

Barragens Sucessivas de Contenção de Sedimentos em Microbacias Hidrográficas do Semiárido do Ceará¹

João Bosco Oliveira², Josualdo Justino Alves³, Francisco Mavignier C. França⁴

²Secretaria dos Recursos Hídricos do Ceará
E-mail: jbo@secrel.com.br

³Secretaria do Desenvolvimento Agrária o Ceará
E-mail: josualdo.alves@gmail.com

⁴Secretaria dos Recursos Hídricos do Ceará
E-mail: mavignierf@yahoo.com.br

Resumo

O Ceará tem a sua base de recursos naturais muito frágil e com grande suscetibilidade à degradação ambiental. Para agravar a situação, está situado na parte mais sensível aos efeitos das instabilidades climáticas que assolam, periodicamente, o nordeste brasileiro. A base física, propícia à degradação ambiental, o uso indiscriminado dos solos e os efeitos do clima inclemente, concorrem para acelerar o processo de erosão do solo.

A erosão diminui a capacidade dos solos de assegurar as condições físico-químicas requeridas pelos cultivos, o que reduz a renda da população rural, gerando pobreza. Para conter os efeitos da erosão, são adotadas técnicas de plantio e técnicas edáficas, como os terraços e os cordões de pedra em contorno. Entretanto, as áreas em que não se adotam essas técnicas propiciam o carreamento de sedimentos que, em última instância, são depositados nos açudes. A Secretaria dos Recursos Hídricos do Ceará utilizou a técnica da barragem sucessiva de pedras com a finalidade de conter esses sedimentos.

A técnica da barragem sucessiva de contenção de sedimentos é uma estrutura construída com pedras soltas, cuidadosamente arrumadas em formato de arco romano deitado, realizada na rede de drenagem da microbacia hidrográfica, objetivando a retenção dos sedimentos gerados nos processos erosivos das áreas cultivadas e das áreas trabalhadas para outros fins, como construção de estradas, etc.

A técnica da barragem sucessiva de pedras foi experimentada, de forma integrada com outras técnicas, nas áreas do Programa de Desenvolvimento Hidroambiental (PRODHAM), nos municípios cearenses de Canindé, Aratuba, Pacoti/Palmácia e Paramoti, em que foram construídas 3.332 barragens sucessivas no período de 2001 a 2009.

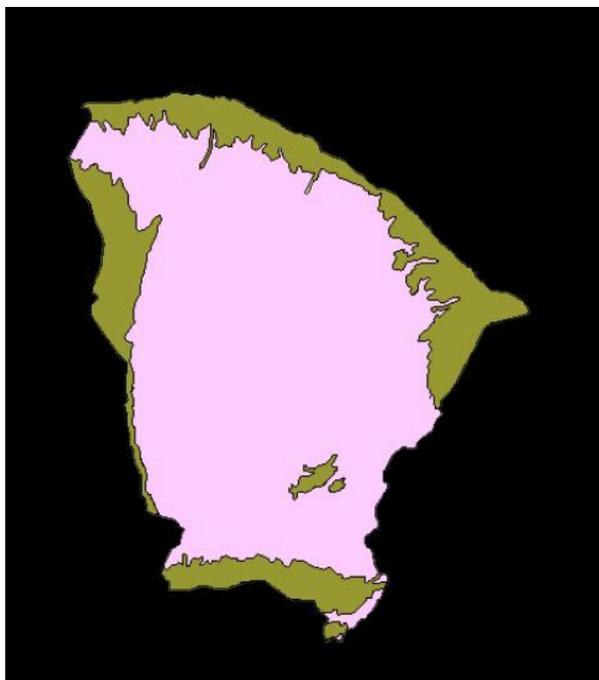
A Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos (FUNCEME) realizou experimentos na área de Canindé e obteve valores médios para oito microbarramentos, de 8,37m³ de acumulação de sedimentos para uma área média de 45,6m³. Observou-se, nestas bacias, o reaparecimento de olhos d'água, animais silvestres e atividades produtivas.

Palavras-chave: semiárido; Ceará; hidroambiental; bacia hidrográfica; barragem sucessiva de pedra; sedimentos.

(1) Paper issued at the request of Secretariat of Water Resources of the State of Ceará, under the consulting service agreement no. 001/2010/PROGERIRH II-ADDITIONAL LOAN/SRH/CE.

1. INTRODUÇÃO

O Ceará está situado na parte mais vulnerável aos efeitos das instabilidades climáticas que, periodicamente, assolam o Nordeste do Brasil. Além de estar sujeito aos efeitos temporal-espacial da seca, o Estado (Figura 1) ainda tem, em maior parte do seu território, uma base física peculiar, com solos rasos, pedregosos e, muitas vezes, salinos. Esses solos ao serem utilizados para a prática agrícola “de estilo europeu”, com a derrubada total da mata, ficam mais sujeitos aos processos de degradação por meio da erosão.



Fonte: SRH-CE/COINF.

Figura 1. O Estado do Ceará e sua configuração geológica. Na área central, fica o cristalino e, nas demais áreas, os sedimentos (bordas do Estado).

Apesar do território estadual estar sujeito às secas periódicas, quando ocorre um período chuvoso (“inverno”), o efeito da chuva nesses solos é intenso, uma vez que o Estado está situado em região equatorial, de chuvas torrenciais. De forma geral, pode-se afirmar que a erosão hídrica e o desmatamento indiscriminado da cobertura vegetal representam os dois principais problemas relacionados à qualidade dos recursos hidroambientais no Estado do Ceará. Como se trata de um Estado onde a economia rural é muito dependente do setor agrícola, a perpetuação de tais problemas significa aceitar o empobrecimento gradativo do solo e o assoreamento dos rios e açudes, com sérios efeitos negativos para a população rural. A propósito da temática em tela, o engenheiro agrônomo Guimarães Duque, no seu livro “Solo e Água no Polígono das Secas”, (DUQUE, 1973), assinala que:

“o sistema conduziu à erosão desenfreada, ao desnudamento da terra, rompendo o equilíbrio criado pela

natureza entre o solo, a flora, a água, a fauna e a vida econômica do homem. A devastação da vegetação nativa pelo homem traz milhares de consequências prejudiciais quando não são usados métodos racionais de manter o jogo harmonioso das forças do clima, da terra, das plantas, das águas e dos animais.”

Além do impacto na vegetação, na fertilidade e na topografia do solo, a erosão também é responsável pelo aumento na velocidade do vento, na intensidade da chuva e na elevação da temperatura ambiente. Esses três agentes climáticos, no semiárido, são muito desfavoráveis à manutenção da qualidade do solo (fertilidade, textura e profundidade).

A terra nua no verão, a evaporação e o vento constante causam, nessa estação, a erosão eólica do solo. No inverno, o efeito danoso da enxurrada, que se inicia com as primeiras chuvas, encontra a vegetação seca e o solo quase nu. Efetivamente, os solos do semiárido estão submetidos ao desgaste durante os doze meses do ano.

Especialistas e instituições governamentais têm buscado, nas últimas décadas, mecanismos para mitigar os efeitos da degradação ambiental no semiárido do nordeste brasileiro, sobretudo, a erosão do solo. Dentre as práticas mais adotadas, destaca-se a construção de barragens sucessivas de contenção de sedimentos. Nesse esforço, as duas experiências mais relevantes foram empreendidas em Pernambuco, sob a liderança do engenheiro José Artur Padilha e, no Ceará, pela Secretaria dos Recursos Hídricos, quando construiu mais de 60 mil barragens durante a seca de 1998-1999, por meio do Projeto de Desenvolvimento Hidroambiental, quando construiu, com maior rigor técnico e envolvimento do homem do campo, 3.332 barragens de contenção de sedimentos, durante o período de 2001 a 2009, em quatro microbacias hidrográficas selecionadas.

A experiência de Pernambuco foi realizada no município de Afogados da Ingazeira. Lá, a tecnologia de barragem sucessiva de pedras foi chamada de “Base Zero”, que consiste em barramentos de grotas, por meio de pedras arrumadas em formato de arcos romanos, sem argamassas e sem fundações estruturais. Esses barramentos, encadeados em distâncias que variam em função da declividade do terreno, propiciam o acúmulo dos sedimentos à montante do arco romano, criando microclimas que, em última instância propiciam o aumento da diversidade biológica, por manter, por períodos maiores, a umidade na microbacia. Foi assim que, em 1996, obteve-se uma

“dinamização da disponibilidade de água para abastecimento, obtida a partir da implementação de barramentos encadeados em série, com a implementação de singelos sistemas gravitacionais de captação, redes de condução, armazenamento intermediário e distribuição da água, com uma conseqüente revolução nos manejos da alimentação dos animais” (PADILHA, 1998).

A partir de então, essa tecnologia passou a ser difundida no nordeste brasileiro e adotada em períodos de seca, em obras públicas, para ser implantada em riachos intermitentes, na tentativa de melhorar as condições de solo e do clima do semiárido.

Recentemente, em 1999, a Secretaria dos Recursos Hídricos do Estado do Ceará, com a preocupação de desenvolver tecnologias integradas que possibilitasse reduzir a acumulação de sedimentos nos açudes e rios e riachos, criou o Projeto de Desenvolvimento Hidroambiental (PRODHAM) e incluiu, entre seus componentes, o que foi chamado de “Barragens Sucessivas”. A seguir, far-se-á um breve relato sobre barragens sucessivas de contenção de sedimentos e a experiência adotada pelo PRODHAM, a partir dos conteúdos apresentados em Ceará (2001) e Oliveira; Alves; França (2010).

2. A MICROBACIA HIDROGRÁFICA

A microbacia é uma paisagem natural em que as águas da chuva convergem para um mesmo local: rio, riacho ou açude. Como unidade de planejamento e ocupação do espaço rural, vem-se adotando a microbacia hidrográfica como uma alternativa prática e de resultados mais condizentes com a visão de um mundo coeso e único. A reunião de esforços entre população, comunidade e setores governamentais é requisito básico para que os benefícios esperados em um projeto de desenvolvimento sustentável sejam alcançados.

Ao observar-se uma área bem extensa, de preferência no meio rural, percebe-se que existem locais mais altos, a partir dos quais toda a água desce para um córrego, um riacho, até chegar a um rio, riacho ou açude. Esses pontos mais altos formam a “linha d’água” e toda a área, que concentra essa água, é a microbacia.

Em geral, os fatores ambientais, econômicos e sociais vigentes nessas áreas são mais ou menos homogêneos. Assim, o desenvolvimento de planos de uso e manejo, monitoramento e avaliação das atividades humanas, nessas unidades, apresentam maior efetividade das ações com o envolvimento das comunidades locais. Assim, toda região geográfica, que se possa imaginar, habitada ou não, está dentro de uma microbacia.

A microbacia, como unidade sistêmica, permite a identificação das interrelações dos vários fatores envolvidos no processo produtivo e de ocupação da área, de maneira a tornar compatíveis as atividades humanas com a preservação ambiental.

Assim, promover ações para o desenvolvimento rural de forma integrada e sustentável, tendo a microbacia hidrográfica como unidade de planejamento e a organização dos produtores como estratégia de ação, é o melhor processo de trabalho para a obtenção de ganhos de produtividade e de uso de tecnologias adequadas, do ponto de vista ambiental, econômico e social (OLIVEIRA, 1999).

3. MEDIDAS PARA DESENVOLVER AÇÕES NUMA MICROBACIA

As ações em uma microbacia hidrográfica são desenvolvidas para uma convivência harmônica entre a preservação dos recursos naturais e as condições de sobrevivência das pessoas. Para tanto, é necessário que algumas medidas sejam tomadas com o envolvimento do poder público e da população, destacando-se as seguintes:

- a) Capacitação de pessoal técnico e agricultores em planejamento de bacias hidrográficas e conservação de solo e água;
- b) difusão de tecnologias de manejo e conservação de solo;
- c) introdução de práticas de cobertura do solo e plantio direto;
- d) práticas de agricultura orgânica e agrossilvipastoril;
- e) implantação de viveiros de plantas;
- f) recomposição de matas ciliares e de áreas degradadas;
- g) práticas de preservação e uso sustentável dos recursos hídricos;
- h) adequação de estradas vicinais;
- i) correção do solo agrícola;
- j) práticas de contenção e controle de erosão;
- k) demarcação de curvas de nível e construção de sistemas de terraceamento e cordões de pedra;
- l) implantação de projetos demonstrativos de manejo integrado da microbacia;
- m) produção e difusão de material técnico e educativo; e
- n) educação ambiental nas escolas e na comunidade.

4. A PRÁTICA DA TECNOLOGIA HIDROAMBIENTAL POR MEIO DA BARRAGEM SUCESSIVA DE PEDRAS

4.1. Conceituação

As barragens de pedra, também denominadas de “barragens sucessivas”, são construídas em formato de arco romano deitado com pedras soltas, arrumadas em “cunha”, nos tributários (riachos), a partir da 5ª ordem de hierarquização dentro da bacia hidrográfica. O detalhe visual da barragem pode ser observado na Figura 2.



Fonte: PRODHAM.

Figura 2 – Visão aérea de duas barragens sucessivas de pedra, Canindé-Ceará.

Entretanto, para facilitar as tarefas que essas simples e pequenas obras exigem, é recomendada a observância de alguns parâmetros técnicos que, embora não exijam exatidão milimétrica, ajudarão a encontrar a melhor maneira de construir essas barragens.

4.2. Finalidade

No que concerne ao aspecto hidroambiental, a grande importância da barragem de pedra está na redução dos danos oriundos das formas inadequadas de seleção e uso do solo nas microbacias hidrográficas. Assim, é fundamental a adoção de inovações tecnológicas hidroambientais, particularmente nas microbacias, onde a estrutura fundiária é heterogênea e as áreas degradadas prevalentes.

A introdução de uma cultura ecodesenvolvimentista e conservacionista é de fundamental importância. Sob este enfoque, o aproveitamento e a conservação dos recursos naturais, notadamente os que concernem ao uso racional do solo e da água dentro do semiárido cearense, são elementos-chave para a redução da degradação no meio rural.

A implementação das barragens sucessivas de pedra visa, entre outras finalidades:

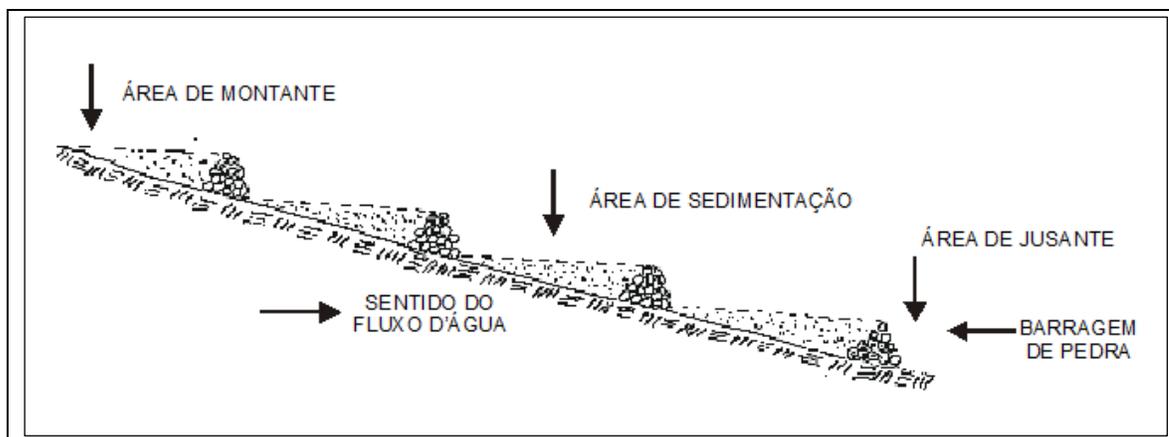
- Evitar o assoreamento e/ou a sedimentação gradativa dos leitos dos rios e dos açudes nas microbacias;
- promover a melhoria da qualidade de água nos tributários e nos açudes das microbacias;
- proporcionar o ressurgimento de diversas formas de vida vegetal (mata ciliar) e animal;
- aumentar a disponibilidade de água no solo nas microbacias;
- proporcionar disponibilidade de água para o consumo animal, segundo uma distribuição temporal e espacial satisfatória;
- proporcionar, nos terraços sedimentados, a exploração agrícola e pecuária diversificada.

4.3. Seleção dos locais das barragens ao longo da calha dos riachos

Dentre as etapas de construção da barragem de pedra, a mais importante e vital para que a obra atinja seus objetivos, é a correta condução do trinômio: localização, amarração e marcação, antes de iniciar-se a construção da obra.

Em qualquer caso, a escolha dos locais adequados à construção das barragens de pedras devem atender a algumas exigências fundamentais. A mais fundamental de todas as exigências é que, nos pontos eleitos para a localização das obras, existam condições mínimas de amarração das estruturas às margens do curso d'água. Além disso, no local de cada obra deve haver material adequado (pedras) e em quantidade suficiente para atender às necessidades da construção.

Após a eleição do tributário (riacho) a ser trabalhado dentro da microbacia, a operação de construção deve ser executada sempre de jusante para montante (Figura 3) do fluxo d'água.



Fonte: Padilha (1997).

Figura 3 – Sequenciamento das barragens de pedra

4.4 Tempo de assoreamento e/ou sedimentação

O tempo para ocorrência do processo de sedimentação dependerá das condições de precipitação ocorridas no local da obra, sobretudo no que concerne ao volume e à frequência das chuvas e as condições de utilização do solo à montante das barragens. O ressurgimento da vegetação herbácea e arbórea dependerá da condição edafoclimática local, além da ação antrópica sobre a região.



Fonte: PRODHAM.

Figura 4 - Barragem assoreada, vertendo água por cima, em área subúmida da Bacia do Rio Pesqueiro em Aratuba-CE.

Segundo COSTA (2010),

“o volume de sedimentos retidos pelos microbarramentos é expressivo. Tomando como referência o microbarramento BA03, no riacho Bananeiras da microbacia do rio Cangati, em Canindé-CE, foi acumulado um volume de 3,249m³, no período de janeiro a junho de 2002 em uma área de aproximadamente 24m². A Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos(FUNCEME), por sua vez, repetiu este experimento em 2007 e 2008, obtendo valores médios para oito microbarramentos de 8,37 m³, para uma área média de 45,6m². A proximidade dos números e a consistência dos resultados fortalecem a importância e a necessidade de replicação dessa prática hidroambiental em toda região semiárida”.



Fonte: PRODHAM.

Figura 5 - Barragem assoreada em mais de 1,10m em 8 anos, área seca do rio Cangati, em Canindé-CE.



Fonte: PRODHAM.

Figura 6 – Efeito de retenção de sedimentos e ressurgimento da vegetação arbórea e herbácea após o período de inverno

5. DIMENSIONAMENTO DA EQUIPE DE CAMPO E RECOMENDAÇÕES PARA A CONSTRUÇÃO DA OBRA

5.1. Mobilização da equipe de trabalhadores

Na etapa de construção das barragens de pedras, após a sua locação, faz-se necessário o planejamento no que concerne à utilização da mão-de-obra, observando os seguintes pontos:

- Antes de iniciar a obra, a equipe que vai construí-la deve organizar preliminarmente;
- em todas as obras, cada equipe se dividirá entre arrumadores dos blocos de pedras e as transportadoras;
- é necessário conhecer antecipadamente todos os meios que irão permitir a sua construção;
- estima-se que sejam necessárias entre 12 e 24 pessoas para cada obra;
- o início da obra só deverá ocorrer quando forem definidas as jazidas de pedra, supridoras da construção;
- é importante verificar se as estradas vicinais, paralelas e adjacentes ao curso d'água, já estão disponíveis antes do início da construção;
- explicar, a todos os componentes da equipe, as diversas etapas do trabalho;
- explicar os cuidados a serem tomados visando a integridade física dos trabalhadores, o manejo dos materiais de construção, sua arrumação, o uso das ferramentas e dos utensílios, etc.

5.2. Ferramentas necessárias à construção

No início da obra, informar a cada equipe os instrumentos, materiais de marcação, ferramentas e utensílios que serão utilizados durante toda a execução dos trabalhos, conforme relação a seguir:

- Usar foices para corte de varas e estacas utilizadas na confecção de “padiolas” ou “banguês”, ou então isoladamente na marcação da obra.
- Utilizar alavancas de ferro com diâmetro de 3 cm e 1,80 m de comprimento, na relação de uma alavanca para cada cinco operários.
- Usar um ou dois marrões de 5 kg para, nas situações em que necessitaram ser fracionados, facilitar o transporte e o manuseio.
- Utilizar algumas chibancas, pás, picaretas e enxadas.
- Usar alguns componentes auxiliares, tais como: mangueira de nível, de cor transparente, com 20 e com 50 m de comprimento e diâmetro 8 mm, do tipo

usado pelos pedreiros com 50 m de comprimento, trena métrica de 2 m, um martelo para utilidades diversas e um carretel de fio de *nylon*.

- Utilizar luvas de couro, necessárias aos operários da obra. Dadas as circunstâncias de trabalho, elas são indispensáveis.
- Quando as condições permitirem, utilizar carroças ou carretas, como equipamento auxiliar na operação de transporte de materiais.

6. A EXPERIÊNCIA DO PRODHAM COM AS BARRAGENS DE PEDRAS

Nas microbacias hidrográficas do rio Cangati (Canindé), riacho Pesqueiro (Aratuba), riachos Salgado/Oiticica (Pacoti/Palmácia) e rio Batoque (Paramoti) foram construídas 3.332 barragens sucessivas para a contenção de sedimentos, durante o período de 2001 a 2009.

O PRODHAM formou 400 agricultores em construção de obras hidroambientais e edáficas, aptos a trabalhar em qualquer região semiárida do Nordeste do Brasil. Como não poderia deixar de ocorrer, as populações diretamente beneficiadas com o programa, aumentaram a consciência preservacionista e já adotam e se aproveitam, de forma espontânea, das técnicas hidroambientais e dos novos métodos de produção agropecuária induzidos pelo PRODHAM.

6.1. Efeito socioeconômico e ambiental

Na microbacia do Cangati, por exemplo, observa-se que ocorreu o aparecimento de olhos d'água. Em microbacia mais úmida (Microbacia do rio Pesqueiro, em Aratuba) reapareceram pequenos veios d'água que existiam em passado distante e, devido à reparação proporcionada pelas barragens sucessivas, voltaram a verter água. Em prazo relativamente curto e a custo baixo, as barragens sucessivas geraram possibilidades de aproveitamento econômico de áreas que estavam sem uso, em função dos processos erosivos ocorridos ao longo dos anos.

A sedimentação, dependendo da área onde está inserida a microbacia, gera terraços mais ou menos úmidos que proporcionam o aproveitamento agroeconômico, inclusive com aumento do período de aproveitamento hidroagrícola. Trata-se, portanto, da melhoria das condições de vida do homem do campo que habita as regiões semiáridas.

Nos barramentos do rio Cangati, em Canindé, foram identificados diversos aproveitamentos agroeconômicos. Além do aproveitamento com culturas anuais, como milho e feijão, ainda foram plantadas culturas como melancia, mamão, mandioca, batata doce e arroz.

As limitações para o melhor aproveitamento das barragens sucessivas de pedra, na microbacia do rio Cangati, deveram-se à estrutura fundiária, pois grande parte das propriedades são muito pequenas, não possibilitando a construção de um número adequado de barragens, para a otimização desta tecnologia hidroambiental.

O outro grupo de proprietários, detentores das maiores áreas, não se mostraram interessados em implantar em seus estabelecimentos as barragens de pedra. As justificativas mais prováveis, para essa atitude, são: não moram em Canindé, não exploram a propriedade e falta interesse em inovar.

A ação do PRODHAM, com as barragens sucessivas, possibilitou a recuperação de parte dessa área, especificamente nos riachos intermitentes que, atualmente, se recuperaram e se tornaram úmidas. Ocorreram, também, mudanças na estrutura do solo, com aumento gradativo da produtividade agrícola, diminuição do escoamento superficial e da perda de solo com redução da erosão, ressurgimento de fontes de água e de diversas espécies da flora e da fauna.

6.2. Principais dificuldades encontradas

As principais dificuldades encontradas na implantação dessas tecnologias, nas áreas de atuação do PRODHAM, foram as seguintes:

- a) Necessidade de capacitação de pessoal das comunidades locais, para sua construção. Isso não é, necessariamente, um problema, mas um passo para se atingir a meta. Esse conhecimento pode ser adquirido em treinamentos curtos, mas exigirá um vínculo firme de compromisso social prolongado.
- b) As barragens sucessivas de pedra só foram implantadas, em larga escala, após estudos técnicos locais.
- c) Necessidade de constantes intervenções construtivas e complementares, após as enxurradas, até a plena consolidação do enrocamento.
- d) Incapacidade do homem em absorver rapidamente os benefícios da ação estrutural das barragens sucessivas.
- e) Estrutura fundiária caracterizada por propriedades muito pequenas, menos de 10 ha, o que inviabiliza, de forma plena, a adoção de obras hidroambientais.
- f) Absenteísmo dos proprietários das terras de maior tamanho, gerando falta de interesse em construir essas barragens.

6.3. Sugestões para replicação das barragens sucessivas em outras microbacias do semiárido cearense

Tendo em vista o quadro natural do semiárido muito alterado, em virtude das atividades antrópicas inadequadas, proporcionando os efeitos negativos das enxurradas, com graves consequências na estrutura dos solos e diminuição das camadas superficiais agricultáveis, a opção pela implantação de barragens sucessivas no semiárido foi uma

forma de reter parte dos solos carregados pela erosão e, ao mesmo tempo, fomentar a revitalização da biodiversidade e da maior produtividade das explorações agrícolas.

Essa opção tecnológica deve ser associada à construção de cordões de pedra ou terraceamento nas áreas agricultáveis, como forma de reter parte dos sedimentos no próprio solo e assim evitar danos maiores. As barragens sucessivas, com os cordões de pedra e terraços, são altamente necessárias, visto que sempre ocorrerá carregamento de sedimentos, embora em menor quantidade, em solos usados para a agricultura.

7. REFERÊNCIAS

CEARÁ. Secretaria dos Recursos Hídricos. **Implantação Experimental do Sistema de de Monitoramento Socioeconomico nas Áreas de Atuação do Projeto PRODHAM: Relatório Final.** Fortaleza, 2001. 97p.

COSTA, S. Liduína, C. **Efeitos dos microbarramentos na agricultura de subsistência do semiárido:** o caso do riacho Bananeiras em Canindé-CE. Fortaleza: SRH-CE, 2010.

DUQUE, G. J. **Solo e Água no Polígono das Secas.** 4. Ed., Fortaleza: UFC/BNB, 1973. 221p.

OLIVEIRA de J. B. **Plano de Ação para Implementação do PRODHAM / PROGERIRH.** Fortaleza: SRH-CE, 1999. 55p.

OLIVEIRA, J. Bosco.; ALVES, Josualdo. J.; FRANÇA, Mavignier, C. **Barragens sucessivas de contenção de sedimentos.** Fortaleza: SRH-CE, 2010. 33 p.

PADILHA, A . J. **Tecnologia base zero – TBZs.** Recife: Ed. Sistemas Técnicos Racionais LTDA, 1997, Tomo III. 51p.