

# Técnicas de captação de água de chuva em microbacias como ferramenta de recuperação da estrutura superficial e subsuperficial de Latossolos na região semi-árida de Minas Gerais

Norma A. Hernández-Bernal<sup>1\*</sup>

Luiz Rafael Palmier<sup>2</sup>

<sup>1</sup>*Becquer #29, Anzures, D.F. C.P.: 11590, México; norma.hdz.bernal@gmail.com*

<sup>2</sup>*Escola de Engenharia, UFMG, Avenida do Contorno 842/809; 30110-060, Belo Horizonte, MG; Brasil; palmier@ehr.ufmg.br*

## Resumo

A degradação dos solos é um grave problema que existe hoje e afeta ecossistemas naturais e sistemas agrícolas, especialmente em países em desenvolvimento. A degradação derivada de processos hídricos e eólicos, da compactação ou salinização, e as práticas inadequadas de uso de solo que deterioram o funcionamento hidro-bio-edáfico reduzem ainda mais a fertilidade dos solos e a possibilidade de sustentar um ecossistema. Em uma pesquisa recente quatro técnicas de captação de água de chuva foram implantadas em duas áreas experimentais localizadas na região semi-árida de Minas Gerais com o intuito de aumentar a infiltração, recuperar as propriedades físicas do solo e restaurar a cobertura vegetal. O objetivo deste trabalho é apresentar e discutir os resultados obtidos nessa pesquisa no que se refere à capacidade dessas técnicas serem adotadas como uma ferramenta na recuperação da estruturas superficial e subsuperficial de solos e como uma alternativa de manejo para reduzir a vulnerabilidade ecológica e social da região semi-árida de Minas Gerais.

*Palavras chave: recuperação, solos, captação água de chuva*

## Abstract

Soil degradation is a serious problem which affects natural and agricultural ecosystems, mainly in developing countries. Degradation caused by hydrological and wind processes, or due to soil compactation or salinisation, along with inadequate land use practices which deteriorate the pedo-hydrological and biological functions reduce the fertility of soils as well as the possibility of sustaining any kind of ecosystem. In a recent research four runoff farming techniques were applied in two experimental plots located at the semi-arid region of the state of Minas Gerais in order to increase soil water infiltration, restore soil properties as well as to restore the vegetation. Based on the results obtained with the former research, the objective of this paper is to present and discuss the capacity of these water harvesting techniques in being considered as a tool in the restoration of superficial and subsuperficial soil structure and as a management alternative to reduce ecological and social vulnerability of the semiarid region of the state of Minas Gerais.

*Key words: restoration, soil structure, runoff farming*

## 1. Introdução

A degradação dos solos é um dos maiores problemas que existem hoje e que afetam ecossistemas naturais e sistemas agrícolas, especialmente em países em desenvolvimento. A degradação derivada de processos hídricos e eólicos, da compactação ou salinização, e as práticas inadequadas de uso de solo que deterioram o funcionamento hidro-bio-edáfico reduzem ainda mais a fertilidade dos solos e a possibilidade de sustentar um ecossistema. Hoje, frente à pressão que existe sobre os recursos de água e solo é necessária à implementação de medidas de mitigação ou de recuperação das qualidades estruturais dos solos. Segundo informação da UNESCO (2006), a continuar a taxa atual de erosão dos solos,

---

\* Bolsista CNPq convênio PEC-PG Doutorado.

no futuro próximo a capacidade de produção de alimentos da terra diminuirá de maneira importante e agravará os problemas sociais.

Segundo evidenciam restos arqueológicos, a agricultura constitui um indicador da relação existente entre a degradação ambiental e o declínio econômico de várias civilizações, entre elas a antiga Mesopotâmia, onde a alteração do ambiente foi conseqüência da excessiva exploração do recurso hídrico e, portanto, da salinização dos férteis solos da região. Outro caso é a cultura Maia, na região Mesoamericana, a qual, para abastecer uma população em constante crescimento, promoveu um processo de desflorestamento para a expansão da fronteira agrícola, com conseqüente erosão dos solos. Em ambos os casos, essa degradação ambiental levou à diminuição do abastecimento de água e da produção agrícola assim como o empobrecimento dos solos gerando escassez de comida e conflitos políticos e sociais (BROWN, 1997; TOSCANO & HUCHIM, 2004).

A ineficiência no gerenciamento dos recursos hídricos e edáficos é um dos fatores determinantes que afetam o futuro dos ecossistemas e da segurança alimentar no mundo. O equilíbrio entre o desenvolvimento socioeconômico e a preservação da natureza tem se transformado em um grande desafio para humanidade. Proteger o meio ambiente como um todo é a única forma de garantir a preservação dos solos e vegetação. As economias hoje se sustentam em práticas que simplificam os ecossistemas naturais, seja para ter um manejo mais simples – economizando em tempo e custos na produção – ou para maximizar a produção de uma determinada cultura. Esses sistemas mais simples carecem da capacidade de auto-recuperação que, quando existe biodiversidade natural, permite que em curto tempo sejam superadas as alterações provocadas por pragas, incêndios naturais ou estresse pela falta de água ou pelas mudanças climáticas.

As atividades agrícolas sempre foram de muita importância no desenvolvimento das comunidades humanas, tanto economicamente quanto socialmente. No entanto, devido ao aumento na demanda de produção de alimentos ou para abastecer mercados sob a influência da demanda externa, o meio ambiente foi sendo desconsiderado, chegando a um ponto de degradação e perdas críticas. Na Arábia Saudita a confiança excessiva na capacidade de um aquífero fóssil para expandir a produção agrícola contribuiu para a queda de 62% da produção de grãos entre 1994 e 1996. Em 1995 o instituto de manejo de solos do Cazaquistão previa a perda de 30% da terra agrícola por problemas de erosão para meados do século XXI (BROWN, 1997).

No Brasil, a região semi-árida do Vale do Jequitinhonha não escapa a esse contexto de degradação dos recursos pelas demandas de abastecimento de alimento à população. E ainda tem que superar a vulnerabilidade climática que predomina na região para poder entrar no sistema econômico regional. A abertura de áreas para a agricultura ou pecuária tem degradado intensamente alguns locais dessa região na procura de incrementar a produção à custa da sobre-exploração do solo e da água disponível.

Nas regiões semi-áridas, além da falta de água, apresentam-se outros problemas relativos à degradação de outros componentes do meio ambiente, como são o solo e a vegetação, e à diminuição ou perda da biodiversidade. No entanto, existem sistemas alternativos que permitem incrementar a disponibilidade de água para benefício dos ecossistemas e das comunidades humanas. Dentre esses sistemas destacam-se as técnicas de captação de água de chuva, que, além de aumentarem a disponibilidade de água para consumo humano, podem ser utilizadas para outros propósitos, como aprimorar a produção agrícola e recuperar áreas degradadas. Ainda que essas técnicas tenham provado ser eficientes no incremento da produção agrícola tanto em regiões semi-áridas quanto em áreas temperadas em diferentes partes do mundo (BRUINS *et al.*, 1986; ZHU, 2003), são poucas as referências sobre a utilização da técnica de captação por escoamento na recuperação de solos e vegetação. Dentre as exceções, podem ser citadas as experiências nas regiões semi-áridas da província de Gansú, na China (LI *et al.*, 2001), em Karnataka, na Índia (SINGH, 1998), e na região semi-árida do Chile (CONAF-JICA, 1998).

## **2. Captação de água de chuva**

De forma geral, pode-se definir a captação de água de chuva como o método para a coleta do escoamento superficial para usos produtivos. Quando a água de chuva é concentrada para ser armazenada nas camadas superficiais do solo, com fins agrícolas, é classificado com o termo *runoff farming* ou captação de água por escoamento. Essas técnicas têm sido utilizadas para aumentar a produção agrícola em regiões com pouca disponibilidade de água. Em alguns lugares do continente Americano, Oriente Médio e Ásia, há evidências arqueológicas de que esses sistemas foram construídos há milhares de anos e que também foram usados para armazenar água para consumo humano (CRITCHLEY & SIEGERT, 1991; PRINZ & MALIK, 2002; TOSCANO & HUCHIM, 2004).

### 3. O Semi-árido Mineiro

O Meio Vale do Jequitinhonha apresenta condições semi-áridas e com severos problemas ambientais e sociais pela falta do recurso hídrico. A área de estudo se localiza na porção mais seca da região, cuja temperatura anual média é de 24°C e a precipitação anual média é de 700 mm, com valores mínimos de até 300 mm nos anos mais secos. Essa região está exposta a altos valores de evaporação potencial. A área de estudo está no município de Itinga (Figura 1), na bacia do Rio Teixeira, entre os paralelos 16° 25' e 16° 52' lat. S, e 40° 45' e 40° 16' long. W.

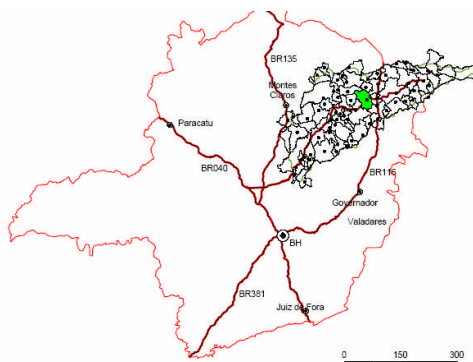


Figura 1. Localização do município de Itinga

A interferência antrópica nos processos naturais tem alterado, de maneira intensa, as características originais da micro-bacia do rio Teixeira, principalmente na configuração da drenagem e nas características dos solos e da vegetação. Adicionalmente, essa interferência tem acelerado ou acentuado processos existentes – erosão, compactação dos solos, perda da vegetação original, mudança nos padrões locais de escoamento –, alterando as condições originais da bacia.

### 4. Material e métodos

No presente estudo são discutidos os resultados parciais de uma pesquisa que considerou diversos parâmetros, físicos e biológicos, para determinar a eficiência de quatro diferentes sistemas de micro-captção de água por escoamento para aumentar a umidade no perfil do solo de forma a favorecer o crescimento da vegetação e acumulação da biomassa e permitir a recuperação da interação solo-planta (HERNÁNDEZ-BERNAL, 2007). Esses sistemas, de baixo custo, podem ser uma alternativa nas opções de uso/manejo do solo por meio do melhor aproveitamento da água de chuva e das características geomorfológicas e dos solos do local de estudo. Os sistemas avaliados são: a) *Negarim*; b) Leirões em semicírculos; c) Leirões em curva de nível; e d) Camalhões em curva de nível. Eles consistem de covas e

sarjetas de infiltração e bordos de terra que servem como estruturas de controle do escoamento para minimizar o transporte de sedimentos e a erosão, e permitir a infiltração da água no perfil do solo, favorecendo o desenvolvimento de plantas. Em cada uma dessas estruturas, que funcionam como micro-bacias, foi plantada uma muda de árvore. As árvores funcionaram como bio-indicadores da eficiência de retenção de umidade no solo e ao mesmo tempo forneceram matéria orgânica a qual foi se integrando gradativamente ao solo.

As duas áreas experimentais (AE1 e AE2) têm uma área de 800m<sup>2</sup>, com declividade de 5% a 7%. Os solos são Latossolos vermelho-amarelos profundos. Em cada uma das áreas experimentais foram construídos os quatro diferentes sistemas de micro-captção em 200m<sup>2</sup> para cada sistema e 200m<sup>2</sup> para uma área controle (Controle; S<sub>1</sub> = *Negarim*; S<sub>2</sub> = Leirões em semicírculo; S<sub>3</sub> = Leirões em curva de nível; S<sub>4</sub> = Camalhões em curva de nível). Em cada uma das micro-bacias, com áreas de 3x3m até 3x4,2m, aproximadamente, foi plantada uma muda de árvore em novembro de 2005, no início do período de chuvas. A manutenção das estruturas foi feita em diversas ocasiões, principalmente no início do período chuvoso de 2006. Não foi feito nenhum tipo de irrigação complementar, ou seja, a única fonte disponível era a água de chuva. O estudo visou definir o potencial da eficiência do armazenamento da água de chuva em cada um dos sistemas mencionados por meio do monitoramento de diversos parâmetros que indicassem o nível de restauração das funções hidrológicas no solo e no desenvolvimento das árvores.

Foi determinado como parâmetro indicador de mudança na estrutura do solo a estabilidade dos agregados do solo em nível superficial e subsuperficial. Para realizar esse teste seguiu-se a metodologia proposta por Herrick *et al.* (2005). Para tal, foram selecionados 18 pontos de amostragem de solo superficial e subsuperficial para cada sistema de captação de água. Esses pontos foram registrados numa folha de coleta de dados e sua localização foi sempre a uma distância de, no mínimo, 50 cm da árvore. A coleta da amostra superficial foi feita escavando uma pequena trincheira de 10-15mm na área de amostragem. O tamanho do fragmento de solo deve ser de 2-3mm de espessura e 6-8mm de diâmetro (Figura 2). Uma vez coletado, o fragmento foi colocado em uma peneira seca para posteriormente ser colocado no compartimento seco da vasilha de umedecimento.

A amostra de solo subsuperficial foi retirada diretamente abaixo do ponto onde foi coletada a amostra superficial. Para isso foi preciso escavar uma pequena trincheira a uma

profundidade de 3-4 cm (Figura 3). Posteriormente, cada fragmento foi colocado na peneira e umedecido, como feito com a amostra superficial.



Figura 2 e 3: Fragmentos de solo superficial e solo subsuperficial

Colocaram-se as peneiras nos compartimentos com água. O resto das amostras foi colocado em água a cada 30 segundos, uma após a outra. Posteriormente registrou-se uma classe de estabilidade segundo a Tabela 1.

**Tabela 1** – Critérios de classificação da estabilidade dos agregados do solo

Classificação de estabilidade	Critérios para determinar a classificação
1	Perda de 50% da integridade estrutural (dissolve) em 5 segundos de imersão em água OU o solo é muito instável para amostrar (passa através da peneira)
2	Perda de 50% da integridade estrutural (dissolve) 5-30 segundos após imersão
3	Perda de 50% da integridade estrutural (dissolve) 30-300 segundos após imersão OU < 10% do solo permanece na peneira após cinco ciclos de imersão
4	10–25% do solo permanece na peneira após cinco imersões
5	25–75% do solo permanece na peneira após cinco imersões
6	75–100 % do solo permanece na peneira após cinco imersões

Fonte: HERRICK *et al.*, 2005

Locais com valores acima de 5 são, geralmente, muito resistentes à erosão, principalmente se existem poucas áreas sem cobertura vegetal. Valores altos também refletem uma boa função hidrológica, pois os solos estáveis são menos propensos à dispersão e à obstrução dos espaços entre partículas durante as chuvas torrenciais. A integridade biótica também pode se relacionar com os valores altos da estabilidade dos agregados dos solos, já que são os organismos do solo que elaboram as substâncias que unem as partículas do solo. A análise estatística foi feita através de ANOVA, comparando as médias para cada sistema. Foram feitos 10 registros de monitoramento entre dezembro de 2005 e janeiro 2007.

## 5. Resultados

O monitoramento da estabilidade dos agregados do solo permitiu observar pequenas mudanças. O solo na AE1 teve ligeiro aprimoramento ao longo do tempo. Foi possível detectar melhorias dos agregados do solo nos diferentes sistemas avaliados, principalmente nas amostras subsuperficiais. Observou-se um incremento na atividade biológica que facilitou a integração das partículas do solo e que decompôs a matéria orgânica acumulada em sua superfície. Assim, em áreas da superfície do solo que no início estavam sem cobertura vegetal, posteriormente, e devido a mudanças na estrutura e conteúdo de matéria orgânica, foram cobertas pela própria vegetação rasteira que aproveitou a umidade disponível nas camadas superficiais do perfil em toda a AE1. Os valores da média de estabilidade dos agregados do solo para os sistemas  $S_1$ ,  $S_2$  e  $S_3$  são similares, em torno do valor 3, que é um nível intermediário. O tratamento  $S_4$  apresentou melhores valores para a estabilidade subsuperficial. Provavelmente, se aplicados outros tipos de técnicas de manejo de solos de maneira paralela aos tratamentos avaliados, o solo pode criar melhores condições no seu funcionamento hidrológico e gerar os elementos necessários para se tornar mais resistente aos processos erosivos presentes no local. Mas, pode-se afirmar que por si só os tratamentos proporcionaram um aprimoramento relativo à estabilidade do solo se comparados com a área controle. A análise de ANOVA mostrou que se apresentaram diferenças significativas dos tratamentos em relação aos valores na área controle, tanto para as amostras superficiais quanto para as subsuperficiais.

As figuras 4 e 5 mostram, para a AE1, os valores da estabilidade média dos agregados do solo para cada um dos diferentes tratamentos ao longo do período de monitoramento. Embora no início todos os sistemas tenham indicado valores muito similares entre si para o solo superficial, no  $S_4$  se apresentaram mudanças que permitem supor que houve um aprimoramento na estabilidade dos agregados do solo, melhoria da capacidade de infiltração do solo superficial e maior retenção de umidade. A média final do sistema  $S_4$  para esse indicador foi quase de nível 4 da tabela de classificação da estabilidade dos agregados do solo. Quanto ao aprimoramento da estabilidade dos agregados do solo subsuperficial ao longo do tempo de monitoramento (Figura 5), a presença das árvores, a ação das raízes e a incorporação de matéria orgânica na superfície do solo permitiram, nos pontos onde se concentraram a umidade e o aumento de material vegetal, que as características do solo apresentassem mudanças. Os agregados do solo subsuperficial da área controle não

apresentaram mudanças. Já os tratamentos S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub> e S<sub>4</sub> tiveram uma evolução diferente. Os sistemas S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> e S<sub>3</sub> mantiveram uma média similar ao longo do tempo, o sistema S<sub>4</sub> melhorou a qualidade dos agregados do solo de maneira muito mais rápida no final do período chuvoso 2005-2006. Os tratamentos S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub> e S<sub>4</sub> alcançaram níveis acima da qualificação 4. O nível de aprimoramento foi maior no solo subsuperficial do que na camada superficial.

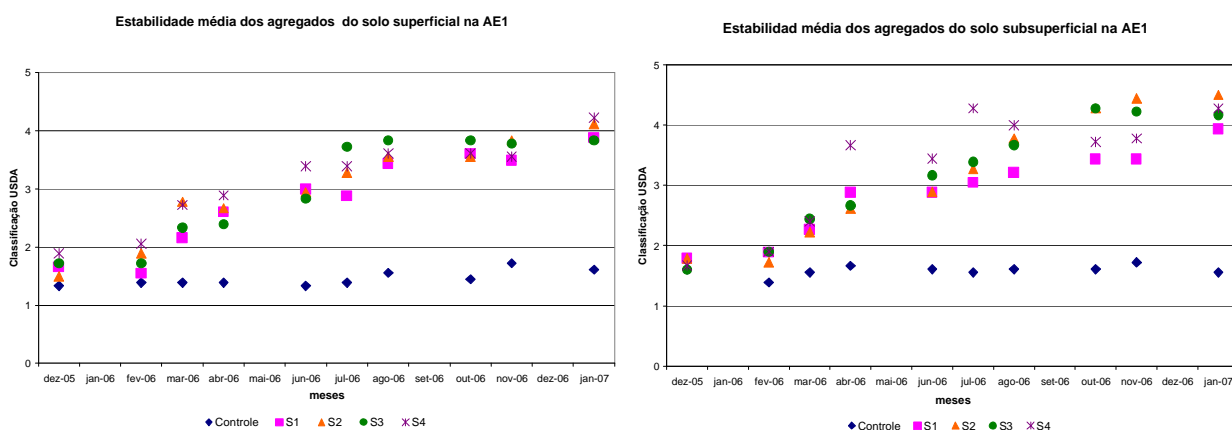


Figura 4 e 5: Estabilidade média dos agregados do solo superficial e subsuperficial na AE1

Desde o início do monitoramento as amostras demonstraram uma boa qualidade quanto à estabilidade dos agregados do solo na AE2 (Figuras 6 e 7). O fato de essa área estar com grau menor de compactação e com maior quantidade de matéria orgânica em superfície pode ter influenciado na estabilidade dos agregados, motivo pelo qual se excluiu da comparação os valores da área controle. De fato, os solos em superfície e subsuperfície já apresentavam, inicialmente, uma qualificação média (entre 3 e 4), indicando que o solo é resistente à erosão e a outro tipo de impactos.

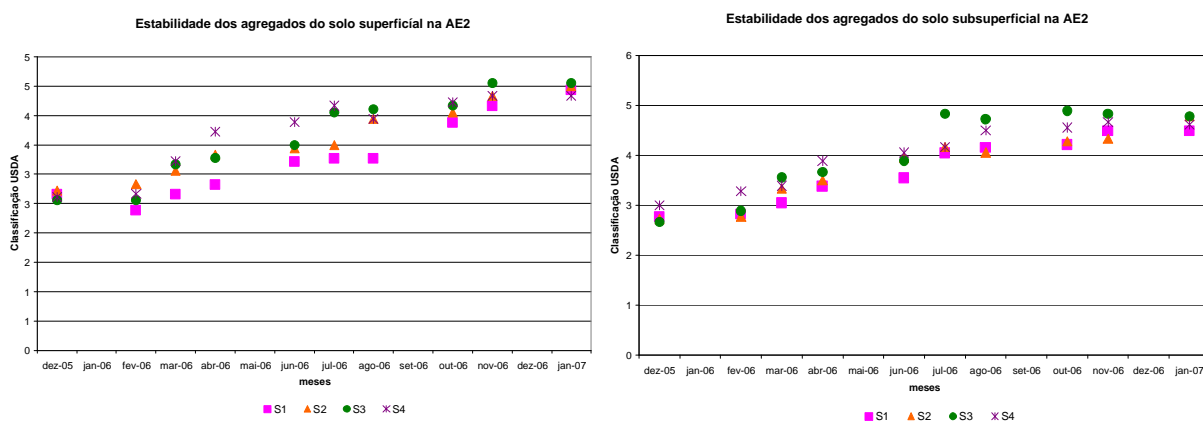


Figura 6 e 7: Estabilidade dos agregados do solo superficial e subsuperficial na AE2



O indicador estabilidade dos agregados do solo está intimamente relacionado ao desenvolvimento da planta e à produção de material vegetal, a qual, ao cobrir a superfície do solo, se transforma em matéria orgânica e é incorporada às camadas superficiais do solo. Em conjunto, umidade, produção vegetal, temperatura e outros elementos presentes – como a atividade biológica – permitem que seja aumentada a quantidade de matéria orgânica em decomposição, permitindo um aprimoramento nas funções hidrológicas do solo e apresentando uma maior coesão e resistência à erosão.

## **6. Considerações finais**

Os sistemas avaliados demonstraram que podem ser utilizados como alternativa para minorar a fragilidade ecológica da região, podendo reverter, em alguns casos, os processos de erosão e perda da qualidade hidrológica dos Latossolos Vermelho-Amarelos que existem na região do Médio Vale do Jequitinhonha.

As técnicas de captação de água de chuva, ao favorecer a infiltração da água e manter a capacidade de retenção de umidade no solo, em combinação com outras técnicas de manejo do solo – como o manejo dos resíduos de matéria orgânica e outras técnicas de proteção às culturas – podem contribuir para minimizar os efeitos dos períodos secos que se apresentam no ambiente semi-árido de Minas Gerais.

A experiência levada a cabo demonstrou que o aproveitamento da água de chuva por meio de sistemas de captação de água por escoamento favoreceu a infiltração e retenção da água de chuva no perfil do solo. Isso permitiu a regeneração da vegetação rasteira nativa e/ou secundária, aprimorando as condições físicas dos solos, especificamente a estabilidade dos agregados do solo, favorecendo as condições para a presença de elementos bióticos e aumentando as possibilidades de manter um ambiente propício para a preservação e sustentação da biodiversidade dos ecossistemas do local de estudo. Ao mesmo tempo, essas técnicas podem ser usadas para aumentar a produção de alimentos de maneira sustentável, diminuindo a vulnerabilidade ecológica e social que existe na região. Em conjunto, tudo aponta para a efetividade da técnica de captação de água de chuva na recuperação das propriedades hidrológicas do solo e o aprimoramento da estrutura do solo, diminuindo a intensidade dos processos erosivos.

## Referências

- BROWN, L. (1997) The agricultural link: how environmental deterioration could disrupt economic progress. *World Watch Institute*.
- BRUINS, H. J.; EVENARI, M. and NESSLER, U. (1986) Rainwater-harvesting agriculture for food production in arid zones: the challenge of the African famine. *Applied Geography* 6, 13-32.
- CONAF-JICA. CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL – JAPAN INTERNATIONAL COOPERATION AGENCY. (1998) Manual de control de erosión. Proyecto Cuencas CONAF-JICA Control de Erosión y Forestación en Cuencas Hidrográficas de la Zona Semi-árida, Santiago, Chile, 73p.
- CRITCHLEY, W., SIEGERT, K. (1991) Manual for the Design and Construction of Water Harvesting Schemes for Plant Production, FAO, Rome.
- HERNÁNDEZ-BERNAL, N. (2007) Avaliação de técnicas de captação de água de chuva para recuperação ambiental na região semi-árida do Vale do Jequitinhonha. Tese de Doutorado no Programa de Engenharia de Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos, Universidade Federal de Minas Gerais, Brasil.
- HERRICK, J, VAN ZEE, J., HAVSTAD, K., BURKETT, L., WHITFORD, W, (2005) Monitoring manual for Grassland, Shrubland and Savanna Ecosystems, USDA-ARS *Jornada Experimental Range USDA-ARS Jornada Experimental Range*, Tucson, Arizona.
- LI, X. GONG, J., GAO, Q. LI, F. (2001) Incorporation of ridge and furrow method of rainfall harvesting with mulching for crop production under semiarid conditions. in: *Agricultural water management*. 50: 173-183.
- PRINZ, D. & MALIK, A. (2002) Runoff Farming. Institute of Water Resources Management, Hydraulic and Rural Engineering, Dept. of Rural Engineering, University of Karlsruhe, Germany.
- SINGH, H. P. (1998) Sustainable development of the Indian desert: the relevance of the farming systems approach. *Journal of Arid Environments*. No.39 pp.279–284.
- TOSCANO, L. & HUCHIM, J. (2004) La región Puuc de Yucatán. in: *Arqueología Mexicana*. Vol.XII. No. 70. nov-dic.
- UNESCO – UNITED NATIONS EDUCATIONAL, SCIENTIFIC AND CULTURAL ORGANIZATION (2006) Zonación de los regímenes hídricos de América Latina y el Caribe desde una perspectiva climática. Programa Hidrológico Internacional (PHI) – Centro del Agua para Zonas Áridas y Semiáridas de América Latina y el Caribe (CAZALAC).
- ZHU, Q. (2003) Rainwater harvesting and poverty alleviation: a case study in Gansu, China. *International Journal of Water Resources Development*. Vol 19 No. 4.