



FUNDAÇÃO PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS - FUPAC
FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS DE UBÁ
ENGENHARIA CIVIL

GUILHERME PERIM BURATO

BARRAGINHAS PARA CONTENÇÃO DA ÁGUA DECORRENTE DO
ESCOAMENTO SUPERFICIAL

UBÁ/MG

2015

GUILHERME PERIM BURATO

**BARRAGINHAS PARA CONTENÇÃO DA ÁGUA DECORRENTE DO
ESCOAMENTO SUPERFICIAL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao curso de graduação em Engenharia Civil da Faculdade Presidente Antônio Carlos de Ubá como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil.

Orientadora: Me. Iracema Mauro Batista.

UBÁ/MG

2015

BARRAGINHAS PARA A CONTENÇÃO DA ÁGUA DECORRENTE DO ESCOAMENTO SUPERFICIAL

Resumo

O trabalho tem como objetivo mostrar o processo construtivo das barraginhas, suas características, vantagens, limitações e precauções para instalação desse sistema. As barraginhas são pequenas bacias escavadas em formato de pratos ou meia lua, com diâmetro médio de 16 m e profundidade média de 1,8 m. Normalmente, elas são construídas dispersas ao longo de propriedades rurais e beira de estradas. Esses reservatórios em forma de bacia, caixa ou terraço, tem como principal função interceptar as enxurradas, ou seja, coletar a água das chuvas, promovendo a infiltração da água acumulada e retendo os sedimentos de solo. Seria uma forma sustentável de aproveitamento da água e preservação do local. O processo construtivo das barraginhas tem como seu início o dimensionamento, locação e por fim sua construção, analisando seu melhor posicionamento, dissipador de energia para o canal de admissão e a melhor época de implantação para que o projeto tenha maior eficiência. O sistema mostra-se viável, desde que respeitadas as suas exigências, locais e as condicionantes de dimensionamento, posicionamento, locação, construção das barraginhas e manutenção das mesmas. Reduzindo o processo da erosão e o assoreamento em cursos de água, elevando o nível do lençol freático através da infiltração. Sendo que o projeto barraginhas não pode ser encarado como a solução definitiva para a seca e sim como mais uma alternativa técnica e economicamente viável, que com as demais diminuiriam os efeitos da crise hídrica.

Palavras-chave: Barraginhas. Erosão. Crise Hídrica. Assoreamento. Lençol Freático.

LITTLE RESERVOIRS FOR CONTAINMENT OF WATER ARISING OUT OF SURFACE FLOW

Abstract

The work aims to show the construction process of little reservoirs, its features, advantages, limitations and precautions for installing this system. The little reservoirs are small basins dug in plates or half moon format, with an average diameter of 16 meters and an average depth of 1.8 meters. They are usually sparsely built over farms and roadsides. The main function of these reservoirs in the shape of bowl, box or terrace is to intercept runoff, that is, to collect rainwater by enabling the infiltration of accumulated water and retaining soil sediments. It would be a sustainable way of use of water and preservation of the site. The construction process of the little reservoirs begins with the sizing, location and finally its construction, analyzing the best spot, energy sink in to the intake channel and the best development time for the project to be more efficient. The system seems viable, since the requirements, local, sizing conditions, positioning, leasing, construction of the little reservoirs and maintenance are respected. Reducing the process of erosion and siltation in waterways, raising the level of groundwater by infiltration. Since the little reservoirs project cannot be seen as the ultimate solution for the lack of water, but as a more technically and economically feasible alternative, which with the others would decrease the effects of the water crisis.

Keywords: Little reservoirs. Erosion. Water crisis. Silting. Groundwater

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso muito importante para os seres humanos. Segundo Serafim; Vieira; Lindemann (2004), ela representa cerca de 60% do organismo humano, sendo essencial em todos os tecidos do corpo, servindo como solvente para os minerais, aminoácidos, vitaminas, glicose, entre outros, sendo fundamental em processos como a digestão, excreção e a circulação de nutrientes através da corrente sanguínea. Conforme abordado por eles, ela é necessária a diversas atividades humanas, e possui múltiplas utilidades, com destaque para geração de energia elétrica, abastecimento doméstico e industrial, irrigação na agricultura, piscicultura, pesca e navegação, entre outras.

Telles; Costa (2010) consideram que a terra possui 1.386 milhões de Km^3 de água, dos quais 97,5% estão na formação dos oceanos e mares, em forma de água salgada e apenas 2,5% do seu volume é composto por água doce que por questões de inviabilidade técnica e de sustentabilidade, não é totalmente aproveitada pelo homem.

De acordo com Machado (2003), o desenvolvimento industrial e tecnológico, aliado ao aumento contínuo da população, fazem com que essas poucas fontes disponíveis de água doce, estejam comprometidas. A poluição de rios, lagos e mananciais, o desmatamento, a impermeabilização do solo causada muitas vezes pela urbanização, entre tantas outras ações do homem, está reduzindo ainda mais a disponibilidade de água no planeta.

Conforme estudado por Carvalho; Silva (2006), para alguns países a escassez de água é um dos fatores de inviabilidade de crescimento econômico e atinge níveis preocupantes. Tunísia, Territórios Palestinos, Jordânia, entre outros, existem apenas $500 \text{ m}^3 \times \text{hab.} \times \text{ano}^{-1}$, quanto à estimativa de necessidade seria $2.000 \text{ m}^3 \times \text{hab.} \times \text{ano}^{-1}$. No Brasil a disponibilidade de água para cada habitante por ano é de 3.607 m^3 . Alguns órgãos internacionais segundo o autor supracitado, alertam que nos próximos 25 anos, cerca de 3 bilhões, poderão viver em regiões com extrema falta de água até para o próprio consumo.

No Brasil, segundo Barros *et. al.* (2013), o desmatamento feito de forma desorganizada, em especial na sua região central, na década de 1950 e a aceleração desse desmatamento para produção de carvão vegetal na década de 70, combinado com substituição de diversos ecossistemas para pastagens e terras para agricultura e criação de gado, sem preocupações com a sustentabilidade, ou uso de tecnologias adequadas, vem causando sérios problemas ecológicos, principalmente no que diz respeito à conservação do solo e da água.

Assim, é cada vez mais notável, e aceitável, a necessidade de um gerenciamento, um controle efetivo e uma educação ambiental que combatem o desperdício e degradação ambiental desse recurso finito e vital.

Uma das alternativas que tem sido adotadas em muitos lugares é a construção de barragens para a contenção da água decorrente do escoamento superficial e diversos projetos de barraginhas vem sendo desenvolvidos. O sistema consiste na construção de pequenos barramentos da água de chuva, formando miniaçudes. As barraginhas têm como objetivo aumentar a disponibilidade de fontes hídricas através da formação de lagos artificiais é uma técnica das mais antigas. É um procedimento muito usado, especialmente no setor agrícola, onde a água em períodos de estiagem é imprescindível (BARROS *et. al.*, 2013).

Na zona rural, ela pode ser feita com diversos propósitos, como armazenar água para irrigação de plantações, para criatórios de animais, entre outros (TEIXEIRA, 2015). Além do uso para armazenagem de água, as barraginhas também ajudam na preservação do solo e controle da chamada erosão hídrica. O uso indevido do solo faz com que a água não se infiltre e os resíduos do solo se acumulem nas bacias de água, causando problemas de abastecimento de água. Assim, projetos que colaborem para o uso consciente desse recurso, poderá contribuir significativamente para a melhoria nos níveis de água nos lençóis freáticos e minimizar a sua falta e a crise hídrica.

Assim se realizadas de forma adequada, obedecendo à legislação e os preceitos de preservação do meio ambiente, bem como especificações técnicas, as barraginhas podem ser uma alternativa sustentável de solução para o abastecimento de água na zona rural e até na área urbana.

O presente trabalho tem como objetivo mostrar o processo construtivo das barraginhas. Também serão apresentadas as características, vantagens, limitações e precauções para instalação desse sistema.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 A importância da água

A água é um composto fundamental para a sobrevivência dos seres vivos em geral, e assume diferentes significados para os seres humanos. Para cientistas e biólogos, a água é sinônimo de vida de diversas espécies sejam marinhas ou terrestres. Em muitas religiões, a água é símbolo de pureza e purificação da alma. Economicamente, ela é um fator gerador direta ou indiretamente, de riqueza, abastecimento de populações, meio de transporte, e essencial no uso em atividades industriais, conforme abordado por Rebouças; Braga; Tundisi (2006).

A caracterização dos diversos ambientes decorre das variações climáticas, geográficas e pluviométricas que determinarão a presença de água em maior ou menor quantidade durante um ciclo. Formando ou regenerando oceanos, rios, desertos e florestas, a água está diretamente ligada à identidade dos ambientes e paisagens (TELLES; COSTA, 2010, p. 1).

Segundo Telles; Costa (2010) “A água é a substância predominante nos seres vivos, atuando como veículo de assimilação e eliminação de muitas substâncias pelos organismos, além de manter estável a temperatura corporal”. No corpo humano, ela representa 60% de sua composição, sendo fundamental para todos os tecidos do corpo, sendo ainda o principal solvente de minerais, aminoácidos vitaminas, glicose, entre outros, sendo essencial no processo de circulação desses no organismo através da corrente sanguínea, bem como é de suma importância ainda nos processos de digestão, excreção ou limpeza do corpo, e em todos os processos do organismo (SERAFIM; VIEIRA; LINDERMANN, 2004).

Por ser vital a todo ser vivo e essencial para o consumo humano, a água é também importante fator financeiro e econômico, já que é imprescindível para o desenvolvimento de atividades industriais, agrícolas e agropecuárias como afirmam Telles; Costa (2010).

2.2 Ciclo hidrológico

De acordo com Rebouças; Braga; Tundisi (2006), o planeta Terra é o único conhecido até o momento, onde a água pode ser encontrada em três estados físicos fundamentais, ou seja, líquido, sólido (gelo) e gasoso (vapor). A água circula na natureza e segue um ciclo conhecido como “ciclo hidrológico”. Neste, a água líquida e gasosa é

transformada em vapor através da energia solar, este vapor sobe à atmosfera, onde acontece seu resfriamento gradual e consequente transformação em nuvens, ou seja, massas de água. Essas massas, retornam para a terra através de chuva, neblina ou neve.

Carvalho; Silva (2006, p.11), conceitua ciclo hidrológico da seguinte forma:

É o fenômeno global de circulação fechada da água entre a superfície terrestre e a atmosfera, impulsionado fundamentalmente pela energia solar associada à gravidade e à rotação terrestre. [...] O conceito de ciclo hidrológico está ligado ao movimento e à troca de água nos seus diferentes estados físicos que ocorre na Hidrosfera, entre os oceanos, as calotas de gelo, as águas superficiais, as águas subterrâneas e a atmosfera.

O ciclo tem seu início com o sol, que fornece energia para elevar a água da superfície da terra para a atmosfera, através do processo de evaporação. A gravidade por sua vez, age sobre essa água, depois de condensada, desça novamente à terra através do processo conhecido como precipitação. Na superfície, também sobre o efeito da gravidade, a água circula através de linhas de água que se reúnem e vão até os oceanos, com o escoamento superficial, ou se infiltre através dos poros da terra, através do escoamento subterrâneo. Parte da água que se precipita, no entanto, alcança a superfície da terra. Parte dela é retida na vegetação e seres vivos e volta a evaporar. A água que infiltra na terra sofre evaporação direta e é absorvida pela vegetação, que a devolve a terra através de processos de transpiração (CARVALHO; SILVA, 2006).

Segundo Telles; Costa (2010, p. 2) “É através da transformação de seus estados físicos que a água se recicla na natureza sob forma líquida ou sólida”. Através das condições climáticas, geográficas e meteorológicas, ela se apresenta como vapor ou neblina, chuva ou neve, atingindo a superfície da terra, apresentando-se assim como “recurso renovável e móvel, de caráter aleatório” mantendo-se constante seu volume no planeta. Tudo depende de um constante equilíbrio.

Esse ciclo hidrológico de acordo com Goldenfum; Tucci (1998, apud OLIVEIRA, 2011 a), é fundamental uma vez que representa a água em suas fases distintas e de forma independente, desde a precipitação, até sua evaporação, em um ciclo fechado através de fenômeno global, com transferência entre a superfície terrestre e a atmosfera.

O ciclo se resume na evaporação das águas da terra mais a transpiração dos seres vivos, junto com condições climáticas, atuam na formação de nuvens ou nevoeiros, que devido à gravidade, cai na terra em sua fase líquida, em forma de chuva, chuveiro ou neblina, na fase sólida com o granizo ou neve. Ao receber a água em sua fase líquida, também

chamada de precipitação, existe uma interação da água com o solo através do processo de infiltração, do escoamento superficial ou percolação. “Estes contribuem para as recargas hídricas, tanto em forma de alimentação dos fluxos de água subterrâneos como em descargas nos reservatórios superficiais, além da umidade dos solos e da atmosfera” (TELLES; COSTA, 2010, p. 2). Esse ciclo encontra-se na FIG. 01:

FIGURA 01¹ – Ciclo da água



Fonte: USGS.GOV

Segundo Freitas; Santos (1999 *apud* ALENCAR; SILVA; OLIVEIRA, 2006), o Brasil é um país privilegiado com relação a recursos hídricos, uma vez que detém 13,5% da disponibilidade hídrica de superfície mundial, entretanto, por estar em sua grande maioria 73% contida na bacia Amazônica, onde menos de 5% da população se encontra, isso significa que somente 27% dos recursos hídricos brasileiros estão disponíveis para o restante da população, equivalente, portanto a 95%.

Telles; Costa (2010) consideram que a terra possui 97,5% de seu volume total formam os oceanos e os mares, e somente 2,5% constituem-se de água doce, conforme FIG. 2. Porém 68,9% de água doce estão nas calotas polares e geleiras. A água subterrânea corresponde a 29,9% da água doce no planeta. Somente 0,3% da água doce representa os rios e lagos e reservatórios. Outros 0,9% da água doce estão em outros reservatórios, como na

¹ Disponível em: <<http://www.achetudoeregiao.com.br/animais/hidrosfera.htm>>. Acesso em: 23 out. 2015.

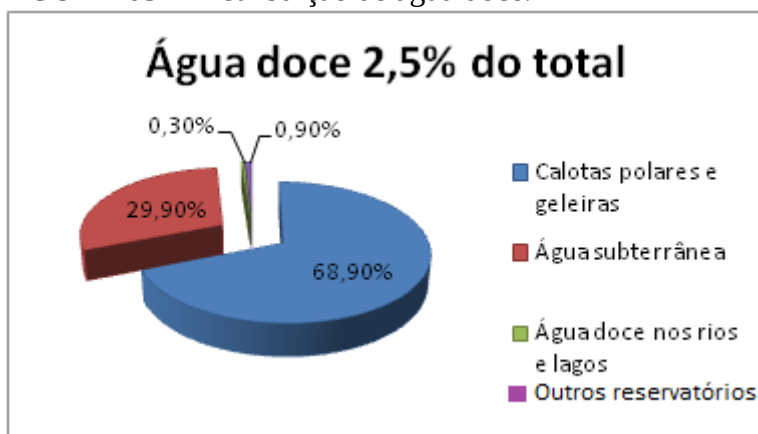
biomassa e atmosfera, conforme a FIG. 3.

FIGURA 02 - Distribuição de água no planeta Terra.



Fonte: TELLES; COSTA (2010, p.3).

FIGURA 03 – Distribuição de água doce.



Fonte: TELLES; COSTA (2010, p.3).

Conforme visto, 68,90% da água doce encontra-se em geleiras e calotas, 29,90% encontra-se no subterrâneo. Apenas 0,30% encontra-se em rios e lagos, segundo Telles; Costa (2010). Estas quantidades que se mantêm aproximadamente constantes nos últimos 500 milhões de anos, embora a variação dos locais de concentração dessa água seja variada conforme TAB. 01.

TABELA 01 - Volume de água em circulação na terra - Km³/ano (1 Km³ = 1 bilhão m³)

Precipitação nos oceanos	458.000
Precipitação nos continentes	119.000
Descarga total dos rios	43.000
Volume vapor atmosférico	13.000
Evaporação dos oceanos	503.000
Evaporação dos continentes	74.200
Contribuição dos fluxos subterrâneos às descargas dos rios	43.000

Fonte: TELLES; COSTA (2010, p.3).

Assim, três variáveis são responsáveis pela manutenção da água em nosso planeta, sendo as chuvas (precipitações), os fluxos de água subterrânea, e a recarga dos teores de umidade do solo (REBOUÇAS; BRAGA; TUNDISI, 2006).

2.2.1 Precipitação

De acordo com Ferreira (2013), entende-se por precipitação toda água meteórica (líquida ou sólida), oriunda do vapor atmosférico, que cai sobre a superfície da Terra. As precipitações acontecem normalmente de cinco formas, sendo a precipitação pluvial, a garoa, a neve, o orvalho, e o granizo. O presente trabalho, enfatizará a precipitação pluvial, que é uma das responsáveis por problemas como a erosão e a de maior influencia em estudos hidrológicos no Brasil conforme o autor supracitado.

A distribuição de chuvas no mundo de acordo com Rebouças; Braga; Tundisi (2006), acontece de forma desigual em regiões com clima diferenciado, sendo a maior abundância de chuvas em regiões intertropicais e temperadas. O clima é um fator determinante para a quantidade de chuvas em determinada região. Em 2004, o quarto relatório de avaliação das mudanças no clima do planeta, o chamado IPCC-AR4, falava sobre a importância da diminuição da emissão de gases na atmosfera e previa um aumento de temperatura no globo terrestre, em torno de 2°C a 4,5°C a mais do que antes do período de industrialização e mesmo assim, para que essa estimativa se mantenha nesse número, os níveis de dióxido de carbono até 45% acima do atual (MARENGO; VALVERDE, 2007).

Existem evidências (IPCC 2001) de que eventos extremos como secas, enchentes, ondas de calor e de frio, furacões e tempestades têm afetado diferentes partes do planeta e têm produzido enormes perdas econômicas e de vidas. Pode-se mencionar

no Brasil, o furacão Catarina em março de 2004, a recente seca da Amazônia em 2005 e as secas já observadas no sul do Brasil em 2004, 2005 e 2006. Há ainda impactos relacionados, como alterações na biodiversidade, aumento no nível do mar e impactos na saúde, agricultura e geração de energia hidrelétrica, que já podem estar afetando o Brasil, assim como o restante do planeta (MARENGO; VALVERDE, 2007, p.6).

Marengo; Valverde (2007) indicam que existe grande variação dos níveis de chuva e em alguns casos, as variações tanto das precipitações quanto o aumento de temperatura, podem acontecer por mudanças naturais e também por interferência humana, com ações de degradação do meio ambiente, desmatamento, queima de combustíveis fósseis e ações que levam a um desequilíbrio do planeta.

A formação das chuvas, de acordo com Copasa (2001, *apud* VILELA, 2012), segue um processo em que o ar úmido presente nas camadas mais baixas da atmosfera, é aquecido o que o faz mais leve que o ar, o que leva a chamada ascensão adiabática, expandindo e resfriando até atingir a condensação. Se existirem as condições climáticas necessárias, pequenas partículas de água se formam em torno de espécies de núcleos. Sem massa suficiente para vencer a resistência do ar, elas ficam aguardando o tamanho suficiente para precipitar.

Conforme visto em Bertoni; Lombardi Neto (1990, *apud* OLIVEIRA, 2011 b), no que diz respeito à erosão, a chuva é um dos fatores climáticos de maior importância e seu volume e velocidade da enxurrada dependem da intensidade, duração e frequência da chuva.

2.2.2 Infiltração

Segundo Carvalho; Silva (2006), infiltração é o nome dado ao processo onde a água atravessa a superfície do solo, afetando diretamente o escoamento superficial, sendo de grande importância, especialmente como uma das partes do ciclo hidrológico.

Após a passagem da água pela superfície do solo, ou seja, cessada a infiltração, a camada superior atinge um “alto” teor de umidade, enquanto as camadas inferiores apresentam-se ainda com “baixos” teores de umidade. Há então, uma tendência de um movimento descendente da água provocando um molhamento das camadas inferiores, dando origem ao fenômeno que recebe o nome de redistribuição (CARVALHO; SILVA, 2006, p.60).

A infiltração está relacionada ao uso do solo, o seu manejo, a superfície e pelas características da própria precipitação. A topografia do terreno também pode influenciar neste processo, quanto maior a declividade for, maior será a velocidade do escoamento superficial e

menor será a sua taxa de infiltração. A infiltração é o melhor caminho para a água da chuva, não provocando a erosão e aumento os níveis do lençol freático (PIRES; SOUZA, 2013).

2.2.3 Escoamento superficial

O escoamento superficial segundo Carvalho; Silva (2006), trata da ocorrência bem como do transporte da água na superfície terrestre e diversos estudos são realizados com o intuito de um adequado aproveitamento da água superficial e proteção contra os fenômenos que seu deslocamento pode causar. Dentro do ciclo da água, as chuvas chamadas de precipitações, atinge o solo e parte dela é retida em depressões, ou em partes sólidas, como composição natural de elementos. O que excede, parte se infiltra e parte escoar na superfície. “O escoamento superficial abrange desde o excesso de precipitação que ocorre logo após uma chuva intensa e se desloca livremente pela superfície do terreno, até o escoamento de um rio, que pode ser alimentado tanto pelo excesso de chuvas como pelas águas subterrâneas” (CARVALHO; SILVA, 2006, p. 95).

Para descrever a ocorrência do escoamento superficial como fase do ciclo hidrológico é necessário levar em consideração os seguintes fatos. Quando uma chuva atinge determinada área ou bacia hidrográfica, parte de suas águas é interceptada pela vegetação (e/ou outros obstáculos), de onde se evapora posteriormente, e o restante atinge a superfície do solo. Da água que atinge a superfície do solo, parte é retida nas depressões do terreno, parte se infiltra e o restante escoar pela superfície do terreno (BARBOSA JUNIOR, 2015).

De acordo com Pruski (2011), quando a precipitação atinge o solo, uma parte dela infiltra, até a capacidade de infiltração do solo diminuir. Continuando a chuva, a partir de um tempo a taxa de infiltração se iguala com a capacidade de infiltração, após esse instante inicia-se o escoamento superficial.

Segundo Alencar; Silva; Oliveira (2006), a água que escoar sobre a superfície do solo, e não infiltra, dá origem aos córregos, lagos, e outros reservatórios naturais.

O dimensionamento dos projetos hidráulicos que envolvem o escoamento superficial é realizado com base na intensidade máxima de chuva com determinado risco de ser igualada ou superada, definido pelo período de retorno. Normalmente, as estimativas das intensidades de chuva são realizadas com base nas relações Intensidade-Duração-Frequência (IDF) de chuvas (BACK, 2009, p.171).

No entanto, o próprio autor discursa sobre as dificuldades de se encontrar dados pluviométricos confiáveis necessários para se obter essas equações IDF. Ainda assim, por se

tratar de projetos de extrema importância principalmente no que se refere à conservação do solo, esse é um dos campos mais importantes da engenharia civil.

Diversos fatores influenciam no escoamento superficial e podem ser de natureza climática (intensidade e duração das chuvas), natureza fisiográfica (a área, a forma, a permeabilidade e a capacidade de infiltração e a topografia da bacia) e as características físicas das bacias (permeabilidade do solo) conforme visto em Carvalho; Silva (2006).

2.2.4 Crise hídrica

A escassez de água atinge o mundo e em alguns países a situação é alarmante. Países como Jordânia, Tunísia e territórios palestinos, entre outros, convivem com uma falta de recursos hídricos onde existe apenas cerca de $500 \text{ m}^3 \cdot \text{x hab. x ano}^{-1}$, enquanto a estimativa de necessidade seria $2.000 \text{ m}^3 \cdot \text{x hab. x ano}^{-1}$. a estimativa é de que cerca de 3 bilhões de pessoas nos próximos 25 anos, devem sofrer com a extrema falta de água até para o próprio consumo. No Brasil, embora a disponibilidade de água para cada habitante por ano seja estimada em 3.607 m^3 devido à degradação do meio ambiente, ao crescente desmatamento e os efeitos do aquecimento global, o cenário também começa a preocupar (CARVALHO; SILVA, 2006).

De acordo com Vasconcelos (2015), no verão de 2013 e 2014, diversas capitais do sudeste do país enfrentaram secas semelhantes às do semiárido de regiões como o sertão nordestino. Sistemas de abastecimento como o “Cantareira” em São Paulo, que é responsável pelo abastecimento de cerca de 8,8 milhões de pessoas, devido à falta de chuvas, entrou em colapso, e suas represas em março de 2014 operavam com apenas 14,6% de seu volume, o menor desde 1970 quando este começou a operar. Em maio, esse nível caiu a 8%. Outros estados também passaram por um colapso de falta de abastecimento. Em janeiro de 2015, 102 municípios do estado de Minas Gerais decretaram estado de emergência e a capital, Belo Horizonte, chegou a ter apenas 5% do volume de sua maior fonte de abastecimento, a represa de Serra Azul. Medidas como descontos por queda de consumo, multas pelo aumento, e racionamentos de água tornaram-se constantes em diversas cidades, em todos os estados do sudeste brasileiro.

Dentre as causas apontadas, além da falta de gestão competente do usos hídricos, a falta de chuva e problemas ambientais como o desmatamento, o crescimento demográfico e os efeitos da urbanização são apontados e ações de melhoria ambiental, reflorestamento, proteção das nascentes e solo são mencionadas como alternativas para a médio e longo prazo,

amenizar a crise hídrica, já que o Brasil possui cerca de 12% da água doce do planeta e 70% dos mananciais da América Latina (VASCONCELOS, 2015).

Portanto um dos fatores determinantes para a crise hídrica foi o crescimento rápido e desordenado dos grandes centros e das cidades no geral. A região sudeste do Brasil hoje abriga cerca de 80 milhões de pessoas, e este tende a crescer, com a urbanização cada vez mais presente nos dias de hoje. Esse crescimento demográfico faz com que a pressão nas redes de abastecimentos sejam grandes uma vez que estas não se desenvolveram na mesma proporção que a população cresceu. Ao se pensar em crescimento de populacional, logo se pensa no aumento de consumo doméstico com banhos, descargas e torneiras abertas, mas o consumo maior acontece quando torna-se necessário uma maior produção de bens de consumo para essa população, em todas as esferas e setores, tanto industrial quanto em setores agrícolas. A água é um item indispensável para essa produção, que consome grande parte da água tratada. Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA, 2014, *apud* VASCONCELOS, 2015), a população rural e urbana juntas consomem em termos de consumo para sua sobrevivência o equivalente a 10% da água, enquanto a indústria consome 7%, a pecuária 11% e a agricultura 72%. Encontrar formas de irrigação e de plantio de forma sustentável é hoje um grande desafio da agricultura (VASCONCELOS, 2015).

Ainda segundo o autor supracitado, outro fator que prejudica a oferta de água que está ligada a esse crescimento, é o aumento de áreas de solo impermeabilizadas com asfalto e concreto, que prejudicam a infiltração da água e não permitem assim o reabastecimento adequado do lençol freático, lençóis subterrâneos, habitação em margens de nascentes e mananciais de água, causam degradação ao meio ambiente e poluição por esgoto e dejetos, que causam o assoreamento, reduzindo os níveis de água. No Brasil apenas 40% do esgoto é tratado. Outro dado a ser levantado, é sobre o desperdício ocorrido de água tratada. De acordo com o Sistema Nacional de Informações sobre Saneamento (SNIS, 2013, *apud* VASCONCELOS, 2015), em 2013, 37% da água distribuída no Brasil foi desperdiçada por vazamentos, ou ligações clandestinas, o que ultrapassa o índice que deve ser menor que 20%. Países desenvolvidos como o Japão e Alemanha, esse desperdício é mínimo, com os índices de 3% e 7% respectivamente.

2.3 Conservação do solo e da água

Sendo os recursos naturais renováveis, a água e o solo são fontes de energia que não se esgotam facilmente. No entanto, a renovação desses recursos é geralmente lenta. Esses recursos têm sido utilizados de formas errôneas, o que pode causar uma impossibilidade de renovação dos mesmos (BERTONI; LOMBARDI NETO, 1990 *apud* OLIVEIRA, 2011 b). As técnicas de manejo do solo, devem ser aplicadas de maneira responsável, a fim de evitar perdas do solo e aumento dos valores químicos e físicos e a redução de sua capacidade de infiltração e armazenamento de água. A erosão, processo natural, deve ser mantida sob controle, para evitar o conhecido esgotamento do solo. A fim de evitar esse esgotamento, diversas técnicas podem ser aplicadas, são as chamadas técnicas conservacionistas. Estas técnicas são utilizadas com o intuito de aumentar a resistência do solo ou reduzir as forças do processo de erosão (PRUSKI, 2011).

As práticas conservacionistas têm a finalidade de aumentar a infiltração e armazenamento de água, conseqüentemente, reduzir a erosão no solo. Segundo Pruski (2011), outras práticas para a conservação do solo e da água são realizadas, são elas as práticas de caráter edáfico², vegetativo³ e mecânico⁴.

2.4 Bacias de captação

O ser humano desde os primórdios armazena água. O Rei Salomão, cerca de 10 séculos A.C, na região de Neguev já havia usado a umidade residual armazenada no solo, de acordo com Evenari (1983 *apud* BARROS, 2000, p. 1). Em 106 D.C, na mesma região, os nabateos produziam alimentos no deserto, onde a precipitação média anual não ultrapassa 100 a 150 mm. Na China, a captação de água em cisternas subterrâneas revestidas de argila impermeável vermelha, é milenar. Em uma região rural difícil, o uso doméstico dessas cisternas era corriqueiro, e sua presença em uma residência agregava grande valor e representava riqueza, até mesmo pela dificuldade em sua construção. Em 1980, engenheiros da região iniciaram estudos para o desenvolvimento de novas formas de captação, em cisternas mais elaboradas (GNADLINGER, 2001).

² Caráter edáfico: adequar o sistema de cultivo, de modo a manter e melhorar a fertilidade do solo, utilizando adubos verdes, orgânicos ou químicos, queimadas.

³ Caráter vegetativo: proteger o solo contra a ação direta da precipitação, conseqüente minimizando a perda do solo pela erosão, utilizando o cultivo em contorno em faixas, pastagens ou reflorestamento

⁴ Caráter mecânico: interceptar e conduzir o escoamento superficial, diminuindo sua energia, conseqüentemente amenizando a erosão, utilizando o terraceamento ou bacias de captação.

No Brasil as diversas formas de armazenar água também são utilizadas há algum tempo. Em 1976, Luciano Cordoval em visita ao deserto de Neguev em Israel, trouxe a ideia de construção de barraginhas para captar água pluvial. No entanto, somente em 1982 essa ideia tornou-se um projeto, quando este trabalhava em uma fazenda do semiárido mineiro, na cidade de Janaúba, no norte de Minas Gerais. Com uma seca prolongada e a queda de uma chuva rápida, Cordoval observou que o local onde passava a enxurrada sofria uma erosão, e que abaixo, formou-se uma barragem pequena com a terra levada pela enxurrada, o que foi suficiente para armazenar um pouco de água. Nesse local, ele percebeu que algumas plantas germinaram formando um pequeno espaço verde (FAGUNDES, 2007).

Em 1991, segundo Barros (2000), foram iniciadas obras para contenção de enxurradas em uma área experimental da Embrapa Milho e Sorgo, na cidade de Sete Lagoas em Minas Gerais. Em 1994, foram construídas 28 barraginhas em um sítio em Araçai, também no estado mineiro e em 1995, 30 barraginhas em uma fazenda em Paiou, que serviu como vitrine para o projeto. Em 1997 e 1998 foram realizados diversos cursos no estado, a fim de divulgar e espalhar o projeto.

Em 2001, o projeto chegou a Minas Novas, no Vale do Jequitinhonha. A primeira comunidade a receber a tecnologia foi a de Inácio Félix e hoje, estima-se que com a ajuda do multiplicador Moacir Matos, a região já conta com cerca de 5 mil barraginhas segundo a Associação Plante Vida (2015).

O projeto barraginhas, que já recebeu diversos prêmios e hoje calcula-se que já existam aproximadamente 80 mil unidades beneficiando mais de 30 mil famílias e a experiência já ultrapassa os limites do estado, estando presente hoje no Distrito Federal, estado de Goiás, Piauí e Ceará (FAGUNDES, 2007).

2.4.1 Importância ambiental

As bacias de captação e os chamados terraços, exercem as funções de reter água e solo que provem do escoamento superficial, em especial de área agrícola, ajudando na infiltração da água no solo e retenção da umidade no mesmo.

Em relação aos solos, as bacias de captação e os terraços são eficientes na conservação de estradas e áreas agrícolas, pois impedem que a enxurrada escorra por grandes distâncias, o que gera erosão excessiva, evitando que haja perda acentuada dos solos, quebrando a energia cinética da água. E nos dois casos, mesmo havendo erosão, o assoreamento de nascentes e córregos e a perda de solo são minimizados. Quanto à água, além de diminuir o assoreamento de rios e nascentes, as bacias de captação e os terraços também viabilizam uma maior

infiltração da água das chuvas no solo, fato que promove a recarga do lençol freático, aumentando a disponibilidade de água para as plantas (FERNANDES, 2009, p. 01).

2.4.2 Conceito barraginhas

O escoamento superficial em forma de enxurradas, provoca vários problemas ambientais, como erosão, empobrecimento do solo e poluição dos rios e corpos de água. Uma das soluções encontradas para amenizar ou mesmo acabar com esse problema, são as chamadas barraginhas, que também podem ser encontradas na literatura com os nomes de bacias de contenção, bacias de retenção e bolsões (SOUZA; DOMINGUES, 2015).

De acordo com Barros *et al* (2013, p.12), “As barraginhas são pequenas bacias escavadas em formato de pratos ou meia lua, com diâmetro médio de 16 m e profundidade média de 1,8 m.” Normalmente, elas são construídas dispersas ao longo de propriedades rurais, nas lavouras ou pastagens. Para Souza; Domingues (2015) esses reservatórios em forma de bacia, caixa ou terraço, tem como principal função interceptar as enxurradas, ou seja, coletar a água das enxurradas, promovendo a infiltração da água acumulada e retendo os sedimentos de solo. Seria uma forma sustentável de aproveitamento da água e preservação do local.

O sistema de barraginhas, nada mais é do que a construção desses miniaçudes em áreas de pastagens ou lavoura, impedindo a erosão, e aproveitando as águas de chuvas em locais onde essas se apresentam de forma irregular. Elas são carregadas e descarregadas 10 a 15 vezes por ano, e promovem a infiltração e elevação do lençol freático, a umidificação do solo, ajudando inclusive a amenizar secas (BARROS; *et al*, 2010).

Já para a Associação Plante Vida (2015), com a construção das barraginhas, outros benefícios surgem, como a revitalização de córregos e rios, e surgimento de minas e até nascentes de água, recarga de lençóis freáticos, o que ameniza os períodos de estiagem, além de promover em muitos casos uma agricultura sustentável e ecologicamente responsável, uma vez que as águas das barraginhas podem ser usadas no cultivo de lavouras e outros plantios.

As bacias de captação, ou barraginhas podem ser construídas às margens de estradas vicinais, com intuito de reduzir a erosão, ou mesmo em propriedades rurais, com intuito de manutenção do solo, armazenagem de água e usos na agricultura e pecuária. O primeiro passo para escolha da localização é uma análise situacional, em especial com relação ao seu relevo, tipo de solo e cobertura vegetal (SOUZA; DOMINGUES, 2006). Como o proprietário é quem melhor entende de seu terreno, sabendo exatamente onde ocorrem as enxurradas, é

interessante que este compreenda o funcionamento do sistema e ajude a localizar os pontos estratégicos de seu terreno, a fim de coletar o maior volume de água que ficarão nas pastagens onde a chuva cai, conforme sugere Barros *et al.* (2010).

FIGURA 04 - Barraginha em beira de estrada.



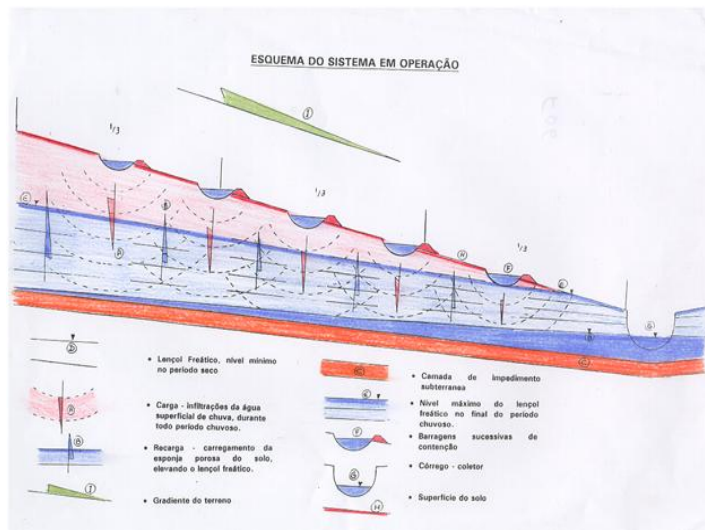
Fonte: PRÓPRIO AUTOR.

FIGURA 05 - Barraginha em propriedade rural.



Fonte: PRÓPRIO AUTOR.

FIGURA 06 - Esquema do sistema em operação



Fonte: BARROS (2000, p.12).

2.5 Processo construtivo das barraginhas

As barraginhas podem ser implantadas em diversos locais, mas deve-se ter cuidados na escolha do local mais apropriado a fim de um total aproveitamento de seu potencial sustentável. Assim, é importante a escolha de locais estratégicos levando em conta diversos fatores tais como localização, declividade do terreno, precipitação, espaço entre as barraginhas e volume a ser captado (THE NATURE, 2015).

Levando em conta que as bacias serão construídas ao longo da área é importante realizar os cálculos de distanciamento adequado dessas bacias, considerando-se a declividade do terreno e a resistência do solo a erosão. Outro cálculo importante é a do volume a ser captado e retido pela barraginhas e também o volume da bacia de captação e a profundidade e a dimensão do raio (THE NATURE, 2015).

2.5.1 Dimensionamento

As barraginhas podem ter várias formas, sendo as mais indicadas em meia-lua, quadrada, arredondada, retangular ou indefinida conforme trata Souza; Domingues (2006). Landau *et. al.* (2013), defende que as barraginhas sejam construídas gradativamente em uma propriedade e o ideal é que se construa aproximadamente um terço do potencial de armazenagem no primeiro ano, mais um terço no segundo e um terço no terceiro ano, a fim de promover um aprendizado e motivação do produtor.

As bacias localizadas em solos arenosos, têm velocidade de infiltração maior, nas bacias construídas em solos argilosos ou várzeas, a velocidade é menor, o que faz com que as barraginhas sejam maiores. Barraginhas de dimensões muito grandes não são recomendadas, tanto pelo alto custo, quanto por ser trabalhoso. Recomenda-se a sequência de barragens se for o caso (SOUZA; DOMINGUES, 2006).

No entanto, o tamanho das barraginhas poderá de acordo com Souza e Domingues (2006), variar em função do volume de água a ser coletado, velocidade de infiltração do solo e declividade do terreno. Pruski (2011), aborda uma série de métodos para se calcular o volume do escoamento superficial, como o método do balanço da água na superfície do solo, método racional, mas o utilizado para os cálculos realizados foi o método do número da curva, permitindo estimar a lâmina de escoamento superficial a partir de dados de precipitação e de outros parâmetros da bacia, apresentado a seguir:

o Cálculo do escoamento superficial

$$ES = \frac{(PT - 0,2 \times S)^2}{(PT + 0,8 \times S)}$$

onde,

ES = escoamento superficial, mm;

PT = precipitação total, mm; e

S = infiltração potencial, mm. O seu valor pode ser determinado pela fórmula:

$$S = \frac{25.400}{CN} - 254$$

de forma que:

CN = o número da curva, cujo valor pode variar entre 1 e 100 depende do uso e manejo da terra, grupo de solo, da condição hidrológica e umidade antecedente do solo. Na TAB. 02, constam os valores de CN.

Para determinação do valor do número da curva, é necessário classificar os tipos de solos existentes no local, definidos pelo *Soil Conservation Service* (SCS), vinculado ao Departamento de Agricultura dos Estados Unidos.

- Solo A: baixo potencial de escoamento, alta taxa de infiltração quando completamente úmido e perfil profundo, geralmente arenoso, com pouco silte e argila;

- Solo B: moderada taxa de infiltração quando completamente úmido e profundidade moderada;
- Solo C: baixa taxa de infiltração quando completamente úmido, camada de impedimento e considerável porcentagem de argila; e
- Solo D: elevado potencial de escoamento e baixa taxa de infiltração, raso e de camada impermeável.

TABELA 02- Valores do CN para bacias com ocupação agrícola

Uso do Solo	Tratamento	Condição Hidrológica	Tipos de Solo			
			A	B	C	D
Sem cultivo	Fileiras retas		77	86	91	94
Cultivo em fileiras	Fileiras retas	Má	72	81	88	91
		Boa	67	78	85	89
	Com curvas de nível	Má	70	79	84	88
		Boa	65	75	82	86
	Com curvas de nível e terraços	Má	66	74	80	82
		Boa	62	71	78	81
Cultivo em fileiras estreitas	Fileiras retas	Má	65	76	84	88
		Boa	63	75	83	87
	Com curvas de nível	Má	63	74	82	85
		Boa	61	73	81	84
	Com curvas de nível e terraços	Má	61	72	79	82
		Boa	59	70	78	81
Leguminosas em fileiras estreitas	Fileiras retas	Má	66	77	85	89
		Boa	58	72	81	85
	Com curvas de nível	Má	64	75	83	85
		Boa	55	69	78	83
	Com curvas de nível e terraços	Má	63	73	80	83
		Boa	51	67	76	80
Pastagens para pastoreiro		Má	68	79	86	89
		Regular	49	69	79	84
		Boa	39	61	74	80
	Com curvas de nível	Má	47	67	81	88
		Regular	25	59	75	83
		Boa	6	35	70	79
Floresta		Má	45	66	77	83
		Regular	36	60	73	79
		Boa	25	55	70	77

Fonte: PRUSKI (2011, p.110).

o Cálculo do volume das barraginhas

$$V = \frac{A_{\text{contrib}} \times ES}{1000}$$

observando-se que:

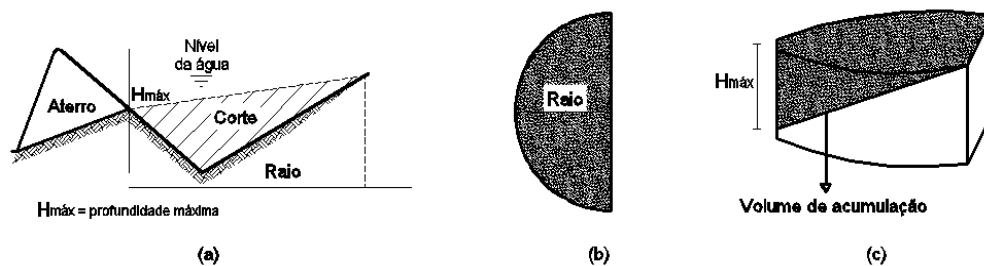
V = volume de água a ser armazenado pela barraginha, m^3 ;

ES = lâmina de escoamento superficial, mm; e

A_{contrib} = área de contribuição para a barraginha, m^2 .

Para a determinação das características geométricas de barraginhas semicirculares e retangulares (FIG. 07 e 08, respectivamente), utiliza-se o procedimento a seguir:

FIGURA 07: Barraginha semicircular - indicando a vista lateral na seção central (a), em planta (b) e em perspectiva (c).



Fonte: PRUSKI (2011, p.163).

Barraginha semicircular

Para o dimensionamento considera-se a profundidade máxima ($H_{\text{máx}}$) como dado a ser fornecido pelo técnico. O raio da barraginha semicircular é calculado pela equação:

$$R = \sqrt{\frac{4 \times V}{\pi H_{\text{máx}}}}$$

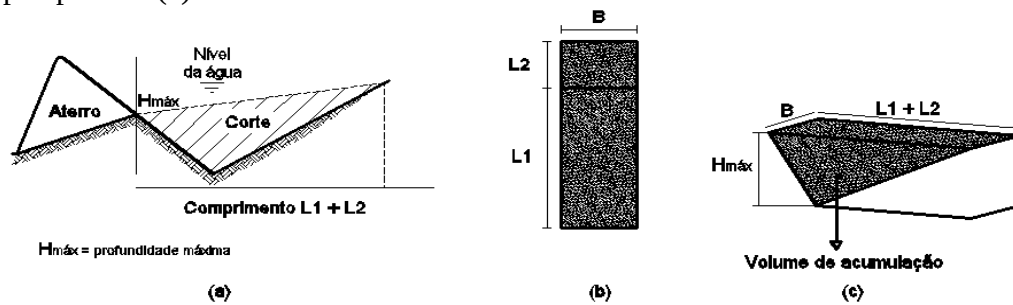
considerando:

R = raio da barraginha semicircular, m;

V = volume de acumulação, m^3 ; e

$H_{\text{máx}}$ = profundidade máxima de água a ser acumulada, m.

FIGURA 08: Barraginha retangular - indicando a vista lateral (a), em planta (b) e em perspectiva (c).



Fonte: PRUSKI (2011, p.163).

Barraginhas retangulares

Para as barraginhas retangulares o cálculo da largura é feito pela equação:

$$B = \frac{2 \times V}{H_{máx} \times L}$$

sendo,

B = largura da barraginha, m; e

L = comprimento da barraginha, m.

2.5.2 Locação

A locação entre as barraginhas é o comprimento crítico de rampa para o qual o escoamento superficial não alcança energia suficiente para perdas acima do limite tolerável.

o Espaçamento vertical

$$EV = \left(2 + \frac{D}{X} \right) \times 0,305$$

considerando:

EV = espaçamento vertical entre barraginhas, m;

D = declividade o terreno, em %; e

X = fator que varia com a natureza do solo e sua resistência à erosão; sendo igual a 2,5 para solos argilosos; 3,0 para solos de textura média; e 3,5 para solos arenosos.

Uma vez calculado o espaçamento vertical entre as barraginhas, o espaçamento horizontal (EH), em metros, é estimado pela fórmula:

○ Espaçamento horizontal

$$EH = \frac{EV}{D} \times 100$$

sendo:

EH = espaçamento horizontal, m.

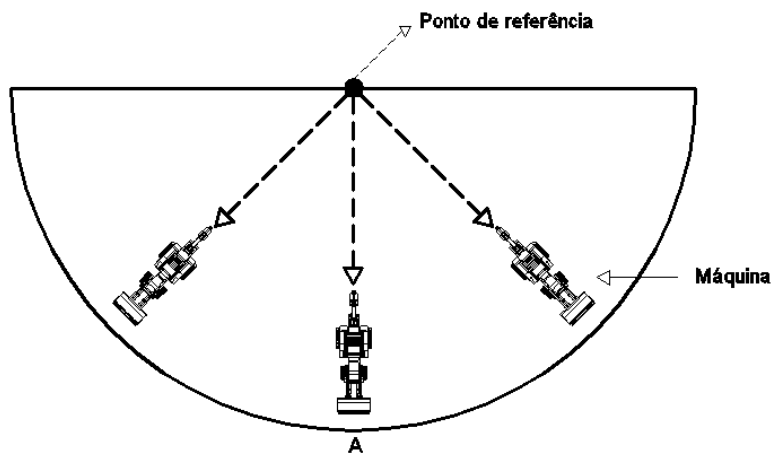
2.5.3 Construção

A construção se divide em quatro etapas, sendo elas a construção das barraginhas utilizando maquinário adequado, posicionamento das mesmas sendo em série ou em paralelo, para as barraginhas construídas à beira de estradas utilizam-se os dissipadores de energia para minimizar a velocidade do escoamento superficial no canal de admissão e por fim a época de implantação para melhor eficiência do sistema.

○ Construção da barraginha

O primeiro passo para a construção das barraginhas é o preparo do terreno e limpeza do mesmo. Depois com o uso das máquinas apropriadas, que podem ser a pá-escavadeira ou retroescavadeira, realizam-se as escarificações que são fundamentais na construção da barraginha, principalmente para solos muito argilosos onde ocorre espelhamento, dificultando a infiltração da água. Após as escarificações é concretizada a confecção da bacia com dimensão de acordo com os elementos supracitados. A retirada da terra deve ocorrer do centro para as extremidades, mantendo os taludes, ou seja, as laterais inclinadas. Após esse passo, é aconselhável o plantio de gramíneas adequadas, para manter as laterais mais firmes (SOUZA; DOMINGUES, 2006). O sentido para movimentação de terra (FIG. 09), retira-se do ponto de referência para as extremidades sendo que nas mesmas deve-se aumentar a altura em aproximadamente 20% para compactação da própria máquina, evitando seu desprendimento.

FIGURA 09 - Sentido da movimentação de terra com retroescavadeira.



Fonte: FERNANDES (2009, p.34)

FIGURA 10⁵ - Preparação do terreno.



Fonte: PROJETO BARRAGINHAS.BLOGSPOT.COM.BR

⁵Disponível em: < <http://projetobarraginhas.blogspot.com.br/2013/08/ passo-passo-da-construcao-de-tres.html>>. Acesso em: 17 out. 2015.

FIGURA 11⁶ - Escarificação do terreno.



Fonte: PROJETO BARRAGINHAS.BLOGSPOT.COM.BR

FIGURA 12⁷ - Retirada da terra do centro para extremidade.



Fonte: PROJETO BARRAGINHAS.BLOGSPOT.COM.BR

⁶Disponível em: < <http://projeto barraginhas.blogspot.com.br/2015/08/salinas-agoara-e-sua-vez.html> >. Acesso em: 18 out. 2015.

⁷Disponível em: < http://projeto barraginhas.blogspot.com.br/2015/11/blog-post_14.html >. Acesso em: 21 out. 2015.

FIGURA 13⁸ - Barraginha finalizada sem água.



Fonte: PROJETO BARRAGINHAS.BLOGSPOT.COM.BR

FIGURA 14 - Barraginha finalizada com água.



Fonte: PRÓPRIO AUTOR.

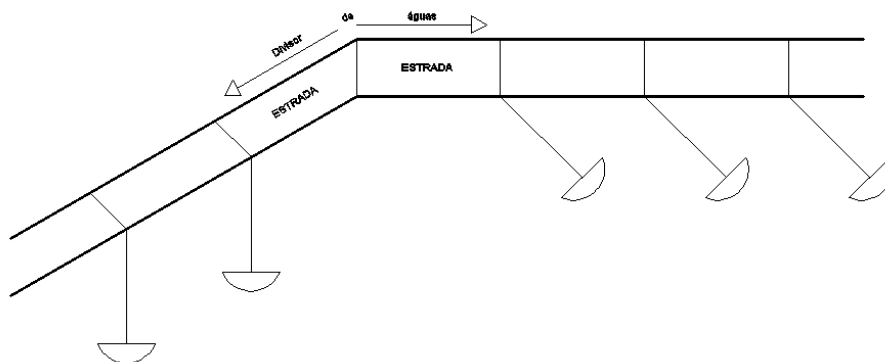
⁸Disponível em: < <http://projetobarraginhas.blogspot.com.br/2015/08/salinas-agoara-e-sua-vez.html> >. Acesso em: 20 out. 2015.

○ Posicionamento

O posicionamento das barraginhas pode ser realizado de duas formas, em paralelo conforme FIG. 15, e em casos específicos, onde se adotam as barraginhas em série, como se verifica na FIG. 16, onde as barraginhas são interligadas, normalmente em número de três sendo a primeira a montante, recebe a maior parte do escoamento superficial funcionando como uma estrutura dissipadora de energia, a segunda como uma estrutura armazenadora de água e a terceira como uma estrutura de segurança em caso de transbordamento das bacias a montante. Nas barraginhas inferiores pode-se observar o aumento do nível do lençol freático, e um melhor umedecimento da terra (FERNANDES, 2009).

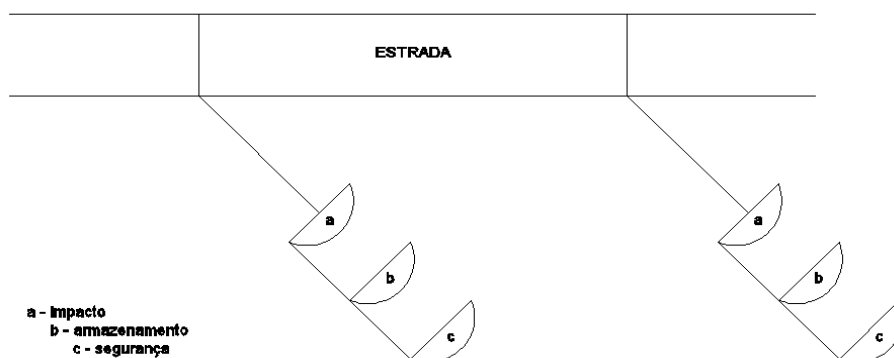
Barros (2000), propõe um sistema em que existe uma sequência de barraginhas; ao encher a primeira e mais alta delas, o excesso escorre para uma segunda, esta ao encher, transborda para outra, até atingir as mais baixas, que geralmente não chegarão a transbordar.

FIGURA 15 - Barraginhas em paralelo



Fonte: FERNANDES (2009, p.35).

FIGURA 16 - Barraginhas em série

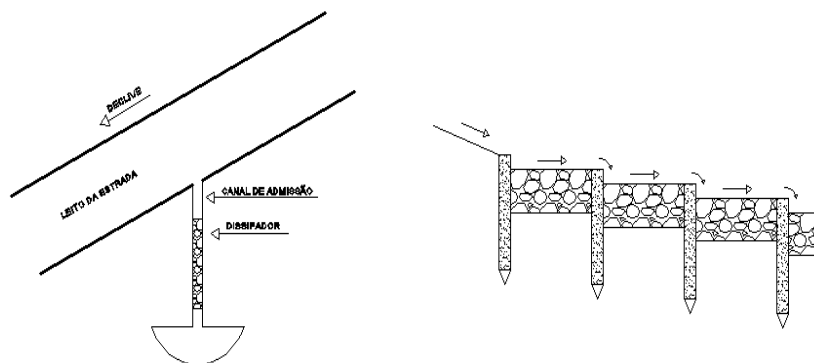


Fonte: FERNANDES (2009, p.35).

○ Dissipadores de energia

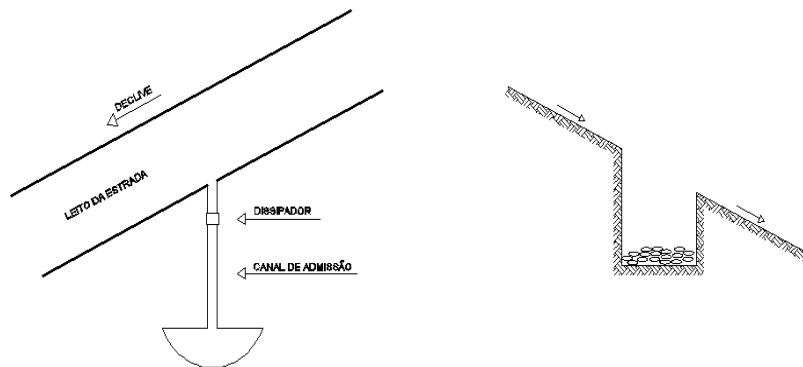
Nos casos onde os canais de admissão não são construídos com declividade inferior a 1%, a velocidade da água aumenta causando erosão e assoreamento no canal de admissão. Para esta erosão são construídos os dissipadores de energia, reduzindo esta velocidade e fornecendo maior durabilidade nas barraginhas. Alguns exemplos de dissipadores estão apresentados nas FIG. 17 e FIG. 18.

FIGURA 17 - Dissipador de energia simples de madeira.



Fonte: FERNANDES (2009, p.37).

FIGURA 18 - Dissipador de energia construído de alvenaria e pedras em forma de caixa.



Fonte: FERNANDES (2009, p.37).

○ Época de implantação

O período ideal para a construção das barraginhas é na época mais úmida do ano, logo após o término do período das águas. No período chuvoso, a construção pode aumentar o carregamento de sedimentos do solo, além de ocorrer o assoreamento dos canais de admissão

e da própria barraginha. É importante iniciar a construção quando o solo estiver bem úmido favorecendo a escavação e facilitando a liga e a compactação dos aterros.

2.5.4 Manutenção

Para manter a infiltração do solo é necessário realizar, anualmente no período seco do ano, a manutenção das bacias, bem como dos canais de admissão. Devem ser retirados restos de sedimentos do fundo, bem como qualquer sinal de erosão, mantendo-os limpos no período da seca, ocasião em que se pode efetuar também uma escarificação no fundo, visando melhorar a infiltração. Segundo Vasques Filho (1989 *apud* por PRUSKI, 2011), as medidas a serem tomadas para a manutenção devem ser preventivas, dentre elas:

- Adoção de espaçamentos entre as barraginhas e técnicas de manejo que resultem em adequado controle da erosão;
- Utilizar dissipadores de energia nos canais de admissão com intuito de reduzir a velocidade do escoamento superficial;
- Cultivar plantas que mantenham uma boa cobertura do solo no entorno;
- Executar operações de preparo e cultivo do solo em paralelo aos terraços; evitando o trânsito de máquinas muito próximas às barraginhas, para não haver desmoronamento dos taludes.

A manutenção irá depender sempre do tipo de solo, das espécies cultivadas, equipamentos utilizados e condições pluviométricas.

2.5.5 Custos

Para a construção de cada barraginha, calcula-se em média duas horas de máquina em solo macio e duas horas e meia em solo firme. As máquinas mais adequadas são a pá-carregadeira e a retroescavadeira, e essas devem ser manejadas por operadores treinados a fim de manterem as medidas e dimensões corretas (BARROS *et al*, 2013). Para a sua execução são diversos fatores que influenciam como o tipo de solo, destreza do operador, declividade, condições de umidade do terreno, diâmetro da barraginha entre outros. Os custos da hora-máquina pode variar de acordo com a região e com fatores econômicos.

Objetivando possibilitar o orçamento para a implantação das barraginhas, apresentam-se na TAB. 03, os dados sobre os rendimentos operacionais e os custos por hora de cada maquinário. Os rendimentos citados foram relacionados de acordo com a fabricação

de uma barraginha de doze metros de diâmetro e dois metros de altura, operador treinado e terreno regular.

TABELA 03 - Dados sobre rendimentos operacionais e valores sobre custeio por hora de cada máquina.

Retroescavadeira	120-180 min/bacia	R\$ 100,00/h
Canais de admissão com retroescavadeira	200 m linear/h	R\$ 100,00/h
Pá carregadeira	130-200 min/bacia	R\$ 150,00/h
Trator de esteira	120-220 min/bacia	R\$ 160,00/h

Fonte: PRÓPRIO AUTOR

2.6 Limitações, precauções e vantagens do projeto barraginhas

Para a construção das barraginhas é necessário fazer um estudo preliminar, do local onde será executada, pois em alguns locais são restritos para tal operação como em cursos de água perene, em áreas de preservação ambiental, em grotas em v com barrancos profundos, nas chamadas voçorocas e nem em terrenos com inclinação acima de 12%. Deve-se também evitar sua construção nos períodos mais secos, pois a compactação do solo sofre grande influência da umidade residual das chuvas (BARROS *et. al.*, 2013).

As barraginhas geram também uma perda de espaço onde as mesmas serão construídas, mas poderá ser reaproveitada com agricultura e pecuária. Alguns pontos devem merecer especial atenção durante a implantação dessa tecnologia, para garantir o sucesso do sistema, são eles:

- Aplicação do sistema em solos impermeáveis - onde o solo possui uma limitação para velocidade de infiltração, mesmo fazendo escarificações, tornam-se as barraginhas impróprias naquele determinado local, restando apenas disciplinar a enxurrada para desaguadouros naturais. Opta-se também alterar o formato da barraginha para melhorar as condições de evaporação das águas armazenadas.

- Falta de compactação - após o término da construção da barraginha, é necessária a compactação na crista da mesma, evitando acomodações e desmoronamento posteriores, por se tratar de um material movimentado (solo).

- Excesso de velocidade no canal de admissão - ocorre quando as barraginhas são construídas de formas inadequadas de forma que sua locação e posicionamento foram calculados de forma equivocada, possibilitando uma maior declividade do canal, ocasionando

assoreamento e erosão no mesmo, podendo comprometer a estrutura e os objetivos de cada barraginha implantada.

Entre outros aspectos, pode-se concluir que as limitações e precauções para a construção das barraginhas, são inferiores aos inúmeros benefícios que este sistema, implantado de forma correta, poderá promover após sua fabricação. Algumas vantagens da execução do projeto barraginhas, são:

- Controle dos processos erosivos e assoreamento dos mananciais conforme FIG. 19 e FIG 20 respectivamente a erosão ocorre através do desprendimento e arrete acelerado das partículas do solo, ocasionado pela ação da água e do vento. Além das partículas o escoamento superficial, transporta os nutrientes que se encontram no solo prejudicando a produção agropecuária e provocando a poluição das nascentes por conduzir produtos químicos para esses locais. A erosão também acarreta ao assoreamento dos mananciais, favorecendo a ocorrência de enchentes no período chuvoso e aumentando a escassez de água no período da estiagem, tendo como consequência a elevação dos custos de tratamento de água, redução dos reservatórios devido à sedimentação, diminuição do potencial de geração de energia elétrica elevando também o seu custo.

As barraginhas contribuem para redução desses impactos ambientais, pois impedem que a enxurrada escorra por grandes distâncias, aumentando assim sua velocidade, o que gera erosão excessiva, evitando que haja perda acentuada dos solos, quebrando a energia cinética da água. Mesmo havendo erosão, o assoreamento dos mananciais e a perda de solo são minimizados juntamente com as enchentes que por muitas vezes causam diversos danos.

A recuperação e preservação de áreas degradadas também é considerado um benefício que as barraginhas proporcionam além do uso sustentável dos recursos naturais e a manutenção da qualidade e quantidades dos recursos hídricos, com a revegetação das matas ciliares.

- Aumento da infiltração do escoamento superficial elevando o nível do lençol freático ao receber a água proveniente do escoamento superficial, entrará o processo de infiltração através dos horizontes do perfil do solo conforme FIG. 21. As barraginhas proporcionam condições para que essa água nelas represada se infiltre, fato que promove a recarga do lençol freático, aumentando o potencial dos mananciais que mantêm as nascentes e córregos. Quando mais rápido for a capacidade de infiltração do solo, mais eficiente será a barraginha. Assim ela estará apta para colher a próxima chuva e sucessivamente todas as chuvas que ocorrerem. Com o aumento do nível do lençol freático, reflete no nível das cisternas e no umedecimento das baixadas, amenizando o período de estiagem. O objetivo

principal do sistema consiste em carregar e descarregar as barraginhas, proporcionando a infiltração da água num rápido espaço de tempo.

FIGURA 19 - Processo erosivo.



Fonte: PRÓPRIO AUTOR.

FIGURA 20⁹ - Processo de assoreamento.



Fonte: WIKIGEO.PBWORKS.COM

⁹ Disponível em: <<http://wikigeo.pbworks.com/w/page/36433698/Assoreamento>>. Acesso em: 28 out. 2015.

FIGURA 21 - Processo de infiltração na barraginha.



Fonte: PRÓPRIO AUTOR

FIGURA 22¹⁰ - Processo de infiltração antes, durante e após o período das chuvas.



Fonte: GOOGLE EARTH

¹⁰ Google Earth. Disponível em: <<https://www.google.com/earth/>>. Acesso em: 30 out. 2015.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Em tempos de seca, período em que se apresenta em diversas partes do planeta a busca por alternativas que ajudem a melhorar os efeitos da estiagem e aproveitar melhor as águas abundantes do período chuvoso estão sendo cada vez mais utilizadas. As chuvas nos períodos das cheias causam até danos ao solo, através da erosão hídrica, que com o passar do tempo pode levar ao empobrecimento e o assoreamento dos mananciais. O projeto barraginhas ganhou força e se espalhou por diversas regiões do país, apresentando resultados interessantes com relação à melhoria da infiltração dos solos, diminuição nos impactos ambientais e seu aproveitamento para elevar os níveis do lençol freático. Com um custo relativamente baixo, se executada de maneira correta, as barraginhas podem ser grandes aliadas ao processo de preservação do meio ambiente. Se ao contrário, forem feitas sem as precauções necessárias, sem os devidos cálculos e utilizando-se de equipamentos e mão de obra não qualificada, essas poderão trazer degradação e gastos desnecessários.

Em imagens encontradas no *Google Earth* em diferentes ocasiões no ano, em uma estrada na Zona da Mata Mineira, onde existem algumas barraginhas implantadas pelo Sindicato Rural, nota-se que mesmo cerca de cinco meses após as chuvas, a área ao redor das barraginhas se mantém verde, enquanto o campo mais afastado encontra-se seco, mostrando sua vantagem diante ao processo de infiltração gerando umedecimento no solo.

O sistema mostra-se viável, desde que respeitadas as suas exigências locais e as condicionantes de dimensionamento, posicionamento, locação, construção das barraginhas e manutenção das mesmas. Desta forma, o projeto barraginhas não pode ser encarado como a solução definitiva para a seca e sim como mais uma alternativa técnica e economicamente viável, que com as demais diminuirão os efeitos da crise hídrica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALENCAR, Danielle B. S. de; SILVA, Cícero L. da e OLIVEIRA, Carlos A. da S. Influência da precipitação no escoamento superficial em uma microbacia hidrográfica do Distrito Federal. **Eng. Agríc. [online]**: 2006, vol.26, n.1, p. 103-112. Disponível em:<<http://www.scielo.br/pdf/eagri/v26n1/30101.pdf>>. Acesso em: 01 set. 2015.

ASSOCIAÇÃO plante vida. **Barraginha**: solução eficiente para a falta de água. Disponível em:< <http://www.plantevida.com.br/barraginhas-solucao-eficiente-para-falta-de-agua/>>. Acesso em: 10 set. 2015.

BACK, Álvaro J. Relações entre precipitações intensas de diferentes durações ocorridas no município de Urussanga, SC. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambiental [online]**: 2009, vol.13, n.2, p. 170-175. Disponível em:<<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v13n2/v13n02a10.pdf>>. Acesso em: 01 set 2015.

BARBOSA JUNIOR, Antenor Rodrigues. **Elementos de hidrologia aplicada**: escoamento superficial. Disponível em:<
[http://www.em.ufop.br/deciv/departamento/~antenorrodriques/6_escoamento%20superficial.p](http://www.em.ufop.br/deciv/departamento/~antenorrodriques/6_escoamento%20superficial.pdf)
[df](http://www.em.ufop.br/deciv/departamento/~antenorrodriques/6_escoamento%20superficial.pdf)>. Acesso em: 01 out. 2015.

BARROS, Luciano C.de. **Captação de águas superficiais de chuvas em barraginhas**. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. 16p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 2).

BARROS; Luciano Cordoval de. et. al. Integração das tecnologias sociais Barraginhas e Lago de Múltiplo Uso. **II Simpósio brasileiro de agropecuária sustentável**:Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG. 23 a 26 set. 2010. Disponível em: <
<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/52482/1/Integracao-tecnologias.pdf>>. Acesso em: 01 ago. 2015.

BARROS, Luciano Cordoval de,et. al., Integração entre barraginhas e lagos de múltiplo uso: o aproveitamento eficiente da água de chuva para o desenvolvimento. **Grão de bico**: nº 42, jan 2013. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/944140/integracao-entre-barraginhas-e-lagos-de-multiplo-uso-o-aproveitamento-eficiente-da-agua-de-chuva-para-o-desenvolvimento-rural>>. Acesso em: 01 out. 2015.

CARVALHO, D. F.; SILVA, L. D. B. **Hidrologia**. Rio de Janeiro: UFRRJ, 2006. Disponível em < <http://www.ufrrj.br/institutos/it/deng/leonardo/downloads/APOSTILA/HIDRO-Cap2-CH.pdf>>. Acesso em: 6 jul. 2015.

FAGUNDES, Vanessa. Barraginhas: técnica de captação de água garante subsistência e gera renda para pequeno produtor. **Revista Minas Faz Ciência**: nº 32, dez. 2007 a fev 2008. Disponível em:<<http://revista.fapemig.br/materia.php?id=475>>. Acesso em: 01 set. 2015.

FERNANDES, H.F. **Métodos para dimensionamento e locação de bacias de captação e terraços para a conservação de solo e água**. 2009.103 p. (Monografia para obtenção do título de Especialista em Gestão e Manejo Ambiental na Agroindústria) - Departamento de Engenharia, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

FERREIRA, R. F. **Avaliação da qualidade da água utilizada por produtores de polpa de fruta na região central de Rondônia**. 2013. 88 p. (Trabalho de Conclusão de Curso para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Ambiental)– Universidade Federal de Rondônia, Ji-Paraná, 2013. Disponível em:
<<http://www.engenhariaambiental.unir.br/admin/arq/TCC%20RaissaE.A..pdf>>. Acesso em: 02 nov. 2015.

GNADLINGER, J. A contribuição da captação de água de chuva para o desenvolvimento sustentável do semiárido brasileiro: uma abordagem focalizando o povo. In: Simpósio Brasileiro de captação de água de chuva no semiárido, 3., 2001. Campina Grande-PB. **Anais eletrônicos**. Campina Grande, 2001.

LANDAU, Elena Charlotte. et. al. **Abrangência geográfica do projeto barraginhas no Brasil**. Sete Lagoas: EMBRAPA Milho e Sorgo, set. 2013.

MACHADO, Carlos José Saldanha. **Recursos hídricos e cidadania no Brasil**: limites, Alternativas e Desafios. Maio 2003. Disponível em:
<<http://www.scielo.br/pdf/asoc/v6n2/a08v06n2.pdf>>. Acesso em: 20 set. 2015.

MARENGO, José A.; VALVERDE, Maria C. **Caracterização do clima no século XX e Cenário de Mudanças de clima para o Brasil no Século XXI usando os modelos do IPCC-AR4**. Disponível em: < https://www.multiciencia.rei.unicamp.br/mc/pdf/art1_8.pdf>.

OLIVEIRA, A. H. **Erosão hídrica e seus componentes na sub-bacia hidrográfica do horto florestal Terra Dura, Eldorado do Sul, (RS)**. 2011 (a). 179 p. (Tese para a obtenção do título de Doutor em Conservação do Solo e da Água) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011. Disponível em:
<http://repositorio.ufla.br/bitstream/1/3796/1/TESE_Eros%C3%A3o%20h%C3%ADdrica%20e%20seus%20componentes%20na%20sub-bacia%20hidrogr%C3%A1fica%20do%20Horto%20Florestal%20Terra%20Dura%2c%20Eldorado%20do%20Sul%20%28RS%29.pdf>. Acesso em: 12 out. 2015.

OLIVEIRA, G. S. de. **Conservação do solo e água**. 22 nov. 2011 (b). Disponível em:
<http://www.dcs.ufla.br/site/_adm/upload/file/slides/matdispo/geraldo_cesar/1a_aula_teorica.pdf>. Acesso em: 20 out. 2015.

PIRES, Fabio Ribeiro; SOUZA, Caetano Marciano de. **Práticas mecânicas de conservação do solo e da água**. 3. ed. Viçosa: UFV. 2013. 216 p.

PROJETOBARRAGINHAS.BLOGSPOT.COM.BR. **Passo a passo da construção de barraginha com retro escavadeira**. Disponível em:
<<http://projetobarraginhas.blogspot.com.br/2013/08/passo-passo-da-construcao-de-tres.html>>. Acesso em: 21 out. 2015.

_____. **Salinas agora é a sua vez, mais um avanço no semiárido mineiro**. Disponível em:
< http://projetobarraginhas.blogspot.com.br/2015/11/blog-post_14.html >. Acesso em: 21 out. 2015.

_____. **Treinamento da equipe da secretária de agricultura e obras de Sete Lagoas**. Disponível em: <

http://projetobarraginhas.blogspot.com.br/2015/11/blog-post_14.html >. Acesso em: 21 out. 2015.

GOOGLE. **Google earth**. Disponível em: <<https://www.google.com/earth/>>. Acesso em: 30 out. 2015.

PRUSKI, Fernando Falco. **Conservação de solo e água**: praticas mecânicas para o controle da erosão hídrica. 2. ed. Viçosa: UFV. 2011. 279 p.

REBOUÇAS, Aldo da c.; BRAGA, Benedito; TUNDISI, José Galizia. **Águas doces do Brasil**: capital ecológico, uso e conservação. 3. ed. São Paulo: Escrituras, 2006.

SERAFIM, Ana Lúcia; VIEIRA, EilamariaLibardoni; LINDERMANN, Ivana Loraine. **Importância da água no organismo humano**. Jan. jun. 2004. Disponível em: <<http://sites.unifra.br/Portals/35/Artigos/2004/41/importancia.pdf>>. Acesso em: 20 ago. 2015.

SOUZA, Enio Resende de.; DOMINGUES, José Fernando N. **Bacias de captação de enxurradas**. Emater: out. 2006. Disponível em: <http://www.emater.mg.gov.br/doc/intranet/upload/resp_ambiental%5Cfolders/bacias%20de%20capta%C3%A7%C3%A3o%20de%20enxurradas.pdf>. Acesso em: 01 set. 2015.

TELLES, Dirceu D'alkmin; COSTA, Regina Pacca (Coord.). **Reuso da água**: conceitos, teorias e práticas. 2. ed. Santa Maria: Edgard Brucher, 2010. 407 p.

TEIXEIRA, Silvana. **Irrigação**: uma técnica que traz muitos benefícios ao meio rural. Disponível em: <<http://www.cpt.com.br/cursos-irrigacao-agricultura/artigos/irrigacao-um-procedimento-que-pode-garantir-a-producao>>. Acesso em: 01 set. 2015.

THE NATURE Conservancy. **Termo de referência para a implantação das bacias de contenção de águas pluviais**: barraginhas. Disponível em: <https://www.google.com.br/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CBwQFjAAhUKEwjUuJ7Y7obJAhWIVJAKHRExBr4&url=http%3A%2F%2Fwww.comitepcj.sp.gov.br%2Fdownload%2FAnexoVIII_TermoReferencia_Barraginhas.doc&usg=AFQjCNH3rD5PHgP3xsQPy34xY8jhEXeaWQ&sig2=cqkrDF1AApGE29uwuzHJQA&bv m=bv.106923889,d.Y2I>. Acesso em: 04 nov. 2015.

USGS.GOV. **Hidrosfera**. Disponível em: <<http://www.achetudoeregiao.com.br/animais/hidrosfera.htm>>. Acesso em: 23 out. 2015.

VASCONCELOS, Yuri. **Volume morto**. Guia do estudante: Atualidades. 22. ed. São Paulo: Abril, 2015.

VILELA, A. B. **Variante dos macacos**: dimensionamento de obra de arte corrente. 2012. 58 p. (Relatório Técnico-científico para obtenção do título de Especialista em Engenharia de Estradas) – Faculdade de Engenharia de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012. Disponível em: <<http://www.der.mg.gov.br/images/TrabalhosAcademicos/antenoor.pdf>>. Acesso em: 12 out. 2015.

WIKIGEO.PBWORKS.COM . **Assoreamento**. Disponível em: <<http://wikigeo.pbworks.com/w/page/36433698/Assoreamento>>. Acesso em: 28 out. 2015.