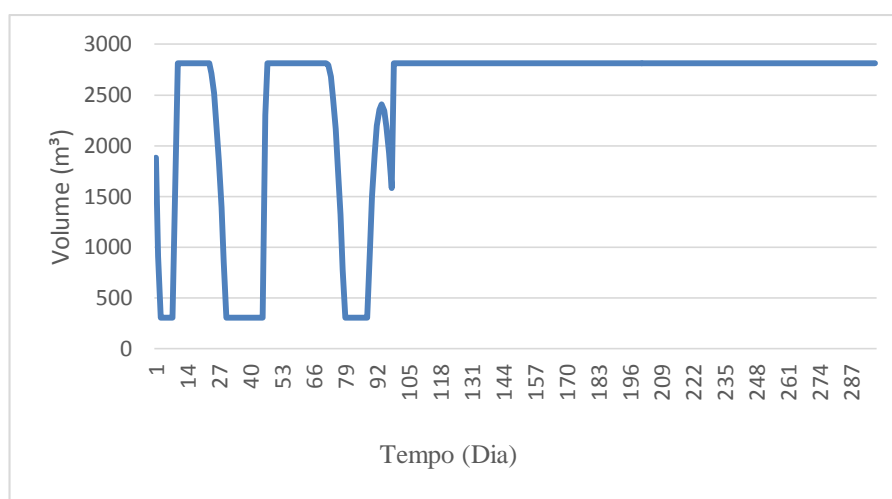
Tabela 9 - Estado do reservatório da barragem do Braga esteve ao decorrer do tempo.

2°	Volume	Dias	Tempo (%)
	Máximo	238	80,13
	Médio	27	09,10
	Mínimo	32	10,77

Fonte – Próprio autor.

Um novo cenário é representado na Figura 27 com o hidrograma de volumes diários do balanço hídrico do reservatório da barragem do Braga em um ano de seca (2012), mostrando que a barragem já começa a ter um período maior com seu volume mínimo.

Figura 27 - Volumes simulados diários do reservatório da barragem do Braga no cenário 2.



Fonte – Próprio autor.

Para o balanço hídrico com o 3° cenário (ano de 2012 período de seca com a mesma demanda anterior e 80% da precipitação), temos os seguintes resultados mostrados na Tabela 11 indicando que maior parte do tempo o reservatório da barragem do Braga fica em seu nível máximo, atendendo as demandas atuais, mas já passando de 20% do tempo em seu volume mínimo (volume morto), o que significa uma boa parte do tempo sem a barragem fornecer água para a população.

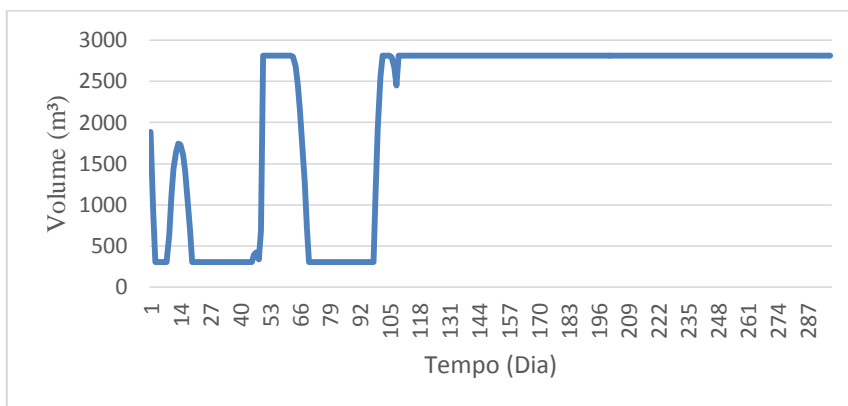
Tabela 10 - Estado do reservatório da barragem do Braga esteve ao decorrer do tempo.

3°	Volume	Dias	Tempo (%)
	Máximo	206	69,36
	Médio	29	09,77
	Mínimo	62	20,87

Fonte – Próprio autor.

Um outro cenário foi desenvolvido com balanço hídrico do reservatório da barragem do Braga no ano de seca de 2012, mas com 80% da precipitação diária. O hidrograma de volumes diários na Figura 28 mostrando que a barragem passa um período bem maior com seu volume mínimo.

Figura 28 - Volumes simulados diários do reservatório da barragem do Braga no cenário 3.



Fonte – Próprio autor.

Para o balanço hídrico com o 4º cenário (ano de 2012 período de seca com a mesma demanda anterior e 50% da precipitação), temos os seguintes resultados mostrados na Tabela 12 indicando que 35% do tempo a barragem do Braga fica em seu nível mínimo não conseguindo abastecer as comunidades. Nesse caso, a população necessitaria de outra alternativa para fornecer água ou diminuir o consumo de água.

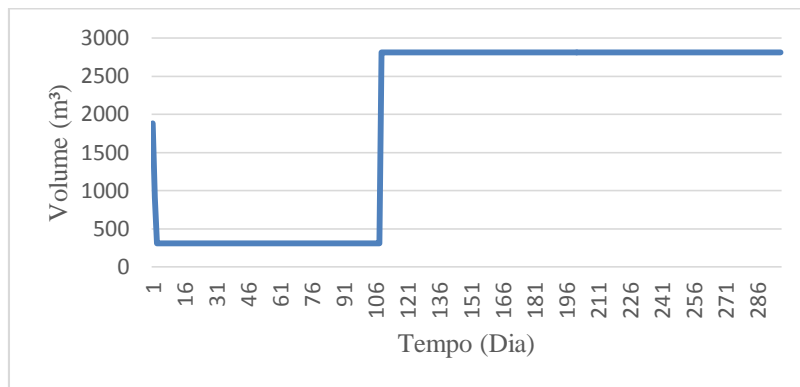
Tabela 11 - Estado que a barragem do Braga esteve ao decorrer do tempo.

4º	Volume	Dias	Tempo (%)
	Máximo	189	63,64
	Médio	2	0,4
	Mínimo	106	35,69

Fonte – Próprio autor.

No quarto cenário (Figura 29), com um período de seca do ano de 2012 e 50% da precipitação diária a situação já fica mais crítica, onde mais de 35% do tempo a barragem fica com seu nível mínimo.

Figura 29 -Volumes simulados diários do reservatório da barragem do Braga no cenário 4.



Fonte – Próprio autor.

6. CONCLUSÃO

Este trabalho apresenta uma avaliação das disponibilidades hídricas de um pequeno reservatório fazendo uma comparação com cenários de seca na região de Varzedo. E pela falta de dados em pequenas bacias, a maior parte desses dados foram obtidos com pesquisa no campo. Com isso, as dificuldades em conseguir dados representativos coerentes ocorrem bastante, mas os dados necessários foram obtidos e aplicados neste estudo.

As demandas das comunidades por água foram obtidas por estudo de campo e por dados obtidos em revisão bibliográfica. Assim, a irrigação foi o uso que retira maior parte da água da barragem do Braga, seguindo pela demanda domiciliar e dessedentação de animal.

Uma etapa muito importante no balanço hídrico foi a determinação do volume do reservatório da barragem do Braga, pois nunca havia ocorrido estudo algum desse tipo na barragem. A medida foi feita com o auxílio de uma trena fixou-se a curva cota, área e volume do empreendimento com um volume no seu nível máximo de 2814 metros cúbicos.

Além disso houve a necessidade de determinar a série de vazões afluentes (pelo Método de Silveira) do riacho do Malacacheta que abastece o lago da barragem, e também dados de precipitação e evaporação, vazão remanescente e demanda por água das comunidades do Braga, Melado I e Melado II.

Os resultados obtidos mostraram que o reservatório da barragem do Braga abastece as comunidades com o cenário normal de pluviometria do ano de 2015, mas em caso de seca na região, como a que ocorreu no ano de 2012, ele pode chegar a entrar em colapso, sem fornecer água para as localidades por mais de 35% do tempo. O que refletiria em um grande caos para a população.

Por este fato a população deve estar em alerta e em ocorrência de seca hídrica adotou algumas alternativas. Uma delas é a diminuição no consumo de água que deve acontecer sempre, não apenas em períodos de escassez, priorizar a demanda para abastecimento doméstico e dessedentação de animal, usos prioritários previstos na Lei N° 9433/97 (Lei das Águas do Brasil). Além disso, a perfuração de poço artesiano para auxiliar no abastecimento das comunidades pode ser de grande ajuda.

Para finalizar, é possível concluir que o reservatório da barragem do Braga é de grande importância para as comunidades do Braga, Melado I e Melado II, pois fornece água para a

população atender suas demandas, mas o seu uso deve ser de forma sustentável para que essa consiga manter-se ativa por muito tempo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREIS, C.; Estudo da dinâmica hídrica de um reservatório afetado pela construção de um segundo reservatório a montante. Santa Maria, Rio Grande do Sul: PPGEA, 2004.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. Manual de Estudos de Disponibilidade Hídrica para Aproveitamentos Hidrelétricos. Brasil: 2009. 43p.

AGÊNCIA NACIONAL DE ÁGUAS. *Manual de Procedimentos Técnicos e Administrativos de Outorga de Direito de Uso de Recursos Hídricos da Agência Nacional de Águas*. Brasília: 2013. 240p.

ALENCAR, D. B. S.; Influência da precipitação no escoamento superficial em uma microbacia hidrográfica do distrito federal. *Engenharia Agrícola, Jaboticabal*, v.26, n.1, p.103-112, jan/abr 2006.

ALENCAR, J. A.; Políticas Públicas e o Manejo da Água em Populações Difusas: O Caso do Sítio Mulungu-Petrolina-PE. *Revista GeoNordeste* 2. 2013.

AMORIM, J. L. R. Livro das Barragens. SEDUR: Embasa – Empresa Baiana de Águas e Saneamento S.A. Salvador, Bahia, 2006, 94 p.

BAHIA, Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos. Plano Estadual de Recursos Hídricos. Salvador, 2014. (REVISÃO DO PERH/BA/ BALANÇO HÍDRICO. VER,02 MARÇO 1012)

BAPTISTA, M. B.; Fundamentos de engenharia hidráulica. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2010. 473 pag.

BARBOSA, C. M. S.; Conceitos e diretrizes para recarga artificial de aquíferos. XV Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas. Natal, Rio Grande do Norte, 2008.

BRANCO, O. E. A. Avaliação da disponibilidade hídrica: Conceitos e aplicabilidade, p. 1-20, 2006.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano. **Plano Nacional dos Recursos Hídricos**. Brasília, Secretaria de Recursos Hídricos e Ambiente Urbano 2012.

CIDREIRA, M. A. S.; *Efeito do fundo móvel em medições acústicas de vazão no trecho sub médio do rio São Francisco*.2014.126f. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente, Água e Saneamento) - Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador. 2014.

CONCEIÇÃO, A.; VIANNA, L. F. N.; BACIC, I. L. Z. Análise Espacial do Balanço Hídrico no Meio Rural de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 18, n.4, p. 89-100,out/dez 2013.

CNRH. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução Nº 129 de 29 de junho de 2011. Estabelece diretrizes gerais para a definição de vazões mínimas remanescentes. Disponível em: <http://www.ceivap.org.br/ligislacao/Resolucoes-CNRH/Resolucao-CNRH%20129.pdf>. Acesso em: 07 de fevereiro de 2016.

CNRH. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. Resolução Nº 143 de 10 de julho de 2012. Estabelece Critérios Gerais de Classificação de Barragens por Categoria de Risco, Dano Potencial Associado e pelo Volume do Reservatório. Disponível em: http://www.cnrh.gov.br/index.php?option=com_docman&task=doc_download&gid=1635. Acesso em: 15 de fevereiro de 2016.

CRUZ, J. C.; TUCCI, C. E. M. Estimativa da disponibilidade hídrica através da curva de permanência. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.13, n.1, p. 111-124, jan/mar. 2008.

ELETROBRÁS. Centrais Elétricas Brasileiras S.A. Diretrizes para Estudos e Projetos de Pequenas Centrais Hidrelétricas. Ministério das Minas e Energia. Diretoria de Engenharia. São Paulo, 2000.

FRANCISCO, C. N.; CARVALHO, C. N. Disponibilidade hídrica - da visão global às pequenas bacias hidrográficas: o caso de Angra dos Reis, no Estado do Rio de Janeiro. *Revista de Geociência*, v. 3, n. 3, 2004.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Senso populacional de 1991.

KROL, M. S.; Department of Water Engineering and Management, *Water Resour Manage* University of Twente. Water Resour Manage, 2011.

LEONETI, A. B. Saneamento básico no Brasil: considerações sobre investimentos e sustentabilidade para o século XXI. *Revista de Administração Pública*, v.45, n.2, p. 331-348, mar/abr. 2010.

LIMA, G. E. F. W.; Recursos hídricos no Brasil e no mundo. Planaltina, Brasília: Embrapa, 2001 44pag.

MOLLE. F.; CADIER, E. Manual do pequeno açude: Construir, conservar e aproveitar pequenos açudes no Nordeste brasileiro. Recife: SUDENE, 1992. 523 p.

PALHARES, J. C. P.; Medição da Vazão em Rios pelo Método do Flutuador. Manual Técnico 455. Concórdia SC: EMBRAPA, 2007.

PAIVA, J. B. D; PAIVA, E. M. C. D. Hidrologia aplicada à gestão de pequenas bacias hidrográficas. Porto Alegre: ABNT, 2001. 625pag.

PIERRE, L. F. Avaliação da segurança de pequenas barragens em operação. Salvador: Comitê Brasileiro De Barragens, Xxv Seminário Nacional De Grandes Barragens, 2003.

PRUSKI, F. F. Modelo hidrológico para estimativa do escoamento superficial em áreas agrícolas. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.5, n.2, p.301-307, 2001.

SANTOS, I. Hidrometria aplicada. Curitiba: Instituto de Tecnologia para o Desenvolvimento, 2001. 372pag.

SETTI, A. A. Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos. Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, 2001. 225pag.

SETTI, A. A.; LIMA, J. E. F. W.; CHAVES, A. G. M.; PEREIRA, I. C. Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos. 2ª ed. – Brasília: Agência Nacional de Energia Elétrica, Superintendência de Estudos e Informações Hidrológicas, 2001.

SILVEIRA, G. L.; TUCCI, C. E. M. Monitoramento em pequenas bacias para a estimativa de disponibilidade hídrica. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v.3, n.3, p. 97-11, jul/set. 1998.

TUCCI, C. E. M.; Modelos hidrológicos. Porto Alegre: UFRGS, 1998. 669pag.

TUCCI, C. E. M.; HESPANHOL, I.; NETTO, O. M. C. A gestão da água no Brasil: uma primeira avaliação da situação atual e das perspectivas para 2025. Porto Alegre: UFRGS, 2000.

VON SPERLING, M.; Introdução a qualidade das águas e ao tratamento de esgoto. Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental; Universidade Federal de Minas Gerais. 2005.

APÊNDICES

Apêndice I

Q medida	DATA	Qb [m³/s]	P [mm]	E [mm]	P-E [mm]	Pr(t) (mm)	Pef(t) (mm)	Qs(t) [m³/s]	Q (t) [m³/s]
0,0191	13/01/2015	0,0191	0	4,81	-	4,81	-	0	0,0191
	14/01/2015	0,017868183	0	4,81	-	4,81	-	0	0,0179
	15/01/2015	0,01671581	0	4,81	-	4,81	-	0	0,0167
0,0162	16/01/2015	0,015637757	0	4,81	-	4,81	-	0	0,0156
	17/01/2015	0,014629231	0	4,81	-	4,81	-	0	0,0146
	18/01/2015	0,013685748	0	4,81	-	4,81	-	0	0,0137
0,0125	19/01/2015	0,012803113	0	4,81	-	4,81	-	0	0,0128
	20/01/2015	0,011977402	0	4,81	-	4,81	-	0	0,012
	21/01/2015	0,011204943	0	4,81	-	4,81	-	0	0,0112
	22/01/2015	0,010482302	0	4,81	-	4,81	-	0	0,0105
	23/01/2015	0,009806267	0	4,81	-	4,81	-	0	0,0098
	24/01/2015	0,009173831	0	4,81	-	4,81	-	0	0,0092
	25/01/2015	0,008582183	40,8	4,81	35,99	35,99	33,11	0,191606556	0,2002
	26/01/2015	0,193710324	0	4,81	-	4,81	-	0	0,1937
	27/01/2015	0,181217361	0	4,81	-	4,81	-	0	0,1812
	28/01/2015	0,169530107	0	4,81	-	4,81	-	0	0,1695
	29/01/2015	0,158596599	0	4,81	-	4,81	-	0	0,1586
	30/01/2015	0,148368226	0	4,81	-	4,81	-	0	0,1484
	31/01/2015	0,138799512	0	4,81	-	4,81	-	0	0,1388
	02/01/2015	0,129847913	0	4,880357143	-	4,88	-	0	0,1298
	02/02/2015	0,12147363	19,4	4,880357143	14,52	14,52	13,36	0,077303654	0,1988
	02/03/2015	0,188552673	0	4,880357143	-	4,88	-	0	0,1886
	02/04/2015	0,176392342	0	4,880357143	-	4,88	-	0	0,1764
02/05/2015	0,165016268	0	4,880357143	-	4,88	-	0	0,165	
02/06/2015	0,154373872	0	4,880357143	-	4,88	-	0	0,1544	

02/07/2015	0,144417835	0	4,880357143	-	4,88	-	-	0	0,1444
02/08/2015	0,135103894	0	4,880357143	-	4,88	-	-	0	0,1351
02/09/2015	0,126390636	0,4	4,880357143	-	4,48	-	-	0	0,1264
02/10/2015	0,118239323	0	4,880357143	-	4,88	-	-	0	0,1182
02/11/2015	0,110613713	7,3	4,880357143		2,42	2,42	2,23	0,012882358	0,1235
02/12/2015	0,115963906	0	4,880357143	-	4,88	-	-	0	0,116
13/02/2015	0,108485044	0	4,880357143	-	4,88	-	-	0	0,1085
14/02/2015	0,101488516	0	4,880357143	-	4,88	-	-	0	0,1015
15/02/2015	0,094943216	0,2	4,880357143	-	4,68	-	-	0	0,0949
16/02/2015	0,088820042	3,3	4,880357143	-	1,58	-	-	0	0,0888
17/02/2015	0,083091769	0	4,880357143	-	4,88	-	-	0	0,0831
18/02/2015	0,077732931	0	4,880357143	-	4,88	-	-	0	0,0777
19/02/2015	0,0727197	5,5	4,880357143		0,62	0,62	0,57	0,003299024	0,076
20/02/2015	0,071226798	8,4	4,880357143		3,52	3,52	3,24	0,018738839	0,09
21/02/2015	0,084792557	1	4,880357143	-	3,88	-	-	0	0,0848
22/02/2015	0,07932403	6,7	4,880357143		1,82	1,82	1,67	0,009687913	0,089
23/02/2015	0,083596524	9,5	4,880357143		4,62	4,62	4,25	0,024595321	0,1082
24/02/2015	0,102039908	10,8	4,880357143		5,92	5,92	5,45	0,031516617	0,1336
25/02/2015	0,126001096	2	4,880357143	-	2,88	-	-	0	0,126
26/02/2015	0,117874905	13,5	4,880357143		8,62	8,62	7,93	0,045891617	0,1638
27/02/2015	0,154745338	0,7	4,880357143	-	4,18	-	-	0	0,1547
28/02/2015	0,144765344	0	4,880357143	-	4,88	-	-	0	0,1448
03/01/2015	0,135428991	0	4,615322581	-	4,62	-	-	0	0,1354
03/02/2015	0,126694767	1,4	4,615322581	-	3,22	-	-	0	0,1267
03/03/2015	0,118523839	2,5	4,615322581	-	2,12	-	-	0	0,1185
03/04/2015	0,11087988	0	4,615322581	-	4,62	-	-	0	0,1109
03/05/2015	0,103728902	0	4,615322581	-	4,62	-	-	0	0,1037
03/06/2015	0,097039112	0	4,615322581	-	4,62	-	-	0	0,097
03/07/2015	0,090780767	8	4,615322581		3,38	3,38	3,11	0,018020273	0,1088
03/08/2015	0,102389086	0	4,615322581	-	4,62	-	-	0	0,1024

03/09/2015	0,095785705	0	4,615322581	-	4,62	-	-	0	0,0958
03/10/2015	0,089608196	0	4,615322581	-	4,62	-	-	0	0,0896
03/11/2015	0,083829094	0	4,615322581	-	4,62	-	-	0	0,0838
03/12/2015	0,078422703	0	4,615322581	-	4,62	-	-	0	0,0784
13/03/2015	0,073364986	0	4,615322581	-	4,62	-	-	0	0,0734
14/03/2015	0,068633457	0	4,615322581	-	4,62	-	-	0	0,0686
15/03/2015	0,064207078	0	4,615322581	-	4,62	-	-	0	0,0642
16/03/2015	0,06006617	0	4,615322581	-	4,62	-	-	0	0,0601
17/03/2015	0,056192322	0	4,615322581	-	4,62	-	-	0	0,0562
18/03/2015	0,05256831	0	4,615322581	-	4,62	-	-	0	0,0526
19/03/2015	0,049178021	0	4,615322581	-	4,62	-	-	0	0,0492
20/03/2015	0,046006382	0	4,615322581	-	4,62	-	-	0	0,046
21/03/2015	0,043039292	0	4,615322581	-	4,62	-	-	0	0,043
22/03/2015	0,040263558	0	4,615322581	-	4,62	-	-	0	0,0403
23/03/2015	0,03766684	0	4,615322581	-	4,62	-	-	0	0,0377
24/03/2015	0,035237592	0	4,615322581	-	4,62	-	-	0	0,0352
25/03/2015	0,032965013	0	4,615322581	-	4,62	-	-	0	0,033
26/03/2015	0,030839	4,3	4,615322581	-	0,32	-	-	0	0,0308
27/03/2015	0,0288501	12,8	4,615322581		8,18	8,18	7,53	0,043575829	0,0724
28/03/2015	0,069217832	0	4,615322581	-	4,62	-	-	0	0,0692
29/03/2015	0,064753765	0	4,615322581	-	4,62	-	-	0	0,0648
30/03/2015	0,0605776	0	4,615322581	-	4,62	-	-	0	0,0606
31/03/2015	0,056670768	0	4,615322581	-	4,62	-	-	0	0,0567
04/01/2015	0,053015899	0	2,715	-	2,72	-	-	0	0,053
04/02/2015	0,049596744	0	2,715	-	2,72	-	-	0	0,0496
04/03/2015	0,0463981	0	2,715	-	2,72	-	-	0	0,0464
04/04/2015	0,043405747	0	2,715	-	2,72	-	-	0	0,0434
04/05/2015	0,040606379	0,3	2,715	-	2,42	-	-	0	0,0406
04/06/2015	0,037987552	0	2,715	-	2,72	-	-	0	0,038
04/07/2015	0,03553762	0	2,715	-	2,72	-	-	0	0,0355

04/08/2015	0,033245692	20,6	2,715	17,89	17,89	16,45	0,095221065	0,1285
04/09/2015	0,123378183	2,2	2,715	-	0,52	-	0	0,1234
04/10/2015	0,115421152	0,6	2,715	-	2,12	-	0	0,1154
04/11/2015	0,107977294	56,5	2,715	53,79	53,79	49,48	0,286355324	0,3943
04/12/2015	0,378514057	2,2	2,715	-	0,52	-	0	0,3785
13/04/2015	0,354102544	0	2,715	-	2,72	-	0	0,3541
14/04/2015	0,331265404	0	2,715	-	2,72	-	0	0,3313
15/04/2015	0,309901099	4,8	2,715	2,09	2,09	1,92	0,011100694	0,321
16/04/2015	0,300672078	0,4	2,715	-	2,32	-	0	0,3007
17/04/2015	0,281280829	0	2,715	-	2,72	-	0	0,2813
18/04/2015	0,26314018	1,8	2,715	-	0,92	-	0	0,2631
19/04/2015	0,246169477	0	2,715	-	2,72	-	0	0,2462
20/04/2015	0,230293265	0	2,715	-	2,72	-	0	0,2303
21/04/2015	0,215440958	0	2,715	-	2,72	-	0	0,2154
22/04/2015	0,201546521	0	2,715	-	2,72	-	0	0,2015
23/04/2015	0,188548178	0	2,715	-	2,72	-	0	0,1885
24/04/2015	0,176388138	0,9	2,715	-	1,82	-	0	0,1764
25/04/2015	0,165012335	12,8	2,715	10,09	10,09	9,28	0,053693287	0,2187
26/04/2015	0,206403156	0	2,715	-	2,72	-	0	0,2064
27/04/2015	0,193091595	5	2,715	2,29	2,29	2,10	0,012165509	0,2053
28/04/2015	0,192427859	0,4	2,715	-	2,32	-	0	0,1924
29/04/2015	0,180017606	0	2,715	-	2,72	-	0	0,18
30/04/2015	0,168407728	6,7	2,715	3,99	3,99	3,67	0,021216435	0,1896
05/01/2015	0,178106979	0	1,812903226	-	1,81	-	0	0,1781
05/02/2015	0,166620323	0	1,812903226	-	1,81	-	0	0,1666
05/03/2015	0,155874476	0,6	1,812903226	-	1,21	-	0	0,1559
05/04/2015	0,145821661	21,8	1,812903226	19,99	19,99	18,39	0,106412784	0,2522
05/05/2015	0,239539433	0,4	1,812903226	-	1,41	-	0	0,2395
05/06/2015	0,224090813	10,2	1,812903226	8,39	8,39	7,72	0,044653524	0,2687
05/07/2015	0,252911253	0	1,812903226	-	1,81	-	0	0,2529

05/08/2015	0,236600244	0	1,812903226	-	1,81	-	-	0	0,2366
05/09/2015	0,221341181	11,7	1,812903226		9,89	9,89	9,10	0,052639636	0,274
05/10/2015	0,258078115	10,2	1,812903226		8,39	8,39	7,72	0,044653524	0,3027
05/11/2015	0,284706612	0,6	1,812903226	-	1,21	-	-	0	0,2847
05/12/2015	0,266345024	0,4	1,812903226	-	1,41	-	-	0	0,2663
13/05/2015	0,249167631	0	1,812903226	-	1,81	-	-	0	0,2492
14/05/2015	0,233098059	15	1,812903226		13,19	13,19	12,13	0,07020908	0,3033
15/05/2015	0,286102913	17,2	1,812903226		15,39	15,39	14,16	0,081922043	0,368
16/05/2015	0,347040094	34	1,812903226		32,19	32,19	29,61	0,171366487	0,5184
17/05/2015	0,490725865	33,1	1,812903226		31,29	31,29	28,78	0,166574821	0,6573
18/05/2015	0,620501411	24,4	1,812903226		22,59	22,59	20,78	0,120255376	0,7408
19/05/2015	0,697020202	12,8	1,812903226		10,99	10,99	10,11	0,058496117	0,7555
20/05/2015	0,708754547	38,5	1,812903226		36,69	36,69	33,75	0,195324821	0,9041
21/05/2015	0,852329748	9,5	1,812903226		7,69	7,69	7,07	0,040926673	0,8933
22/05/2015	0,837021557	9,6	1,812903226		7,79	7,79	7,16	0,04145908	0,8785
23/05/2015	0,823216581	5,5	1,812903226		3,69	3,69	3,39	0,019630376	0,8428
24/05/2015	0,78914822	0,7	1,812903226	-	1,11	-	-	0	0,7891
26/05/2015	0,738253672	0,6	1,812903226	-	1,21	-	-	0	0,7383
27/05/2015	0,690641467	9,3	1,812903226		7,49	7,49	6,89	0,039861858	0,7305
28/05/2015	0,684729152	0	1,812903226	-	1,81	-	-	0	0,6847
29/05/2015	0,640568905	0	1,812903226	-	1,81	-	-	0	0,6406
30/05/2015	0,599256685	0	1,812903226	-	1,81	-	-	0	0,5993
31/05/2015	0,560608815	0,4	1,812903226	-	1,41	-	-	0	0,5606
06/01/2015	0,524453462	2,5	1,8375		0,66	0,66	0,61	0,003527199	0,528
06/02/2015	0,494048007	14,5	1,8375		12,66	12,66	11,65	0,067416088	0,5615
06/03/2015	0,527516785	1,8	1,8375	-	0,04	-	-	0	0,5275
06/04/2015	0,493495637	30,6	1,8375		28,76	28,76	26,46	0,153133681	0,6466
06/05/2015	0,610067043	17	1,8375		15,16	15,16	13,95	0,080726273	0,6908
06/06/2015	0,648952008	18,8	1,8375		16,96	16,96	15,61	0,090309606	0,7393
06/07/2015	0,694616157	6,1	1,8375		4,26	4,26	3,92	0,022693866	0,7173

06/08/2015	0,671810385	18,2	1,8375	16,36	16,36	15,05	0,087115162	0,7589
06/09/2015	0,712904665	4,9	1,8375	3,06	3,06	2,82	0,016304977	0,7292
06/10/2015	0,682728082	2,6	1,8375	0,76	0,76	0,70	0,004059606	0,6868
06/11/2015	0,642630964	0,5	1,8375	-	1,34	-	0	0,6426
06/12/2015	0,601185755	0	1,8375	-	1,84	-	0	0,6012
13/06/2015	0,562413473	0	1,8375	-	1,84	-	0	0,5624
14/06/2015	0,526141733	8,6	1,8375	6,76	6,76	6,22	0,036004051	0,5621
15/06/2015	0,527099987	7,2	1,8375	5,36	5,36	4,93	0,028550347	0,5557
16/06/2015	0,520773223	0	1,8375	-	1,84	-	0	0,5208
17/06/2015	0,487186988	0	1,8375	-	1,84	-	0	0,4872
18/06/2015	0,45576683	0	1,8375	-	1,84	-	0	0,4558
19/06/2015	0,426373053	0	1,8375	-	1,84	-	0	0,4264
20/06/2015	0,39887497	5,8	1,8375	3,96	3,96	3,65	0,021096644	0,42
21/06/2015	0,393594606	1,3	1,8375	-	0,54	-	0	0,3936
22/06/2015	0,368210503	9,4	1,8375	7,56	7,56	6,96	0,04026331	0,4085
23/06/2015	0,383481772	0,4	1,8375	-	1,44	-	0	0,3835
24/06/2015	0,358749876	8,9	1,8375	7,06	7,06	6,50	0,037601273	0,3964
25/06/2015	0,372051568	10,8	1,8375	8,96	8,96	8,25	0,047717014	0,4198
26/06/2015	0,394298333	14,3	1,8375	12,46	12,46	11,47	0,066351273	0,4606
27/06/2015	0,43316838	0,5	1,8375	-	1,34	-	0	0,4332
28/06/2015	0,405232046	3,2	1,8375	1,36	1,36	1,25	0,007254051	0,4125
29/06/2015	0,386127148	10,6	1,8375	8,76	8,76	8,06	0,046652199	0,4328
30/06/2015	0,406434247	23,8	1,8375	21,96	21,96	20,21	0,116929977	0,5234
07/01/2015	0,493536305	4,3	2,029032258	2,27	2,27	2,09	0,0120908	0,5056
07/02/2015	0,473423585	1,9	2,029032258	-	0,13	-	0	0,4734
07/03/2015	0,442891071	0	2,029032258	-	2,03	-	0	0,4429
07/04/2015	0,41432769	0	2,029032258	-	2,03	-	0	0,4143
07/05/2015	0,387606448	0	2,029032258	-	2,03	-	0	0,3876
07/06/2015	0,36260854	1,4	2,029032258	-	0,63	-	0	0,3626
07/07/2015	0,339222822	14,2	2,029032258	12,17	12,17	11,20	0,064799134	0,404

07/08/2015	0,380140712	38,4	2,029032258	36,37	36,37	33,46	0,193641726	0,5738
07/09/2015	0,54327816	8,4	2,029032258	6,37	6,37	5,86	0,033919504	0,5772
07/10/2015	0,541111147	1,5	2,029032258	-	0,53	-	0	0,5411
07/11/2015	0,506213258	2,7	2,029032258	0,67	0,67	0,62	0,003572282	0,5098
07/12/2015	0,477027857	0	2,029032258	-	2,03	-	0	0,477
13/07/2015	0,446262893	2,5	2,029032258	0,47	0,47	0,43	0,002507467	0,4488
14/07/2015	0,419911984	0,6	2,029032258	-	1,43	-	0	0,4199
15/07/2015	0,392830594	12,5	2,029032258	10,47	10,47	9,63	0,055748208	0,4486
16/07/2015	0,421520107	4,1	2,029032258	2,07	2,07	1,91	0,011025986	0,4325
17/07/2015	0,40502004	1	2,029032258	-	1,03	-	0	0,405
18/07/2015	0,378899077	9,4	2,029032258	7,37	7,37	6,78	0,039243578	0,4181
19/07/2015	0,392492808	0,9	2,029032258	-	1,13	-	0	0,3925
20/07/2015	0,367179763	7,2	2,029032258	5,17	5,17	4,76	0,027530615	0,3947
21/07/2015	0,370178537	1,6	2,029032258	-	0,43	-	0	0,3702
22/07/2015	0,346304607	0	2,029032258	-	2,03	-	0	0,3463
23/07/2015	0,323970379	0	2,029032258	-	2,03	-	0	0,324
24/07/2015	0,303076553	20,6	2,029032258	18,57	18,57	17,09	0,098873208	0,4019
25/07/2015	0,379346048	3,4	2,029032258	1,37	1,37	1,26	0,007299134	0,3866
26/07/2015	0,361954305	3,1	2,029032258	1,07	1,07	0,99	0,005701912	0,3677
27/07/2015	0,344136376	1,5	2,029032258	-	0,53	-	0	0,3441
28/07/2015	0,321941983	0,4	2,029032258	-	1,63	-	0	0,3219
29/07/2015	0,301178974	0	2,029032258	-	2,03	-	0	0,3012
30/07/2015	0,281755034	0,4	2,029032258	-	1,63	-	0	0,2818
31/07/2015	0,263583802	1,2	2,029032258	-	0,83	-	0	0,2636
08/01/2015	0,246584488	9,3	2,573387097	6,73	6,73	6,19	0,035812985	0,2824
08/02/2015	0,265387075	10,3	2,573387097	7,73	7,73	7,11	0,041137059	0,3065
08/03/2015	0,288136467	1,2	2,573387097	-	1,37	-	0	0,2881
08/04/2015	0,269553678	2,4	2,573387097	-	0,17	-	0	0,2696
08/05/2015	0,252169348	1,2	2,573387097	-	1,37	-	0	0,2522
08/06/2015	0,235906187	2,2	2,573387097	-	0,37	-	0	0,2359

08/07/2015	0,220691886	0,2	2,573387097	-	2,37	-	-	0	0,2207
08/08/2015	0,206458801	0	2,573387097	-	2,57	-	-	0	0,2065
08/09/2015	0,19314365	13,9	2,573387097		11,33	11,33	10,42	0,060303726	0,2534
08/10/2015	0,239126227	3,7	2,573387097		1,13	1,13	1,04	0,005998171	0,2451
08/11/2015	0,229516949	5	2,573387097		2,43	2,43	2,23	0,012919467	0,2424
08/12/2015	0,227234675	4,4	2,573387097		1,83	1,83	1,68	0,009725022	0,237
13/08/2015	0,222003928	0,6	2,573387097	-	1,97	-	-	0	0,222
14/08/2015	0,207686225	16,6	2,573387097		14,03	14,03	12,90	0,074678726	0,2824
15/08/2015	0,266661399	13,1	2,573387097		10,53	10,53	9,68	0,056044467	0,3227
16/08/2015	0,303775041	5	2,573387097		2,43	2,43	2,23	0,012919467	0,3167
17/08/2015	0,29670364	2,6	2,573387097		0,03	0,03	0,02	0,000141689	0,2968
18/08/2015	0,277705635	6,6	2,573387097		4,03	4,03	3,70	0,021437985	0,2991
19/08/2015	0,280570634	0,9	2,573387097	-	1,67	-	-	0	0,2806
20/08/2015	0,262475788	0	2,573387097	-	2,57	-	-	0	0,2625
21/08/2015	0,245547933	0	2,573387097	-	2,57	-	-	0	0,2455
22/08/2015	0,229711806	0,2	2,573387097	-	2,37	-	-	0	0,2297
23/08/2015	0,214896999	0,3	2,573387097	-	2,27	-	-	0	0,2149
24/08/2015	0,201037644	0	2,573387097	-	2,57	-	-	0	0,201
25/08/2015	0,18807212	0	2,573387097	-	2,57	-	-	0	0,1881
26/08/2015	0,175942782	0	2,573387097	-	2,57	-	-	0	0,1759
27/08/2015	0,164595702	0	2,573387097	-	2,57	-	-	0	0,1646
28/08/2015	0,153980429	0	2,573387097	-	2,57	-	-	0	0,154
29/08/2015	0,144049767	0	2,573387097	-	2,57	-	-	0	0,144
30/08/2015	0,134759563	1,9	2,573387097	-	0,67	-	-	0	0,1348
31/08/2015	0,126068512	4,9	2,573387097		2,33	2,33	2,14	0,012387059	0,1385
09/01/2015	0,129941996	7,4	3,434166667		3,97	3,97	3,65	0,02111439	0,1511
09/02/2015	0,142023129	0	3,434166667	-	3,43	-	-	0	0,142
09/03/2015	0,132863629	0	3,434166667	-	3,43	-	-	0	0,1329
09/04/2015	0,124294853	0	3,434166667	-	3,43	-	-	0	0,1243
09/05/2015	0,116278703	0	3,434166667	-	3,43	-	-	0	0,1163

09/06/2015	0,108779539	0	3,434166667	-	3,43	-	-	0	0,1088
09/07/2015	0,101764019	0	3,434166667	-	3,43	-	-	0	0,1018
09/08/2015	0,09520095	0	3,434166667	-	3,43	-	-	0	0,0952
09/09/2015	0,089061154	0	3,434166667	-	3,43	-	-	0	0,0891
09/10/2015	0,083317332	0	3,434166667	-	3,43	-	-	0	0,0833
09/11/2015	0,077943946	0	3,434166667	-	3,43	-	-	0	0,0779
09/12/2015	0,072917106	0	3,434166667	-	3,43	-	-	0	0,0729
13/09/2015	0,068214462	0	3,434166667	-	3,43	-	-	0	0,0682
14/09/2015	0,063815105	0	3,434166667	-	3,43	-	-	0	0,0638
15/09/2015	0,059699477	4,6	3,434166667		1,17	1,17	1,07	0,006206983	0,0659
16/09/2015	0,061864326	3	3,434166667	-	0,43	-	-	0	0,0619
17/09/2015	0,057874509	2,9	3,434166667	-	0,53	-	-	0	0,0579
18/09/2015	0,054142008	0	3,434166667	-	3,43	-	-	0	0,0541
19/09/2015	0,050650226	3,2	3,434166667	-	0,23	-	-	0	0,0507
20/09/2015	0,047383641	5,3	3,434166667		1,87	1,87	1,72	0,009933835	0,0573
21/09/2015	0,053954384	0,5	3,434166667	-	2,93	-	-	0	0,054
22/09/2015	0,050474703	0	3,434166667	-	3,43	-	-	0	0,0505
23/09/2015	0,047219437	0	3,434166667	-	3,43	-	-	0	0,0472
24/09/2015	0,044174114	0	3,434166667	-	3,43	-	-	0	0,0442
25/09/2015	0,041325192	0	3,434166667	-	3,43	-	-	0	0,0413
26/09/2015	0,038660006	0	3,434166667	-	3,43	-	-	0	0,0387
27/09/2015	0,036166705	0,4	3,434166667	-	3,03	-	-	0	0,0362
28/09/2015	0,033834205	0	3,434166667	-	3,43	-	-	0	0,0338
29/09/2015	0,031652135	0	3,434166667	-	3,43	-	-	0	0,0317
30/09/2015	0,029610794	0	3,434166667	-	3,43	-	-	0	0,0296
10/01/2015	0,027701104	0	3,602419355	-	3,60	-	-	0	0,0277
10/02/2015	0,025914577	0	3,602419355	-	3,60	-	-	0	0,0259
10/03/2015	0,024243268	0	3,602419355	-	3,60	-	-	0	0,0242
10/04/2015	0,022679746	0	3,602419355	-	3,60	-	-	0	0,0227
10/05/2015	0,021217061	0	3,602419355	-	3,60	-	-	0	0,0212

10/06/2015	0,019848709	0	3,602419355	-	3,60	-	-	0	0,0198
10/07/2015	0,018568606	4,8	3,602419355		1,20	1,20	1,10	0,006376008	0,0249
10/08/2015	0,023549907	6,3	3,602419355		2,70	2,70	2,48	0,014362119	0,0379
10/09/2015	0,035949111	0	3,602419355	-	3,60	-	-	0	0,0359
10/10/2015	0,033630645	1,6	3,602419355	-	2,00	-	-	0	0,0336
10/11/2015	0,031461703	0	3,602419355	-	3,60	-	-	0	0,0315
10/12/2015	0,029432643	0	3,602419355	-	3,60	-	-	0	0,0294
14/10/2015	0,027534443	0	3,602419355	-	3,60	-	-	0	0,0275
15/10/2015	0,025758664	0,8	3,602419355	-	2,80	-	-	0	0,0258
16/10/2015	0,02409741	0	3,602419355	-	3,60	-	-	0	0,0241
17/10/2015	0,022543295	0	3,602419355	-	3,60	-	-	0	0,0225
18/10/2015	0,02108941	0	3,602419355	-	3,60	-	-	0	0,0211
19/10/2015	0,019729291	0	3,602419355	-	3,60	-	-	0	0,0197
21/10/2015	0,018456889	0	3,602419355	-	3,60	-	-	0	0,0185
22/10/2015	0,017266549	0	3,602419355	-	3,60	-	-	0	0,0173
23/10/2015	0,016152977	0	3,602419355	-	3,60	-	-	0	0,0162
24/10/2015	0,015111223	0	3,602419355	-	3,60	-	-	0	0,0151
25/10/2015	0,014136654	0	3,602419355	-	3,60	-	-	0	0,0141
26/10/2015	0,013224939	0	3,602419355	-	3,60	-	-	0	0,0132
27/10/2015	0,012372023	0,9	3,602419355	-	2,70	-	-	0	0,0124
28/10/2015	0,011574114	0	3,602419355	-	3,60	-	-	0	0,0116
0,0101	29/10/2015	0,010827664	0	3,602419355	-	3,60	-	0	0,0108
	30/10/2015	0,010129356	0	3,602419355	-	3,60	-	0	0,0101
	31/10/2015	0,009476083	0,4	3,602419355	-	3,20	-	0	0,0095
0,0088	11/01/2015	0,008864942	0	4,353333333	-	4,35	-	0	0,0089
	11/02/2015	0,008293215	0	4,353333333	-	4,35	-	0	0,0083
	11/03/2015	0,00775836	0	4,353333333	-	4,35	-	0	0,0078
0,0066	11/04/2015	0,007258	0	4,353333333	-	4,35	-	0	0,0073
	11/05/2015	0,00678991	0	4,353333333	-	4,35	-	0	0,0068

11/06/2015	0,006352008	0	4,353333333	-	4,35	-	-	0	0,0064
11/07/2015	0,005942348	0	4,353333333	-	4,35	-	-	0	0,0059

Apêndice II

Data	Qafluente m3/s	Volume afluente m³	P-E [mm]	Volume m³	Volume remanescente m³	Demanda m³	Volume inicial	balanço	Volume final
13/01/2015	0,0191	1650,24	- 4,81	-8,1888161	319,68	1294	2814	2842,3712	2814
14/01/2015	0,0179	1546,56	- 4,81	-8,1888161	319,68	1294	2814	2738,6912	2738,691184
15/01/2015	0,0167	1442,88	- 4,81	-8,1888161	319,68	1294	2738,691184	2559,7024	2559,702368
16/01/2015	0,0156	1347,84	- 4,81	-8,1888161	319,68	1294	2559,702368	2285,6736	2285,673552
17/01/2015	0,0146	1261,44	- 4,81	-8,1888161	319,68	1294	2285,673552	1925,2447	1925,244735
18/01/2015	0,0137	1183,68	- 4,81	-8,1888161	319,68	1294	1925,244735	1487,0559	1487,055919
19/01/2015	0,0128	1105,92	- 4,81	-8,1888161	319,68	1294	1487,055919	971,1071	971,1071032
20/01/2015	0,012	1036,8	- 4,81	-8,1888161	319,68	1294	971,1071032	386,03829	386,0382871
21/01/2015	0,0112	967,68	- 4,81	-8,1888161	319,68	1294	386,0382871	-268,15053	306
22/01/2015	0,0105	907,2	- 4,81	-8,1888161	319,68	1294	306	-408,66882	306
23/01/2015	0,0098	846,72	- 4,81	-8,1888161	319,68	1294	306	-469,14882	306
24/01/2015	0,0092	794,88	- 4,81	-8,1888161	319,68	1294	306	-520,98882	306
25/01/2015	0,2002	17297,28	35,99	61,252784	319,68	1294	306	16050,853	2814
26/01/2015	0,1937	16735,68	4,81	-8,1888161	319,68	1294	2814	17927,811	2814
27/01/2015	0,1812	15655,68	4,81	-8,1888161	319,68	1294	2814	16847,811	2814
28/01/2015	0,1695	14644,8	4,81	-8,1888161	319,68	1294	2814	15836,931	2814
29/01/2015	0,1586	13703,04	4,81	-8,1888161	319,68	1294	2814	14895,171	2814
30/01/2015	0,1484	12821,76	4,81	-8,1888161	319,68	1294	2814	14013,891	2814
31/01/2015	0,1388	11992,32	4,81	-8,1888161	319,68	1294	2814	13184,451	2814
02/01/2015	0,1298	11214,72	4,88	-8,3063679	319,68	1294	2814	12406,734	2814
02/02/2015	0,1988	17176,32	14,52	24,712432	319,68	1294	2814	18401,352	2814
02/03/2015	0,1886	16295,04	4,88	-8,3063679	319,68	1294	2814	17487,054	2814

02/04/2015	0,1764	15240,96	- 4,88	-8,3063679	319,68	1294	2814	16432,974	2814
02/05/2015	0,165	14256	- 4,88	-8,3063679	319,68	1294	2814	15448,014	2814
02/06/2015	0,1544	13340,16	- 4,88	-8,3063679	319,68	1294	2814	14532,174	2814
02/07/2015	0,1444	12476,16	- 4,88	-8,3063679	319,68	1294	2814	13668,174	2814
02/08/2015	0,1351	11672,64	- 4,88	-8,3063679	319,68	1294	2814	12864,654	2814
02/09/2015	0,1264	10920,96	- 4,48	-7,6255679	319,68	1294	2814	12113,654	2814
02/10/2015	0,1182	10212,48	- 4,88	-8,3063679	319,68	1294	2814	11404,494	2814
02/11/2015	0,1235	10670,4	- 2,42	4,1182321	319,68	1294	2814	11874,838	2814
02/12/2015	0,116	10022,4	- 4,88	-8,3063679	319,68	1294	2814	11214,414	2814
13/02/2015	0,1085	9374,4	- 4,88	-8,3063679	319,68	1294	2814	10566,414	2814
14/02/2015	0,1015	8769,6	- 4,88	-8,3063679	319,68	1294	2814	9961,6136	2814
15/02/2015	0,0949	8199,36	- 4,68	-7,9659679	319,68	1294	2814	9391,714	2814
16/02/2015	0,0888	7672,32	- 1,58	-2,6897679	319,68	1294	2814	8869,9502	2814
17/02/2015	0,0831	7179,84	- 4,88	-8,3063679	319,68	1294	2814	8371,8536	2814
18/02/2015	0,0777	6713,28	- 4,88	-8,3063679	319,68	1294	2814	7905,2936	2814
19/02/2015	0,076	6566,4	0,62	1,0546321	319,68	1294	2814	7767,7746	2814
20/02/2015	0,09	7776	3,52	5,9904321	319,68	1294	2814	8982,3104	2814
21/02/2015	0,0848	7326,72	- 3,88	-6,6043679	319,68	1294	2814	8520,4356	2814
22/02/2015	0,089	7689,6	1,82	3,0970321	319,68	1294	2814	8893,017	2814
23/02/2015	0,1082	9348,48	4,62	7,8626321	319,68	1294	2814	10556,663	2814
24/02/2015	0,1336	11543,04	5,92	10,075232	319,68	1294	2814	12753,435	2814
25/02/2015	0,126	10886,4	- 2,88	-4,9023679	319,68	1294	2814	12081,818	2814
26/02/2015	0,1638	14152,32	8,62	14,670632	319,68	1294	2814	15367,311	2814

27/02/2015	0,1547	13366,08	4,18	-7,1149679	319,68	1294	2814	14559,285	2814
28/02/2015	0,1448	12510,72	4,88	-8,3063679	319,68	1294	2814	13702,734	2814
03/01/2015	0,1354	11698,56	4,62	-7,855279	319,68	1294	2814	12891,025	2814
03/02/2015	0,1267	10946,88	3,22	-5,472479	319,68	1294	2814	12141,728	2814
03/03/2015	0,1185	10238,4	2,12	-3,600279	319,68	1294	2814	11435,12	2814
03/04/2015	0,1109	9581,76	4,62	-7,855279	319,68	1294	2814	10774,225	2814
03/05/2015	0,1037	8959,68	4,62	-7,855279	319,68	1294	2814	10152,145	2814
03/06/2015	0,097	8380,8	4,62	-7,855279	319,68	1294	2814	9573,2647	2814
03/07/2015	0,1088	9400,32	3,38	5,760721	319,68	1294	2814	10606,401	2814
03/08/2015	0,1024	8847,36	4,62	-7,855279	319,68	1294	2814	10039,825	2814
03/09/2015	0,0958	8277,12	4,62	-7,855279	319,68	1294	2814	9469,5847	2814
03/10/2015	0,0896	7741,44	4,62	-7,855279	319,68	1294	2814	8933,9047	2814
03/11/2015	0,0838	7240,32	4,62	-7,855279	319,68	1294	2814	8432,7847	2814
03/12/2015	0,0784	6773,76	4,62	-7,855279	319,68	1294	2814	7966,2247	2814
13/03/2015	0,0734	6341,76	4,62	-7,855279	319,68	1294	2814	7534,2247	2814
14/03/2015	0,0686	5927,04	4,62	-7,855279	319,68	1294	2814	7119,5047	2814
15/03/2015	0,0642	5546,88	4,62	-7,855279	319,68	1294	2814	6739,3447	2814
16/03/2015	0,0601	5192,64	4,62	-7,855279	319,68	1294	2814	6385,1047	2814
17/03/2015	0,0562	4855,68	4,62	-7,855279	319,68	1294	2814	6048,1447	2814
18/03/2015	0,0526	4544,64	4,62	-7,855279	319,68	1294	2814	5737,1047	2814
19/03/2015	0,0492	4250,88	4,62	-7,855279	319,68	1294	2814	5443,3447	2814
20/03/2015	0,046	3974,4	4,62	-7,855279	319,68	1294	2814	5166,8647	2814
21/03/2015	0,043	3715,2	4,62	-7,855279	319,68	1294	2814	4907,6647	2814

22/03/2015	0,0403	3481,92	-	4,62	-7,855279	319,68	1294	2814	4674,3847	2814
23/03/2015	0,0377	3257,28	-	4,62	-7,855279	319,68	1294	2814	4449,7447	2814
24/03/2015	0,0352	3041,28	-	4,62	-7,855279	319,68	1294	2814	4233,7447	2814
25/03/2015	0,033	2851,2	-	4,62	-7,855279	319,68	1294	2814	4043,6647	2814
26/03/2015	0,0308	2661,12	-	0,32	-0,536679	319,68	1294	2814	3860,9033	2814
27/03/2015	0,0724	6255,36	-	8,18	13,930321	319,68	1294	2814	7469,6103	2814
28/03/2015	0,0692	5978,88	-	4,62	-7,855279	319,68	1294	2814	7171,3447	2814
29/03/2015	0,0648	5598,72	-	4,62	-7,855279	319,68	1294	2814	6791,1847	2814
30/03/2015	0,0606	5235,84	-	4,62	-7,855279	319,68	1294	2814	6428,3047	2814
31/03/2015	0,0567	4898,88	-	4,62	-7,855279	319,68	1294	2814	6091,3447	2814
04/01/2015	0,053	4579,2	-	2,72	-4,62093	319,68	1294	2814	5774,8991	2814
04/02/2015	0,0496	4285,44	-	2,72	-4,62093	319,68	1294	2814	5481,1391	2814
04/03/2015	0,0464	4008,96	-	2,72	-4,62093	319,68	1294	2814	5204,6591	2814
04/04/2015	0,0434	3749,76	-	2,72	-4,62093	319,68	1294	2814	4945,4591	2814
04/05/2015	0,0406	3507,84	-	2,42	-4,11033	319,68	1294	2814	4704,0497	2814
04/06/2015	0,038	3283,2	-	2,72	-4,62093	319,68	1294	2814	4478,8991	2814
04/07/2015	0,0355	3067,2	-	2,72	-4,62093	319,68	1294	2814	4262,8991	2814
04/08/2015	0,1285	11102,4	-	17,89	30,44027	319,68	1294	2814	12333,16	2814
04/09/2015	0,1234	10661,76	-	0,52	-0,87653	319,68	1294	2814	11861,203	2814
04/10/2015	0,1154	9970,56	-	2,12	-3,59973	319,68	1294	2814	11167,28	2814
04/11/2015	0,3943	34067,52	-	53,79	91,54207	319,68	1294	2814	35359,382	2814
04/12/2015	0,3785	32702,4	-	0,52	-0,87653	319,68	1294	2814	33901,843	2814
13/04/2015	0,3541	30594,24	-	2,72	-4,62093	319,68	1294	2814	31789,939	2814

14/04/2015	0,3313	28624,32	-	2,72	-4,62093	319,68	1294	2814	29820,019	2814
15/04/2015	0,321	27734,4	-	2,09	3,54867	319,68	1294	2814	28938,269	2814
16/04/2015	0,3007	25980,48	-	2,32	-3,94013	319,68	1294	2814	27176,86	2814
17/04/2015	0,2813	24304,32	-	2,72	-4,62093	319,68	1294	2814	25500,019	2814
18/04/2015	0,2631	22731,84	-	0,92	-1,55733	319,68	1294	2814	23930,603	2814
19/04/2015	0,2462	21271,68	-	2,72	-4,62093	319,68	1294	2814	22467,379	2814
20/04/2015	0,2303	19897,92	-	2,72	-4,62093	319,68	1294	2814	21093,619	2814
21/04/2015	0,2154	18610,56	-	2,72	-4,62093	319,68	1294	2814	19806,259	2814
22/04/2015	0,2015	17409,6	-	2,72	-4,62093	319,68	1294	2814	18605,299	2814
23/04/2015	0,1885	16286,4	-	2,72	-4,62093	319,68	1294	2814	17482,099	2814
24/04/2015	0,1764	15240,96	-	1,82	-3,08913	319,68	1294	2814	16438,191	2814
25/04/2015	0,2187	18895,68	-	10,09	17,16467	319,68	1294	2814	20113,165	2814
26/04/2015	0,2064	17832,96	-	2,72	-4,62093	319,68	1294	2814	19028,659	2814
27/04/2015	0,2053	17737,92	-	2,29	3,88907	319,68	1294	2814	18942,129	2814
28/04/2015	0,1924	16623,36	-	2,32	-3,94013	319,68	1294	2814	17819,74	2814
29/04/2015	0,18	15552	-	2,72	-4,62093	319,68	1294	2814	16747,699	2814
30/04/2015	0,1896	16381,44	-	3,99	6,78247	319,68	1294	2814	17588,542	2814
05/01/2015	0,1781	15387,84	-	1,81	-3,0855613	319,68	1294	2814	16585,074	2814
05/02/2015	0,1666	14394,24	-	1,81	-3,0855613	319,68	1294	2814	15591,474	2814
05/03/2015	0,1559	13469,76	-	1,21	-2,0643613	319,68	1294	2814	14668,016	2814
05/04/2015	0,2522	21790,08	-	19,99	34,018039	319,68	1294	2814	23024,418	2814
05/05/2015	0,2395	20692,8	-	1,41	-2,4047613	319,68	1294	2814	21890,715	2814
05/06/2015	0,2687	23215,68	-	8,39	14,274839	319,68	1294	2814	24430,275	2814

05/07/2015	0,2529	21850,56	-	1,81	-3,0855613	319,68	1294	2814	23047,794	2814
05/08/2015	0,2366	20442,24	-	1,81	-3,0855613	319,68	1294	2814	21639,474	2814
05/09/2015	0,274	23673,6	9,89	16,827839	319,68	1294	2814	24890,748	2814	
05/10/2015	0,3027	26153,28	8,39	14,274839	319,68	1294	2814	27367,875	2814	
05/11/2015	0,2847	24598,08	-	1,21	-2,0643613	319,68	1294	2814	25796,336	2814
05/12/2015	0,2663	23008,32	-	1,41	-2,4047613	319,68	1294	2814	24206,235	2814
13/05/2015	0,2492	21530,88	-	1,81	-3,0855613	319,68	1294	2814	22728,114	2814
14/05/2015	0,3033	26205,12	13,19	22,444439	319,68	1294	2814	27427,884	2814	
15/05/2015	0,368	31795,2	15,39	26,188839	319,68	1294	2814	33021,709	2814	
16/05/2015	0,5184	44789,76	32,19	54,782439	319,68	1294	2814	46044,862	2814	
17/05/2015	0,6573	56790,72	31,29	53,250639	319,68	1294	2814	58044,291	2814	
18/05/2015	0,7408	64005,12	22,59	38,443239	319,68	1294	2814	65243,883	2814	
19/05/2015	0,7555	65275,2	10,99	18,700039	319,68	1294	2814	66494,22	2814	
20/05/2015	0,9041	78114,24	36,69	62,441439	319,68	1294	2814	79377,001	2814	
21/05/2015	0,8933	77181,12	7,69	13,083439	319,68	1294	2814	78394,523	2814	
22/05/2015	0,8785	75902,4	7,79	13,253639	319,68	1294	2814	77115,974	2814	
23/05/2015	0,8428	72817,92	3,69	6,2754387	319,68	1294	2814	74024,515	2814	
24/05/2015	0,7891	68178,24	-	1,11	-1,8941613	319,68	1294	2814	69376,666	2814
26/05/2015	0,7383	63789,12	-	1,21	-2,0643613	319,68	1294	2814	64987,376	2814
27/05/2015	0,7305	63115,2	7,49	12,743039	319,68	1294	2814	64328,263	2814	
28/05/2015	0,6847	59158,08	-	1,81	-3,0855613	319,68	1294	2814	60355,314	2814
29/05/2015	0,6406	55347,84	-	1,81	-3,0855613	319,68	1294	2814	56545,074	2814
30/05/2015	0,5993	51779,52	-	1,81	-3,0855613	319,68	1294	2814	52976,754	2814

31/05/2015	0,5606	48435,84	1,41	-2,4047613	319,68	1294	2814	49633,755	2814
06/01/2015	0,528	45619,2	0,66	1,127575	319,68	1294	2814	46820,648	2814
06/02/2015	0,5615	48513,6	12,66	21,551575	319,68	1294	2814	49735,472	2814
06/03/2015	0,5275	45576	0,04	-0,063825	319,68	1294	2814	46776,256	2814
06/04/2015	0,6466	55866,24	28,76	48,953775	319,68	1294	2814	57115,514	2814
06/05/2015	0,6908	59685,12	15,16	25,806575	319,68	1294	2814	60911,247	2814
06/06/2015	0,7393	63875,52	16,96	28,870175	319,68	1294	2814	65104,71	2814
06/07/2015	0,7173	61974,72	4,26	7,254775	319,68	1294	2814	63182,295	2814
06/08/2015	0,7589	65568,96	16,36	27,848975	319,68	1294	2814	66797,129	2814
06/09/2015	0,7292	63002,88	3,06	5,212375	319,68	1294	2814	64208,412	2814
06/10/2015	0,6868	59339,52	0,76	1,297775	319,68	1294	2814	60541,138	2814
06/11/2015	0,6426	55520,64	1,34	-2,276425	319,68	1294	2814	56718,684	2814
06/12/2015	0,6012	51943,68	1,84	-3,127425	319,68	1294	2814	53140,873	2814
13/06/2015	0,5624	48591,36	1,84	-3,127425	319,68	1294	2814	49788,553	2814
14/06/2015	0,5621	48565,44	6,76	11,509775	319,68	1294	2814	49777,27	2814
15/06/2015	0,5557	48012,48	5,36	9,126975	319,68	1294	2814	49221,927	2814
16/06/2015	0,5208	44997,12	1,84	-3,127425	319,68	1294	2814	46194,313	2814
17/06/2015	0,4872	42094,08	1,84	-3,127425	319,68	1294	2814	43291,273	2814
18/06/2015	0,4558	39381,12	1,84	-3,127425	319,68	1294	2814	40578,313	2814
19/06/2015	0,4264	36840,96	1,84	-3,127425	319,68	1294	2814	38038,153	2814
20/06/2015	0,42	36288	3,96	6,744175	319,68	1294	2814	37495,064	2814
21/06/2015	0,3936	34007,04	0,54	-0,914825	319,68	1294	2814	35206,445	2814
22/06/2015	0,4085	35294,4	7,56	12,871375	319,68	1294	2814	36507,591	2814

23/06/2015	0,3835	33134,4	1,44	-2,446625	319,68	1294	2814	34332,273	2814
24/06/2015	0,3964	34248,96	7,06	12,020375	319,68	1294	2814	35461,3	2814
25/06/2015	0,4198	36270,72	8,96	15,254175	319,68	1294	2814	37486,294	2814
26/06/2015	0,4606	39795,84	12,46	21,211175	319,68	1294	2814	41017,371	2814
27/06/2015	0,4332	37428,48	1,34	-2,276425	319,68	1294	2814	38626,524	2814
28/06/2015	0,4125	35640	1,36	2,318975	319,68	1294	2814	36842,639	2814
29/06/2015	0,4328	37393,92	8,76	14,913775	319,68	1294	2814	38609,154	2814
30/06/2015	0,5234	45221,76	21,96	37,380175	319,68	1294	2814	46459,46	2814
07/01/2015	0,5056	43683,84	2,27	3,8651871	319,68	1294	2814	44888,025	2814
07/02/2015	0,4734	40901,76	0,13	-0,2196129	319,68	1294	2814	42101,86	2814
07/03/2015	0,4429	38266,56	2,03	-3,4534129	319,68	1294	2814	39463,427	2814
07/04/2015	0,4143	35795,52	2,03	-3,4534129	319,68	1294	2814	36992,387	2814
07/05/2015	0,3876	33488,64	2,03	-3,4534129	319,68	1294	2814	34685,507	2814
07/06/2015	0,3626	31328,64	0,63	-1,0706129	319,68	1294	2814	32527,889	2814
07/07/2015	0,404	34905,6	12,17	20,714987	319,68	1294	2814	36126,635	2814
07/08/2015	0,5738	49576,32	36,37	61,903387	319,68	1294	2814	50838,543	2814
07/09/2015	0,5772	49870,08	6,37	10,843387	319,68	1294	2814	51081,243	2814
07/10/2015	0,5411	46751,04	0,53	-0,9004129	319,68	1294	2814	47950,46	2814
07/11/2015	0,5098	44046,72	0,67	1,1419871	319,68	1294	2814	45248,182	2814
07/12/2015	0,477	41212,8	2,03	-3,4534129	319,68	1294	2814	42409,667	2814
13/07/2015	0,4488	38776,32	0,47	0,8015871	319,68	1294	2814	39977,442	2814
14/07/2015	0,4199	36279,36	1,43	-2,4322129	319,68	1294	2814	37477,248	2814
15/07/2015	0,4486	38759,04	10,47	17,821587	319,68	1294	2814	39977,182	2814

16/07/2015	0,4325	37368	2,07	3,5247871	319,68	1294	2814	38571,845	2814
17/07/2015	0,405	34992	1,03	-1,7514129	319,68	1294	2814	36190,569	2814
18/07/2015	0,4181	36123,84	7,37	12,545387	319,68	1294	2814	37336,705	2814
19/07/2015	0,3925	33912	1,13	-1,9216129	319,68	1294	2814	35110,398	2814
20/07/2015	0,3947	34102,08	5,17	8,8009871	319,68	1294	2814	35311,201	2814
21/07/2015	0,3702	31985,28	0,43	-0,7302129	319,68	1294	2814	33184,87	2814
22/07/2015	0,3463	29920,32	2,03	-3,4534129	319,68	1294	2814	31117,187	2814
23/07/2015	0,324	27993,6	2,03	-3,4534129	319,68	1294	2814	29190,467	2814
24/07/2015	0,4019	34724,16	18,57	31,607787	319,68	1294	2814	35956,088	2814
25/07/2015	0,3866	33402,24	1,37	2,3333871	319,68	1294	2814	34604,893	2814
26/07/2015	0,3677	31769,28	1,07	1,8227871	319,68	1294	2814	32971,423	2814
27/07/2015	0,3441	29730,24	0,53	-0,9004129	319,68	1294	2814	30929,66	2814
28/07/2015	0,3219	27812,16	1,63	-2,7726129	319,68	1294	2814	29009,707	2814
29/07/2015	0,3012	26023,68	2,03	-3,4534129	319,68	1294	2814	27220,547	2814
30/07/2015	0,2818	24347,52	1,63	-2,7726129	319,68	1294	2814	25545,067	2814
31/07/2015	0,2636	22775,04	0,83	-1,4110129	319,68	1294	2814	23973,949	2814
08/01/2015	0,2824	24399,36	6,73	11,448695	319,68	1294	2814	25611,129	2814
08/02/2015	0,3065	26481,6	7,73	13,150695	319,68	1294	2814	27695,071	2814
08/03/2015	0,2881	24891,84	1,37	-2,3375048	319,68	1294	2814	26089,822	2814
08/04/2015	0,2696	23293,44	0,17	-0,2951048	319,68	1294	2814	24493,465	2814
08/05/2015	0,2522	21790,08	1,37	-2,3375048	319,68	1294	2814	22988,062	2814
08/06/2015	0,2359	20381,76	0,37	-0,6355048	319,68	1294	2814	21581,444	2814
08/07/2015	0,2207	19068,48	2,37	-4,0395048	319,68	1294	2814	20264,76	2814

08/08/2015	0,2065	17841,6	-	2,57	-4,3799048	319,68	1294	2814	19037,54	2814
08/09/2015	0,2534	21893,76	11,33	11,33	19,277895	319,68	1294	2814	23113,358	2814
08/10/2015	0,2451	21176,64	1,13	1,13	1,9174952	319,68	1294	2814	22378,877	2814
08/11/2015	0,2424	20943,36	2,43	2,43	4,1300952	319,68	1294	2814	22147,81	2814
08/12/2015	0,237	20476,8	1,83	1,83	3,1088952	319,68	1294	2814	21680,229	2814
13/08/2015	0,222	19180,8	-	1,97	-3,3587048	319,68	1294	2814	20377,761	2814
14/08/2015	0,2824	24399,36	14,03	14,03	23,873295	319,68	1294	2814	25623,553	2814
15/08/2015	0,3227	27881,28	10,53	10,53	17,916295	319,68	1294	2814	29099,516	2814
16/08/2015	0,3167	27362,88	2,43	2,43	4,1300952	319,68	1294	2814	28567,33	2814
17/08/2015	0,2968	25643,52	0,03	0,03	0,0452952	319,68	1294	2814	26843,885	2814
18/08/2015	0,2991	25842,24	4,03	4,03	6,8532952	319,68	1294	2814	27049,413	2814
19/08/2015	0,2806	24243,84	-	1,67	-2,8481048	319,68	1294	2814	25441,312	2814
20/08/2015	0,2625	22680	-	2,57	-4,3799048	319,68	1294	2814	23875,94	2814
21/08/2015	0,2455	21211,2	-	2,57	-4,3799048	319,68	1294	2814	22407,14	2814
22/08/2015	0,2297	19846,08	-	2,37	-4,0395048	319,68	1294	2814	21042,36	2814
23/08/2015	0,2149	18567,36	-	2,27	-3,8693048	319,68	1294	2814	19763,811	2814
24/08/2015	0,201	17366,4	-	2,57	-4,3799048	319,68	1294	2814	18562,34	2814
25/08/2015	0,1881	16251,84	-	2,57	-4,3799048	319,68	1294	2814	17447,78	2814
26/08/2015	0,1759	15197,76	-	2,57	-4,3799048	319,68	1294	2814	16393,7	2814
27/08/2015	0,1646	14221,44	-	2,57	-4,3799048	319,68	1294	2814	15417,38	2814
28/08/2015	0,154	13305,6	-	2,57	-4,3799048	319,68	1294	2814	14501,54	2814
29/08/2015	0,144	12441,6	-	2,57	-4,3799048	319,68	1294	2814	13637,54	2814
30/08/2015	0,1348	11646,72	-	0,67	-1,1461048	319,68	1294	2814	12845,894	2814

31/08/2015	0,1385	11966,4	2,33	3,9598952	319,68	1294	2814	13170,68	2814
09/01/2015	0,1511	13055,04	3,97	6,7498483	319,68	1294	2814	14262,11	2814
09/02/2015	0,142	12268,8	3,43	-5,8449517	319,68	1294	2814	13463,275	2814
09/03/2015	0,1329	11482,56	3,43	-5,8449517	319,68	1294	2814	12677,035	2814
09/04/2015	0,1243	10739,52	3,43	-5,8449517	319,68	1294	2814	11933,995	2814
09/05/2015	0,1163	10048,32	3,43	-5,8449517	319,68	1294	2814	11242,795	2814
09/06/2015	0,1088	9400,32	3,43	-5,8449517	319,68	1294	2814	10594,795	2814
09/07/2015	0,1018	8795,52	3,43	-5,8449517	319,68	1294	2814	9989,995	2814
09/08/2015	0,0952	8225,28	3,43	-5,8449517	319,68	1294	2814	9419,755	2814
09/09/2015	0,0891	7698,24	3,43	-5,8449517	319,68	1294	2814	8892,715	2814
09/10/2015	0,0833	7197,12	3,43	-5,8449517	319,68	1294	2814	8391,595	2814
09/11/2015	0,0779	6730,56	3,43	-5,8449517	319,68	1294	2814	7925,035	2814
09/12/2015	0,0729	6298,56	3,43	-5,8449517	319,68	1294	2814	7493,035	2814
13/09/2015	0,0682	5892,48	3,43	-5,8449517	319,68	1294	2814	7086,955	2814
14/09/2015	0,0638	5512,32	3,43	-5,8449517	319,68	1294	2814	6706,795	2814
15/09/2015	0,0659	5693,76	1,17	1,9842483	319,68	1294	2814	6896,0642	2814
16/09/2015	0,0619	5348,16	0,43	-0,7389517	319,68	1294	2814	6547,741	2814
17/09/2015	0,0579	5002,56	0,53	-0,9091517	319,68	1294	2814	6201,9708	2814
18/09/2015	0,0541	4674,24	3,43	-5,8449517	319,68	1294	2814	5868,715	2814
19/09/2015	0,0507	4380,48	0,23	-0,3985517	319,68	1294	2814	5580,4014	2814
20/09/2015	0,0573	4950,72	1,87	3,1756483	319,68	1294	2814	6154,2156	2814
21/09/2015	0,054	4665,6	2,93	-4,9939517	319,68	1294	2814	5860,926	2814
22/09/2015	0,0505	4363,2	3,43	-5,8449517	319,68	1294	2814	5557,675	2814

23/09/2015	0,0472	4078,08	3,43	-5,8449517	319,68	1294	2814	5272,555	2814
24/09/2015	0,0442	3818,88	3,43	-5,8449517	319,68	1294	2814	5013,355	2814
25/09/2015	0,0413	3568,32	3,43	-5,8449517	319,68	1294	2814	4762,795	2814
26/09/2015	0,0387	3343,68	3,43	-5,8449517	319,68	1294	2814	4538,155	2814
27/09/2015	0,0362	3127,68	3,03	-5,1641517	319,68	1294	2814	4322,8358	2814
28/09/2015	0,0338	2920,32	3,43	-5,8449517	319,68	1294	2814	4114,795	2814
29/09/2015	0,0317	2738,88	3,43	-5,8449517	319,68	1294	2814	3933,355	2814
30/09/2015	0,0296	2557,44	3,43	-5,8449517	319,68	1294	2814	3751,915	2814
10/01/2015	0,0277	2393,28	3,60	-6,1313177	319,68	1294	2814	3587,4687	2814
10/02/2015	0,0259	2237,76	3,60	-6,1313177	319,68	1294	2814	3431,9487	2814
10/03/2015	0,0242	2090,88	3,60	-6,1313177	319,68	1294	2814	3285,0687	2814
10/04/2015	0,0227	1961,28	3,60	-6,1313177	319,68	1294	2814	3155,4687	2814
10/05/2015	0,0212	1831,68	3,60	-6,1313177	319,68	1294	2814	3025,8687	2814
10/06/2015	0,0198	1710,72	3,60	-6,1313177	319,68	1294	2814	2904,9087	2814
10/07/2015	0,0249	2151,36	1,20	2,0382823	319,68	1294	2814	3353,7183	2814
10/08/2015	0,0379	3274,56	2,70	4,5912823	319,68	1294	2814	4479,4713	2814
10/09/2015	0,0359	3101,76	3,60	-6,1313177	319,68	1294	2814	4295,9487	2814
10/10/2015	0,0336	2903,04	2,00	-3,4081177	319,68	1294	2814	4099,9519	2814
10/11/2015	0,0315	2721,6	3,60	-6,1313177	319,68	1294	2814	3915,7887	2814
10/12/2015	0,0294	2540,16	3,60	-6,1313177	319,68	1294	2814	3734,3487	2814
14/10/2015	0,0275	2376	3,60	-6,1313177	319,68	1294	2814	3570,1887	2814
15/10/2015	0,0258	2229,12	2,80	-4,7697177	319,68	1294	2814	3424,6703	2814
16/10/2015	0,0241	2082,24	3,60	-6,1313177	319,68	1294	2814	3276,4287	2814

17/10/2015	0,0225	1944	3,60	-6,1313177	319,68	1294	2814	3138,1887	2814
18/10/2015	0,0211	1823,04	3,60	-6,1313177	319,68	1294	2814	3017,2287	2814
19/10/2015	0,0197	1702,08	3,60	-6,1313177	319,68	1294	2814	2896,2687	2814
21/10/2015	0,0185	1598,4	3,60	-6,1313177	319,68	1294	2814	2792,5887	2792,588682
22/10/2015	0,0173	1494,72	3,60	-6,1313177	319,68	1294	2792,588682	2667,4974	2667,497365
23/10/2015	0,0162	1399,68	3,60	-6,1313177	319,68	1294	2667,497365	2447,366	2447,366047
24/10/2015	0,0151	1304,64	3,60	-6,1313177	319,68	1294	2447,366047	2132,1947	2132,194729
25/10/2015	0,0141	1218,24	3,60	-6,1313177	319,68	1294	2132,194729	1730,6234	1730,623411
26/10/2015	0,0132	1140,48	3,60	-6,1313177	319,68	1294	1730,623411	1251,2921	1251,292094
27/10/2015	0,0124	1071,36	2,70	-4,5995177	319,68	1294	1251,292094	704,37258	704,3725758
28/10/2015	0,0116	1002,24	3,60	-6,1313177	319,68	1294	704,3725758	86,801258	306
29/10/2015	0,0108	933,12	3,60	-6,1313177	319,68	1294	306	-380,69132	306
30/10/2015	0,0101	872,64	3,60	-6,1313177	319,68	1294	306	-441,17132	306
31/10/2015	0,0095	820,8	3,20	-5,4505177	319,68	1294	306	-492,33052	306
11/01/2015	0,0089	768,96	4,35	-7,4093733	319,68	1294	306	-546,12937	306
11/02/2015	0,0083	717,12	4,35	-7,4093733	319,68	1294	306	-597,96937	306
11/03/2015	0,0078	673,92	4,35	-7,4093733	319,68	1294	306	-641,16937	306
11/04/2015	0,0073	630,72	4,35	-7,4093733	319,68	1294	306	-684,36937	306
11/05/2015	0,0068	587,52	4,35	-7,4093733	319,68	1294	306	-727,56937	306
11/06/2015	0,0064	552,96	4,35	-7,4093733	319,68	1294	306	-762,12937	306
11/07/2015	0,0059	509,76	4,35	-7,4093733	319,68	1294	306	-805,32937	306
11/08/2015	0,0056	483,84	4,35	-7,4093733	319,68	1294	306	-831,24937	306