



XII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE

DIQUES DE RETENÇÃO DE SEDIMENTOS E ADAPTAÇÃO CLIMÁTICA

Pierson Barretto¹ ; Maria do Carmo Sobral²

RESUMO – Enfocando a água e o solo como recurso ambiental relevante nos processos de recuperação ambiental e considerando a escala humana, as microbacias são geossistemas naturais de planejamento e estratégicas para adaptação à evolução climática observada no semiárido. Os diques de retenção de sedimentos são de grande potencial nas ações de mitigação e adaptação às tendências climáticas, à restauração hídrica de solos e de matas ciliares em microbacias de rios. Os diques de retenção de sedimentos são construídos pela arrumação de pedras em estrutura de arco romano, cujos vazios são preenchidos naturalmente no processo de acúmulo de sedimentos a cada evento pluviométrico, formando novos aluviões. O aquífero sub-superficial criado ao longo dos anos, nos interstícios dos sedimentos acumulados nos diques, fica livre da evaporação; os diques de retenção de sedimentos aumentam a oferta ecológica da água para o meio ambiente.

ABSTRACT – Focusing on water and soil as an important environmental resource in the process of environmental regeneration and considering the human scale, the watersheds are natural geosystems and strategic planning for adaptation to climate developments in the semiarid region. The sediment retention dikes are of great potential in mitigation and adaptation to climate trends, restoration of the soil, water and riparian areas in watersheds of rivers. The sediment retention dikes are built of stone in the storage structure of Roman arch, whose voids are naturally filled by sediment accumulation at each rainfall event process, forming new alluvium. The subsurface aquifer created over the years, in the interstices of sediments accumulated on dikes is free of evaporation; the sediment retention dikes increase ecological supply of water to environment.

Palavras-Chave – gestão integrada da água e do solo, adaptação climática, semiárido

1. INTRODUÇÃO

O uso sustentável do ecossistema terrestre – com o aumento da produtividade das plantas e sistemas de produção animal através da eco-intensificação fisiológicas, correção de solo com

1) PROEDEMA- Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente - UFPE – Universidade Federal de Pernambuco; Av. Prof. Moraes Rego, 1235 - Cidade Universitária, Recife - PE - CEP: 50670-901 | Fone PABX: (81) 2126.8000; 9964.1800; pierson.barretto@gmail.com

2) Departamento de Engenharia Civil, Grupo de Saneamento Ambiental, UFPE – Universidade Federal de Pernambuco; Av. Prof. Moraes Rego, s/n - Cidade Universitária, Recife - PE - CEP: 50740-530 | Fone PABX: (81) 2126.8744; 9113.1563; msobral@ufpe.br

matéria orgânica estabilizada (INNOVATE, 2012) – necessita de gestão integrada à escala das microbacias dos rios, estratégias de uso sustentável da água e do solo no local das demandas. Os princípios ecológicos produtivos de gestão integrada contidos no Conceito Base Zero – CBZ da Agenda 21 Brasileira (Goeldi/1999) a partir da construção de diques de retenção de sedimentos do CBZ incrementam a reserva hídrica sub-superficial estratégica, a recuperação de solos, potencializam a biodiversidade e apóiam a agricultura familiar.

O conceito dos diques de retenção de sedimentos do CBZ é muito simples. Os diques são construídos de pedra de margem a margem, em arcos posicionados de modo que a parte côncava fique virada para a foz do rio. Na época da chuva, a água e o solo das encostas descem e ficam represados da parte convexa da estrutura. A água se infiltra no solo e se armazena no lençol freático (Barretto/2013).

Através das funções do ecossistema terrestre e os princípios ecológicos do CBZ de gestão integrada, os diques de retenção de sedimentos são de grande potencial na recuperação de geossistemas de microbacias de rios em região degradada do semiárido, na restauração hídrica de solos e de matas ciliares em microbacias de rios, contribuem para a redução de deposição de sedimentos em reservatórios, podem corroborar nas ações de mitigação e adaptação às tendências climáticas observadas no Nordeste.

2. A VARIABILIDADE DO CLIMA NO SEMIÁRIDO

De acordo com o Relatório de Avaliação Nacional (RAN1) do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas – PBMC (2013) tendo em vista que as mudanças climáticas e os impactos sobre as populações e os setores econômicos nos próximos anos não serão idênticos em todo o país, o Brasil precisa levar em conta as diferenças regionais no desenvolvimento de ações de adaptação e mitigação e de políticas agrícolas, de geração de energia e de abastecimento hídrico para essas diferentes regiões. Uma das conclusões do relatório é de que os eventos extremos de secas e estiagens prolongadas, principalmente nos biomas da Amazônia, Cerrado e Caatinga devem aumentar e essas mudanças devem se acentuar a partir da metade e no fim do século 21 (Agência FAPESP/2013).

Ainda segundo o relatório do PBMC (2013), a temperatura na região da Caatinga deverá aumentar entre 0,5 °C e 1 °C e as chuvas no bioma diminuirão entre 10% e 20% até 2040. Entre 2041 e 2070 o clima da região deverá ficar de 1,5 °C a 2,5 °C mais quente e o padrão de chuva diminuir entre 25% e 35%. Até o final do século, a temperatura do bioma deverá aumentar progressivamente entre 3,5 °C e 4,5 °C e a ocorrência de chuva diminuir entre 40% e 50%. Tais mudanças podem desencadear o processo de desertificação do bioma.

Na classificação de climas no mundo, a região que recebe uma precipitação média anual abaixo de 300 mm é tida como de clima árido e acima de 800 mm e abaixo de 1.200 mm clima semi-úmido e acima de 1.200 mm clima úmido. O bioma Caatinga é predominante no ecossistema do semiárido brasileiro, denomina-se região semiárida porque sua média de precipitação pluviométrica está entre 300 mm e 800 mm (Duarte/2007).

Enfocando a variabilidade hídrica na região semiárida pernambucana, identificada a partir da variável precipitação, através da análise de frequência e tendência em totais diários e mensais em séries e sub-séries temporais de 74, 45, 22 e 11 anos de postos pluviométricos selecionados segundo a altitude: *i* cimeira planáltica, *ii* planáltica, *iii* depressão sertaneja interplanáltica, demonstrou variabilidade espacial da precipitação, entre as regiões de cimeira planáltica de matas úmidas dos Brejos de Altitude (acima de 900 m de altitude) e as regiões de depressão interplanáltica (abaixo de

600 m de altitude), domínio das Caatingas. O estudo identificou a existência de variabilidade com importantes mudanças no sistema de precipitação nessa região (Barretto/2010).

As regiões de cimeira planáltica da Borborema, cujas altitudes variam dos 900 m a 1150 m acima do nível do mar, apresentam freqüências e tendências de aumento de chuvas importantes e redução de dias consecutivos secos. Nessas regiões de cimeira planáltica, a freqüência de meses com totais de precipitação importantes entre 100 mm e 200 mm é de 46%. Enquanto nas regiões de depressão interplanáltica a freqüência de meses com esses totais mensais é de apenas 22%.

O comportamento da tendência de precipitação na região de cimeira planáltica, com o nível de significância estatística de $p < 0,4$, apresenta tendência positiva de acréscimo médio de chuvas de +10,7 mm/ano na precipitação total. Ainda nessa região, o comportamento da tendência de dias consecutivos secos, com o nível de significância estatística de $p < 0,3$, há uma tendência negativa com redução de -1,5 dia/ano nas regiões de cimeira planáltica.

Por outro lado, considerando as tendências dos postos pluviométricos de regiões interplanáltica (que estão abaixo dos 600 m) há um aumento médio de +1,2 dia/ano de dias consecutivos secos e redução de chuvas de -3,7 mm/ano. Se a tendência negativa de redução de chuvas de -3,7 mm/ano das últimas quatro décadas se estender para os próximos anos, em regiões do semiárido onde chove entre 800 a 300 mm/ano ou menos, poderá haver uma variação na redução de 5% a 10% das precipitações já nos próximos 10 anos.

3. O IMPACTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA VARIABILIDADE HÍDRICA DO SEMIÁRIDO.

As mudanças nos padrões de precipitação nas diferentes regiões brasileiras, causadas pelas mudanças climáticas, deverão ter impactos diretos na agricultura, na geração e distribuição de energia e nos recursos hídricos das regiões, uma vez que a água deve se tornar mais rara nas regiões Norte e Nordeste e mais abundante no Sul e Sudeste alerta os pesquisadores do Painel Brasileiro de Mudanças Climáticas – PBMC (Agência FAPESP/2013).

Nas regiões da depressão sertaneja do Nordeste brasileiro, domínio do bioma Caatinga, que estão abaixo dos 600 m de altitude, o aumento de período seco, o aumento da freqüência de meses sem precipitação (0 mm), com o aumento da tendência de dias consecutivos secos, a redução geral da precipitação nas regiões do semiárido potencializa o risco hídrico para o meio ambiente e as populações rurais difusas (Sobral, Barretto/2010).

Não é simples questão de descobrir como as mudanças regionais na precipitação, que deverão resultar da mudança climática global, podem afetar o abastecimento de água. Uma análise conduzida nos Estados Unidos, por pesquisadores do Instituto de Tecnologia de Massachusetts – MIT – demonstrou que as alterações nas águas subterrâneas podem realmente ser muito maiores do que as alterações das precipitações em si. É tentador dizer que o dobro da precipitação vai levar a uma duplicação da taxa de recarga, mas quando você olha para como ela vai afetar uma determinada área, torna-se cada vez mais complicada. Os resultados foram surpreendentes. Pequenas chuvas podem ser principalmente absorvidas pelas plantas, ao passo que alguns eventos mais intensos podem ser mais propensos a saturar o solo e aumentar o efeito de recarga (ScienceDaily/2008).

Se a maior parte da chuva cai enquanto as plantas estão crescendo, grande parte da água pode ser absorvida pela vegetação e liberado para a atmosfera através da transpiração, por isso, muito pouca água percola até o aquífero. Da mesma forma, isso faz uma grande diferença se um aumento global de chuvas vem na forma de chuvas mais fortes, ou mais freqüentes em eventos curtos. Mas

os efeitos exatos dependem de uma complexa combinação de fatores, segundo o estudo - incluindo o tipo de solo, vegetação e o momento exato e duração de eventos de chuva - para estudos detalhados serão necessários para cada região local, a fim de prever a possível gama de resultados.

Parece que as mudanças na recarga podem ser ainda maiores do que as mudanças no clima. Para uma dada variação percentual da precipitação, os pesquisadores estão percebendo ainda maiores alterações nas taxas de recarga. Por exemplo, em locais onde a precipitação anual pode aumentar em 20%, como resultado das mudanças climáticas, a água subterrânea pode aumentar em até 40%. Por outro lado, a análise mostrou que em alguns casos, apenas uma diminuição de 20% da precipitação pode levar a uma diminuição de 70% na recarga dos aquíferos locais - um golpe potencialmente devastador nas regiões semiáridas e áridas (ScienceDaily/2008).

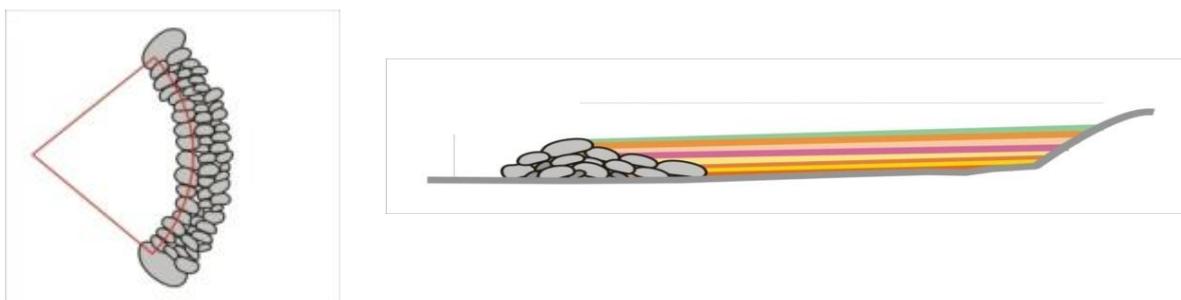
Em geral na região semiárida do Nordeste brasileiro, as nascentes de rios que se encontram no escudo de base de rochas cristalinas, seus aquíferos são abastecidos pelas precipitações, pela infiltração da água da chuva nas suas microbacias de recarga à montante dos rios e riachos intermitentes. Esses aquíferos são dependentes das variações dos ciclos de chuvas observadas na região, e ao uso do solo. O semiárido está susceptível aos efeitos climáticos de redução de chuvas e de aumento de dias consecutivos secos.

Lembrando que, se a tendência negativa de redução de chuvas em algumas regiões do semiárido permanecer nos próximos 10 anos, poderá haver uma variação de redução de 5% a 10% das precipitações (Barretto/2010) e uma diminuição de 20% da precipitação pode levar a redução de 70% na recarga dos aquíferos locais (ScienceDaily/2008). A região semiárida brasileira apresenta áreas sensíveis à desertificação, à erosão, a perdas de solo, por chuvas intensas e concentradas, provocando o assoreamento de corpos d'água. A redução da biodiversidade com a retirada da vegetação nativa ao longo do tempo para diversos fins, promove a perda da fertilidade do solo e reduz progressivamente a oferta ecológica de água para as demandas das populações rurais difusas e para o meio ambiente.

4. OS DIQUES DE RETENÇÃO DE SEDIMENTOS

A partir dos processos erosivos naturais, os diques permeáveis de retenção de sedimentos do Conceito Base Zero – CBZ acumulam camadas de sedimentos sucessivamente a cada evento pluviométrico ao longo dos anos. Nesse processo, as chuvas intensas são importantes na formação de novos terraços aluviais criando camadas aluviais cada vez mais espessas a montante.

Os diques são permeáveis e construídos com pedras encontradas próximas do local da sua construção. Transportadas manualmente ou com o auxílio de animais, as pedras são arrumadas justapostas sem argamassa, segundo a geometria do arco romano com a parte convexa da estrutura voltada para a direção da nascente do riacho, para montante, ver esquema na Figura 01 a seguir.



Fonte: Barretto/2013

Figura 01. Dique de retenção de sedimentos, estrutura em arco romano; sedimentos acumulados ao longo dos eventos pluviométricos.

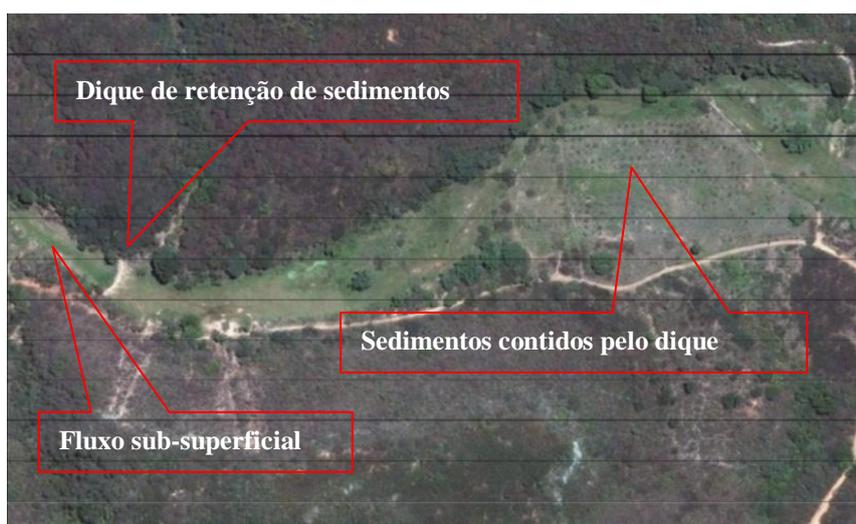
Os diques de retenção de sedimentos do CBZ são construídos pela arrumação de pedras cujos vazios são preenchidos naturalmente no processo de acúmulo de sedimentos, são de baixíssimo custo de construção, as pedras utilizadas são encontradas nas proximidades do barramento. Segundo o Eng. Artur Padilha, o criador dos diques de retenção de sedimentos (1969) do Conceito Base Zero – CBZ, 1/3 de água pode se acumular nos interstícios e poros no volume dos novos sedimentos, formando aquíferos sub-superficiais, praticamente livres da evaporação a 1 metro de profundidade.

5. POTENCIALIDADES DA RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS

Em muitas áreas do semiárido com solos sensíveis à desertificação, à erosão e as perdas de solo por erosão, o assoreamento de nascentes e corpos d'água, com a redução da biodiversidade ocorrem através da retirada da vegetação nativa, também estão sujeitos aos efeitos de tendências de redução de precipitações para as próximas décadas, as chamadas mudanças climáticas.

Nesse contexto os eventos climáticos extremos das enchurradas são também aspectos importantes nos processos erosivos, e o aumento da frequência de eventos pluviométricos concentrados contribui para a perda acelerada do solo, a redução do tempo de absorção e infiltração da água das chuvas pelo solo, a formação de aquíferos sub-superficiais se reduz.

Os diques de retenção de sedimentos do Conceito Base Zero – CBZ são construções ecológicas que a partir de pequenas obras, se utilizam dos fenômenos naturais erosivos para auto-regeneração gradativa do sistema. Os diques do CBZ impedem que sedimentos sejam carreados para lagos e açudes, melhorando a qualidade da água e ampliando sua vida útil ao longo dos anos, pela redução do assoreamento inexorável dos corpos d'água. Eles impedem que a camada fértil do solo seja levada pelas enchurradas e promove a regeneração do terreno, criando novos aluviões, além de guardar a água infiltrada no subsolo. O diques podem ser aplicados em microbacias de rios de áreas degradadas, podem recuperar aquíferos sub-superficiais e progressivamente aumentar a oferta ecológica de água para o meio ambiente. Ver detalhe na Figura 02 a seguir do dique de retenção de sedimentos do CBZ no riacho Carapuças em Afogados da Ingazeira (PE), demonstrando que o novo aluvião possui interface adjacente importante com a vegetação ciliar ainda verde durante a seca sob influência do aquífero sub-superficial (Barretto/2013).



Fonte: EMBRAPA/2011

Figura 02. Detalhe do dique permeável de retenção de sedimentos no riacho Carapuças em período seco, Fazenda Caroá sede do Laboratório do CBZ, Afogados da Ingazeira (PE), novo aluvião.

Os diques do CBZ originam uma nova economia sustentável, progressivamente otimizada que, mesmo produtivamente variável ao longo dos anos, segundo as pulsações climáticas naturais inevitáveis da região, revela-se satisfatória mesmo nos anos muito secos (Goeldi, 1999).

A cada evento pluviométrico os diques do CBZ criam solos, criam novos aluviões e subsequentemente criam novas reservas de aquíferos sub-superficiais. Os diques são estratégicos, contribuem para a disponibilidade do recurso hídrico no meio ambiente, criam condições ecológicas e sociais transformadoras, promovendo adaptação climática de populações rurais difusas na região semiárida para as próximas décadas. Os diques são permeáveis e seguem a Lei de Darcy (1856), onde o escoamento da água através dos seus poros permite a lavagem natural dos novos aluviões, não acumulam sais, e naturalmente ao longo do tempo formam aquíferos de ótima qualidade, pois eles estão livres da evaporação ou dos efeitos da eutrofização observados nos reservatórios superficiais.

Em prazos ecologicamente curtos e a partir de investimentos efetivamente compatíveis reverte-se a desertificação e inicia-se uma geração de renda econômica para a sociedade em áreas anteriormente inutilizadas, subtraídas do meio ambiente biologicamente produtivo, onde culturas de sequeiro tornam-se viáveis. Ver exemplo de diques de retenção de sedimentos na figura 03 a seguir.



Figura 03. Diques de retenção de sedimentos do CBZ na fazenda Caroá (PE) armazenam água sub-superficial de boa qualidade, livre de sais, para o uso múltiplo e para o meio ambiente.

6. CONCLUSÕES

O aquífero sub-superficial criado ao longo dos anos, a partir dos sedimentos acumulados nos diques do Conceito Base Zero – CBZ fica livre da evaporação, protegido do sol e do aumento da temperatura do ar previsto para as próximas décadas para o semiárido brasileiro, aumentando assim a oferta ecológica da água para o meio ambiente, ainda que sazonal. A construção de diques de retenção de sedimentos contribui para adaptação às tendências climáticas, à restauração hídrica e de solos, da mata ciliar em microbacias de rios, à redução de aporte de sedimentos em corpos d'água, contribuindo à melhora da qualidade da água e aumentando da oferta de água para as demandas das populações rurais difusas.

BIBLIOGRAFIA

Agência FAPESP; Mudanças no clima do Brasil até 2100, 10/09/2013. Último acesso: 13/02/2014. <http://agencia.fapesp.br/17840#.Uqgp2V5p2fc.email>

Barretto, Pierson; Tese B273a: AVALIAÇÃO HIDROLÓGICA DE MICROBACIAS DE NASCENTES DE RIOS: Contribuições para a Gestão de Recursos Ambientais no Semiárido Pernambucano; Centro de Tecnologia e Geociências – CTG – Dep. Eng. Civil, UFPE, Recife, 2010.

Barretto, Pierson; Projeto de pós-doutorado, Diques de Retenção de Sedimentos Aplicados à Restauração de Microbacias de Nascentes de Rios no Semiárido Pernambucano; PRODEMA-UFPE, 2013.

Duarte, Jonas; Brasil: Sobre o projeto de transposição do Rio São Francisco; ALAI, América Latina em Movimento; Espanha, 21/dez 2007. Último acesso: 13/06/2014. <http://alainet.org/active/21344&lang=es>

Goeldi, Consórcio Museu Emilio; Agenda 21 Brasileira; Área Temática: Agricultura Sustentável; Ministério do Meio Ambiente; Apêndice A: a Proposta “Base Zero”; São Paulo, 1999.

INNOVATE – Interplay among multiple uses of water reservoirs via innovate coupling aquatic and terrestrial ecosystems, é um Projeto de Cooperação Brasil/Alemanha, composta pelas seguintes instituições participantes: Parceiros Brasileiros – Universidade Federal de Pernambuco (UFPE) Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE); Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF); Instituto Federal Tecnológico de Pernambuco (IFPE); Prefeitura Municipal de Itacuruba; Ministério da Integração Nacional; Projeto Dom Helder Câmara; Sociedade Brasileira de Progresso à Ciência (SBPC); Secretaria de Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco (SRH); Instituto Tecnológico de Pernambuco (ITEP); Instituto de Pesquisas Agropecuárias de Pernambuco (IPA); Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA); Instituto Nacional do Semiárido (INSA), Fórum do Território Itaparica; Pólo Sindical. Parceiros Alemães - Universidade Técnica de Berlim (TU-Berlin); Universidade de Hohenheim (UHOH); Instituto Leibniz de Ecologia dos Corpos d’Água (IGB Berlin); Universidade de Ciências Aplicadas de Dresden (HTWD); Instituto Potsdam para Pesquisa do Impacto Climático (PIK Potsdam), além das comunidades locais, associações, cooperativas, Prefeituras de Itacuruba e Petrolândia, assentamentos rurais e aldeias indígenas, onde várias pesquisas são desenvolvidas, 2012; Último acesso: 13/06/2014. <https://www.innovate.tu-berlin.de/>; http://www.ufpe.br/sociedadeenatureza/index.php?option=com_content&view=article&id=329&Itemid=242

ScienceDaily; Climate Change Could Dramatically Affect Water Supplies December 29, 2008. Último acesso: 13/06/2014. <http://www.sciencedaily.com/releases/2008/12/081217190435.htm>

SILVA et all; Zoneamento Agroecológico de Pernambuco – ZAPE, EMBRAPA-PE, 2000.

Sobral, Maria do Carmo; Barretto, Pierson, VULNERABILITY AND SUSTAINABILITY OF SPRING’S MICRO BASINS FACE OF CLIMATE CHANGE IN SEMIARID REGION, ICID 2010, Fortaleza, Ceará, 16-20, agosto de 2010.

AGRADECIMENTOS – Ao CNPq, a CAPES pelo aporte financeiro para a pesquisa.