

**CONECTIVIDADE E ÁREA DE CAPTAÇÃO EFETIVA DE UM SISTEMA FLUVIAL SEMIÁRIDO: BACIA DO RIACHO MULUNGU, BELÉM DE SÃO FRANCISCO-PE**

**Connectivity and effective catchment area of a semiarid fluvial system: Mulungu stream catchment, Belém de São Francisco-PE**

*Jonas Otaviano Praça de Souza*  
Mestre em Geografia pela UFPE  
jonasgeoufpe@yahoo.com.br

*Antonio Carlos Barros Correa*  
Prof. Dr. Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, Bolsista CNPq  
dbiase2001@terra.com.br

Artigo recebido em 23/02/2012 e aceito para publicação em 31/05/2012

**RESUMO:** O presente artigo analisou as características do sistema fluvial que compõe a bacia do riacho Mulungu, Belém de São Francisco – PE, através de uma abordagem baseada na conectividade da paisagem. Utilizando mapeamentos de uso do solo e geomorfológico, dados SRTM e informações de campo, identificaram-se impedimentos na transmissão de água e sedimento de carga de fundo. Posteriormente a bacia foi decomposta em 14 sub-bacias, e foi analisada a capacidade dessas formas de desconectividade de impedir a transmissão dos fluxos através do sistema, identificando as sub-bacias conectadas e a área de captação efetiva da bacia. Foram analisados quatro cenários relacionados com a magnitude dos eventos chuvosos, e com o rompimento de barragens, cada um apresentou diferenças na área de captação efetiva, de quatro sub-bacias conectadas no cenário de baixa magnitude a até o cenário de alta magnitude com todas as sub-bacias conectadas.

**Palavras-chave:** conectividade, sistema fluvial, geomorfologia fluvial, área de captação efetiva.

**ABSTRACT:** This paper analyzed the characteristics of the fluvial system comprising the watershed of the Mulungu Stream, Belém de São Francisco - PE, Brazil, using an approach based on the landscape connectivity. By the application of land use and geomorphological maps, SRTM data, field information, was recognized forms of disconnection in the transmission of water and bedload sediment. Later the basin was separated in 14 sub-basins, and was analyzed the capacity of these forms of disconnection to prevent transmission through the system, identifying the connect sub-basis and the effective catchment area of the sub-basis. Four different scenarios were analyzed related to the magnitude of rainfall events, and with breaking of dams risk, each one showed differences in the effective catchment areas, since four connected sub-basins in the low magnitude scenarios up to the high magnitude scenarios with all sub-basins connected.

**Key words:** connectivity, fluvial system, fluvial geomorphology, effective catchment area.

## INTRODUÇÃO

A ideia de gerenciamento de recursos hídricos a partir das bacias hidrográficas está cada vez mais presente nas políticas públicas. Contudo essa modalidade de gestão, na maior parte das vezes, está focada nos usos da água, esquecendo assim os outros componentes físicos dos sistemas fluviais. Para trabalhar com esse outros componentes é necessário desenvolver pesquisas verticalizadas sobre o sistema físico das bacias, e sua relação com o sistema antrópico, e a partir dos dados obtidos seja possível pensar concretamente em planejamento local levando em consideração todas as características do sistema fluvial em questão.

Dentro da perspectiva de gerenciamento dos usos da água disponível, há uma maior complexidade quando se trata de um ambiente semiárido sem a presença de um curso d'água perene, nascentes, ou outra fonte de água naturalmente disponível o ano inteiro (VIEIRA, 2003). Essa característica levou ao estabelecimento de uma rede de estrutura hídrica baseada na construção de açudes/barragens tendo como objetivo básico o abastecimento das populações das áreas semiáridas do Brasil, priorizando as áreas urbanas (VIEIRA, 1996; MOLINAS, 1996; CAMPOS, VIEIRA NETO e MARTINS, 1997; VIEIRA, 2003).

Seguindo esse modelo de gestão foi disseminada, também, nas zonas rurais semiáridas a construção de inúmeras barragens em cursos fluviais de baixa ordem. Geralmente a construção se dá com baixo aporte tecnológico (MOLINAS, 1996), e deste modo não só as áreas urbanas utilizam dos artificios dos barramentos, como também as áreas rurais (VIEIRA, 1996; CIRILO, ABREU, *et al.*, 2003).

O planejamento e gerenciamento desses reservatórios, quando existem, estão baseados, apenas, na quantidade de precipitação da área de drenagem, e, raramente, no qual seria o aporte de sedimento gerado em toda a bacia (MOLINAS, 1996; CAMPOS, VIEIRA NETO e MARTINS, 1997; OLIVEIRA e LANNA, 1997). Deste modo são negligenciadas questões relacionadas às dinâmicas de transmissão de energia e matéria no sistema, áreas de estocagem de energia e matéria, produção, transporte e sedimentação do sistema, entre outras questões relacionadas à geomorfologia fluvial, necessárias para a gestão am-

biental da área, e não apenas para as questões políticas/sociais dos usos da água (CHELLA, FERNANDES, *et al.*, 2005).

Baseada nessas questões esta pesquisa procurou analisar o sistema físico da bacia de drenagem do riacho Mulungu, localizado no Sertão de Pernambuco, dando ênfase ao sistema fluvial, e a partir disso avaliar a questão do planejamento regional voltado à açudagem no semiárido brasileiro. Assim colocou-se a análise da transmissão de energia e matéria no sistema como objetivo desta pesquisa, a partir da decomposição do sistema a partir das interações entre seus componentes. Utilizando como base teórico-metodológica a ideia dos estilos fluviais (BRIERLEY e FRYIRS, 2005) e da conectividade da paisagem (BRIERLEY, FRYIRS e JAIN, 2006) e tendo como paradigma holístico a ideia sistêmica da sensibilidade da paisagem (BRUNSDEN, 2001).

## BACIA DO RIACHO MULUNGU

A Bacia do Riacho Mulungu está localizada em Belém de São Francisco – PE (figura 1). É afluente do baixo curso do Rio Pajéu, que por sua vez está inserida na bacia do Rio São Francisco, submédio São Francisco.

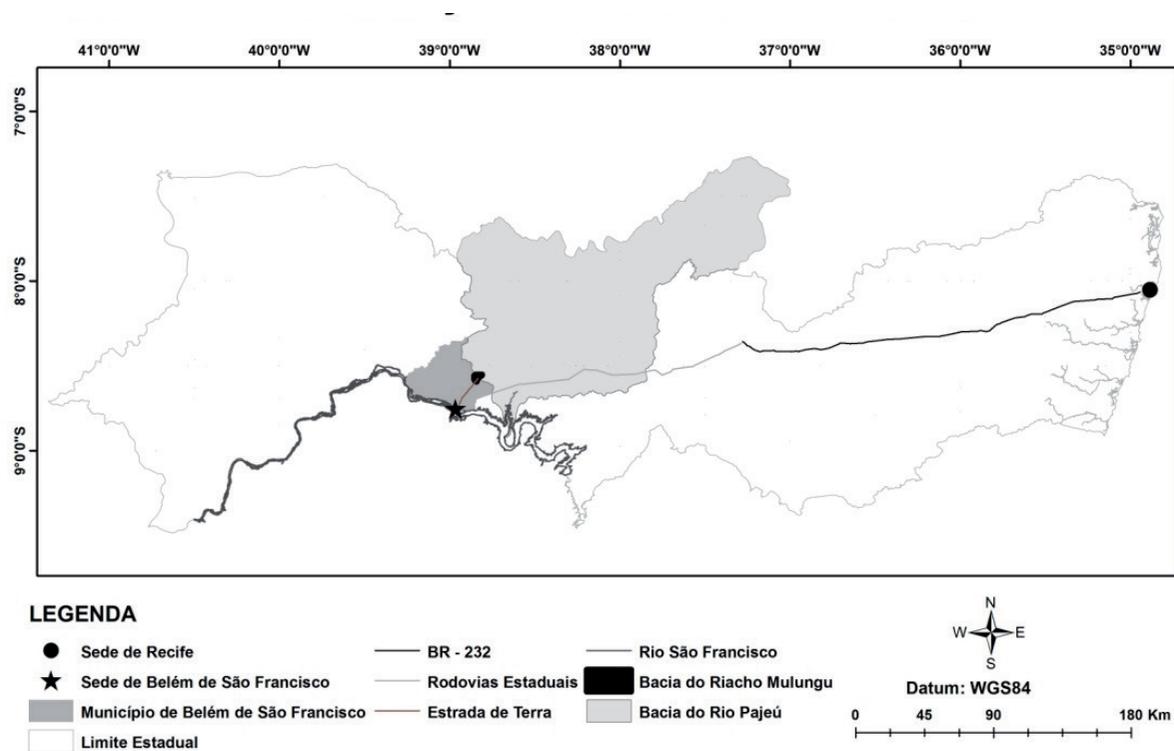
Devido à proposta de integração/transposição das águas do Rio São Francisco torna-se crucial identificar todos os componentes paisagísticos que perfazem o sistema dessa bacia. Deste modo, a bacia analisada neste estudo está inserida em um arcabouço de fatores físicos e sociais semelhantes à grande parte do semiárido nordestino, em especial às áreas pedimentares, predominantes no Sertão de Pernambuco. Deste modo este estudo é representativo para outras áreas similares.

O clima regional é tropical semiárido, com precipitação anual média de 470 mm (para a área da bacia), sendo fevereiro e março os meses mais chuvosos. A vegetação natural é a caatinga arbustiva, onde o comportamento decíduo da vegetação aliada com a concentração e características das chuvas geram, naturalmente, uma forte produção de sedimentos nesse tipo de ambiente (LEOPOLD, WOLMAN e MILLER, 1964; WALLING e WEBB, 1996).

A geologia predominante é composta por rochas mesoproterozóicas da Província Borborema, localmente representadas pelos litotipos metamorfizados dos complexos Belém de São Francisco, Cabrobó, Floresta e Sertânia, além de metagranitóides (CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL, 2005). A cobertura pedológica observada na área de estudo é marcada por associações de luvisolos, com a presença, de neossolos litólicos, neossolos flúvicos, planossolo, (EMBRAPA, 2001), como também afloramentos rochosos. Sendo os luvisolos presentes nas rampas de pedimentos, os planossolos nas baixadas perto dos riachos, os neossolos litólicos e afloramentos de rocha nos topos dos interflúvios (CORREIA, SOUZA e CAVALCANTI, em prelo).

A ocupação humana na área da bacia está restrita à comunidade Sítio dos Montes, que apresenta cerca de cinquenta famílias, habitando em sua predominância as proximidades das margens do riacho, tendo como atividade básica a agricultura de sequeiro e a pecuária extensiva. A comunidade não dispõe de saneamento básico ou água encanada, o abastecimento de água dá-se através de apenas de algumas cisternas de telhado e a partir de carros pipas ou poços tubulares em comunidades vizinhas.

Figura 1 - Mapa de localização da bacia do riacho Mulungu, no município de Belém de São Francisco – PE.



Org. dos autores.

## CONECTIVIDADE DA PAISAGEM

Um ponto a ser avaliado na gestão de recursos hídricos, é a visão de que a transmissão de energia e matéria no sistema dá-se de maneira livre. Ou seja, ignora-se o estudo da estrutura do sistema e seu funcionamento em relações a questões e impedimentos de fluxos. Um exemplo disso é a relação direta feita entre precipitação e vazão (ANDREOLLI, COLLISCHONN, *et al.*, 2006), realizada de maneira indireta, em diversas obras de engenharia, onde toda a precipitação a montante da bacia é a vazão a jusante (CALASANS, LEVY e MOREAU, 2008).

Essa ideia, que ignora casos de impedimentos/ retenção de fluxos, pode gerar um superdimensionamento das infraestruturas hídricas, como também um superdimensionamento do volume de água em reservatórios. Esses problemas apontam a necessidade de analisar as ligações/transmissões entre as unidades do sistema.

O conceito de ligação, introduzido na geomorfologia por Brunnsden e Thornes (1979) no contexto da sensibilidade da paisagem, e ele pode ser definido como a capacidade de transmissão, entre os componentes do sistema (HARVEY, 2002). Dentro da sensibilidade da paisagem o conceito de ligação é trabalhado como parte da resistência estrutural (BRUNSDEN, 2001) sendo a característica responsável pela propagação dos processos pelo sistema.

A resistência estrutural (*structural resistance*) é o desenho atual de um sistema, seus componentes, topologia, ligações, limiares e controles (HARVEY, 2002). Ela é composta de duas resistências inter-relacionadas; a primeira é resistência de localização que consiste na localização relativa dos elementos do sistema em relação aos processos capazes de modificar o sistema (THOMAS, 2001; BRUNSDEN, 2001). A segunda é a resistência de transmissão que é a capacidade do sistema de transmitir impulsos de entre duas unidades, sendo classificadas como: ligados (*coupled*), onde os elementos estão ligados pela livre transmissão de energia e matéria; desligados (*decoupled*), onde a transmissão de energia e matéria foi temporariamente interrompida; e não ligados (*not coupled*), onde não há nenhuma ligação entre as partes do sistema, normalmente pela descontinuidade entre dois domínios

de processos (BRUNSDEN, 2001).

A relação de ligação pode ser trabalhada em várias escalas, entre as zonas do sistema fluvial ou através de todos os elementos da bacia; o aspecto de ligação é variável com o tempo, podendo sofrer mudanças a partir das modificações da paisagem obedecendo às características básicas de mudanças do sistema, tais como tempo de recuperação (HARVEY, 2002).

Já a conectividade da paisagem é colocada como a possibilidade de interação e circulação de energia e matéria entre os compartimentos da paisagem. Desse modo podem-se observar entre os elementos da paisagem fatores de conectividade e/ou fatores de desconectividade (BRIERLEY, FRYIRS e JAIN, 2006). A conectividade controla a evolução dos ambientes fluviais (canais e planícies de inundação), dinâmicas de formação e destruição de paisagens e as potencialidades de recuperação (BLANTON e MARCUS, 2009).

Entendendo que as interações entre os elementos de um sistema fluvial dão forma à operação de processos geomorfológicos em várias escalas temporais e espaciais, pode-se analisar a conectividade entre eles, o que fornece uma plataforma para interpretar a operação de tais processos (BRIERLEY, FRYIRS e JAIN, 2006).

São apresentados três tipos de ligações, Brierley e Fryirs (2005), relacionadas com a conectividade da paisagem, ligação longitudinal, lateral e vertical. Elas refletem a ação de processos diferentes em posições também diferentes. A ligação longitudinal é a interação na rede de canais, entre alto curso e baixo curso, ou canal secundário e canal principal. A ligação lateral é a relação do canal com a paisagem ao redor, entre a encosta e o canal ou entre as planícies de inundação e o canal. Por fim, a ligação vertical diz respeito à interação superficial e sub-superficial de água e de sedimentos, como textura do leito, o regime de transporte no canal e a relação entre o fluxo superficial e subsuperficial (BRIERLEY, FRYIRS e JAIN, 2006; FRYIRS, BRIERLEY, *et al.*, 2007a; BLANTON e MARCUS, 2009).

Os modelos espaciais e temporais de conectividade afetam a natureza e as taxas de velocidade de respostas a mudanças, ou até de não resposta a mudanças; deste modo influenciando a capacidade

potencial de recuperação do sistema após uma perturbação (BRIERLEY e FRYIRS, 2005).

Esses modelos são modificados por uma série de formas, classificadas como *buffers*, *barriers*, *blankets* e *boosters*, que podem impedir, ou diminuir, a transmissão, ou auxiliar e aumentar a transmissão. *Buffers* são formas que evitam a transferência de sedimentos para a rede de canal, ou seja, impedem a entrada de sedimentos nos canais (planície de inundação contínua, leques aluviais, zonas de piemonte, terraços, vales preenchidos conservados, canais tributários preenchidos, entre outros). Quando os sedimentos chegam aos canais as *barriers* podem impedir a movimentação de sedimentos através do canal (as soleiras rochosas, os detritos de madeira, as áreas de constrição de vale, barras fluviais, barramentos antrópicos, entre outros). *Blankets* são características que evitam interações verticais e o retrabalhamento dos sedimentos (camadas de sedimentos cobrem a planície de inundação modificando as características de solo e as propriedades hidrológicas, a presença de concreções no leito do canal). Já os *boosters* aumentam a propagação de energia e matéria no sistema (BRIERLEY, FRYIRS e JAIN, 2006; FRYIRS, BRIERLEY, *et al.*, 2007a).

A presença dessas formas altera a capacidade de transmissão do sistema, isolando algumas áreas, e deste modo diminuindo a área de captação total da bacia. A área de captação efetiva é a área que contribui diretamente, ou transporta através, para a rede de canais; e reflete o grau de conectividade da bacia, tanto longitudinal, quanto lateral e vertical (FRYIRS, BRIERLEY, *et al.*, 2007a).

Contudo, os impedimentos atuam desigualmente em resposta a eventos com magnitude e frequência diferente. Essa questão está diretamente ligada com a sensibilidade, às respostas aos eventos e os limiares de mudança (BRUNSDEN, 2001; THOMAS, 2001), ou seja, a área de captação efetiva é temporalmente diferente, para cada evento chuvoso (quantidade de energia) de magnitude e frequência diferente. Há, assim, a presença dos chamados eventos efetivos ou escalas de tempo efetivas (FRYIRS, BRIERLEY, *et al.*, 2007a). Os eventos efetivos são os eventos capazes de ultrapassar um impedimento e a escala de tempo efetiva é a frequência de cada tipo de evento efetivo.

Assim para cada magnitude de evento há uma área de captação efetiva diferenciada.

## METODOLOGIA PARA ANÁLISE DA ÁREA DE CAPTAÇÃO EFETIVA

O mapeamento da conectividade da paisagem consiste em identificar os elementos que influenciam na transmissão de energia, tanto impedindo ou diminuindo o fluxo, quanto incrementando o mesmo (FRYIRS, BRIERLEY, *et al.*, 2007b).

A identificação dos elementos desconectantes foi realizada, inicialmente a partir do mapa de declividade, do mapa geomorfológico e do mapeamento de uso dos solos (FRYIRS, BRIERLEY, *et al.*, 2007b). Posteriormente foram incluídas na análise, elementos e informações obtidas em campo e a partir das imagens QUICKBIRD (PEIXOTO, CESÁRIO, *et al.*, 2010).

Para identificar a área de captação efetiva da bacia é necessário analisar como se comporta o transporte da bacia, diante dos vários impedimentos existentes e sob a influência de diferentes tipos de eventos chuvosos (FRYIRS, BRIERLEY, *et al.*, 2007a; FRYIRS, BRIERLEY, *et al.*, 2007b).

Alguns pontos devem ser analisados: identificação das áreas drenadas por cada afluente do canal principal, a distribuição e os tipos dos elementos desconectantes dentro de cada sub-bacia dos afluentes, a energia disponível para o transporte de sedimentos a partir da declividade das áreas de contato com os canais e entre os canais e o comportamento da precipitação identificando os níveis de magnitude dos eventos.

A primeira questão é decompor a bacia em sub-bacias, cada uma delas ligadas a um afluente direto, ou indireto, do canal principal, criando assim um mosaico de sub-bacias, para que seja possível analisar separadamente a transmissão em cada uma das áreas componentes da bacia, e assim identificar quais dessas áreas contribuem efetivamente para o canal principal, ou seja, a área de captação efetiva (FRYIRS, BRIERLEY, *et al.*, 2007b). A fim de realizar essa decomposição utilizaram-se dados do modelo de elevação digital e o módulo *hydrology* do Arcgis 9.3, para a separação das bacias, utilizando a mesma metodologia usada para a delimitação da bacia do riacho do Saco (OLIVEIRA, CARVALHO JUNIOR,

*et al.*, 2007). Contudo o condicionante, função “con” no Arcgis 9.3, para o escoamento linear; quantidade mínima de células para definir um canal que vai refletir no tamanho das bacias de drenagem geradas foi reduzido e assim foram delimitadas bacias menores, no tamanho compatível com o detalhamento da rede de drenagem utilizada (FRYIRS, BRIERLEY, *et al.*, 2007b).

Posteriormente através do mapa dos fatores desconectantes foi possível localizar e identificar os tipos de barramentos dentro de cada uma das sub-bacias. Identificando onde e qual tipo de elemento dificulta/impede a transmissão em cada área contribuinte da bacia (FRYIRS, BRIERLEY, *et al.*, 2007a).

Deve-se analisar, ainda, o efeito cascata que ocorre quando há a presença de mais de um impedimento em sequência, assim tornando necessário avaliar os impedimentos primários e secundários, e a capacidade do fluxo romper um impedimento e ser retido, ou não, por um segundo impedimento (FRYIRS, BRIERLEY, *et al.*, 2007b).

Observa-se que quando um impedimento é superado de maneira catastrófica, em um determinado evento, os impedimentos a jusante, do que foi superado, podem se comportar de modo diferente pois estarão sujeitos não apenas às forças de mudança do evento atual, como também sofrerão estresse relacionado a energia e matéria acumulada a montante do impedimento superado (FRYIRS, BRIERLEY, *et al.*, 2007a). Por exemplo, quando uma barragem rompe em um determinado evento, a energia (água e sedimentos) acumulada em outros eventos é liberada e incrementa a energia do evento em questão.

A localização dos impedimentos dentro de cada sub-bacia é importante, também, porque estas feições influenciam as áreas a montante de sua localização, ou seja, os impedimentos próximos aos exutórios vão influenciar uma área maior da sub-bacia que aqueles próximos às cabeceiras (FRYIRS, BRIERLEY, *et al.*, 2007a).

A identificação da energia disponível para o transporte de sedimentos está relacionada com a energia de transmissão, ou seja, a energia de “superação” dos impedimentos. Essa energia vai estar relacionada com a força do fluxo do canal ou do escoamento superficial nas encostas. A partir dessa informação pode-se

detalhar como cada impedimento em cada localidade vai se comportar em determinado evento chuvoso (FRYIRS, BRIERLEY, *et al.*, 2007b).

Contudo, há uma série de dados a serem analisados para que se verifique a distribuição dessa energia disponível, como textura do leito do canal e das encostas, presença e tipo de vegetação, geometria da encosta e do canal, declividade da encosta e do perfil longitudinal do rio. Entre esses elementos optou-se por utilizar a informação da declividade; seguindo a orientação de Fryirs, Brierley, *et al.* (2007b), pois entre os elementos que controlam o escoamento superficial e o fluxo nos canais, a declividade apresenta-se constante, no período de tempo necessário para a análise, além de ser facilmente mapeada na escala da bacia, ao contrário dos outros fatores controladores. Assim a declividade é o principal determinante da força de fluxo e da energia avaliada para o transporte de sedimentos (FRYIRS, BRIERLEY, *et al.*, 2007b).

Seguindo essa ideia e trabalhando com os dados do mapa de declividade da bacia, identificou-se, em cada sub-bacia, a declividade do exutório do canal, até uma distância de 60m, dotando os limites de declividade 0,5°, 2° e 25° para diferenciar a quantidade de energia potencial (FRYIRS, BRIERLEY, *et al.*, 2007b).

Os padrões de eventos de precipitação devem ser identificados baseados na magnitude, e a partir dessa tipologia dos eventos foram criados cenários do comportamento da área de captação efetiva da bacia do riacho do Saco. Para cada tipo de evento haverá uma área de captação efetiva própria, e a partir da frequência dos eventos é possível identificar a escala de tempo efetiva para a superação dos impedimentos (FRYIRS, BRIERLEY, *et al.*, 2007a).

Assim trabalhou-se com quatro cenários distintos: eventos de baixa magnitude – este tipo de evento seria o mais comum na região, ocorreriam, normalmente, na época chuvosa, sendo numerosos durante o ano, representaria chuvas de baixa intensidade e com escoamento superficial quase inexistente, escoamento superficial presente apenas quando há uma sequência de eventos chuvosos –, de magnitude média – este tipo de evento ocorreria anualmente, para anos com precipitação normal ou um pouco acima do normal, ocorrendo na época chuvosa, seriam as preci-

pitações de maior intensidade durante o ano, cerca de um ou dois em um ano padrão, normalmente, podendo ser um pico de chuva isolado ou uma sequência mais prolongada de eventos chuvosos –, de alta magnitude – eventos de ocorrência esporádica, sem periodicidade definida, seriam as maiores precipitações dos anos mais chuvosos, eventos chuvosos extremos -, e de magnitude média com possibilidade de rompimento de barragem a montante.

A diferença da área de captação efetiva entre os cenários corresponde à diferença da natureza dos impedimentos, como também a “capacidade” de cada barramento em interromper a transmissão (FRYIRS, BRIERLEY, *et al.*, 2007b; GRAF, 1988). A escolha de se trabalhar com o cenário de magnitude média com presença de rompimentos de barragens a montante, deu-se por ser comum o rompimento de barragens na área (SOUZA, 2008), e deste modo há uma modificação do volume do fluxo quando há esses rompimentos a montante alterando, assim, a relação dos eventos com a área de captação efetiva.

A quantificação exata dessas diferentes magnitudes está relacionada à formação, manutenção e a capacidade de impedimento das barreiras de transmissão (FRYIRS, BRIERLEY, *et al.*, 2007a). Especificamente sobre a análise do comportamento da precipitação da área Azambuja (2012) aponta os eventos acima de 50 mm como os responsáveis pelo trabalho processual na área. Já Correa (2011), apresenta a importância dos eventos de alta magnitude para a composição total dos níveis de precipitação, os quais podem concentrar mais de 50% do total mensal de precipitação em 24h, com valores acima dos 150 mm em um evento de 24h no mês de janeiro. Deste modo pode-se, por ora, trabalhar com esses dois limites para identificar as magnitudes de eventos, 50 mm para eventos moderados e 150 mm para eventos de alta magnitude.

Outro ponto diferenciado foi a análise da transmissão de água no sistema, não apenas de sedimento de carga de fundo (BRIERLEY, FRYIRS e JAIN, 2006; FRYIRS, BRIERLEY, *et al.*, 2007b). Escolheu-se trabalhar analisando a transmissão da água pelas características socioeconômicas locais, que se sustenta em pecuária extensiva e agricultura de sequeiro, utilizando um pacote

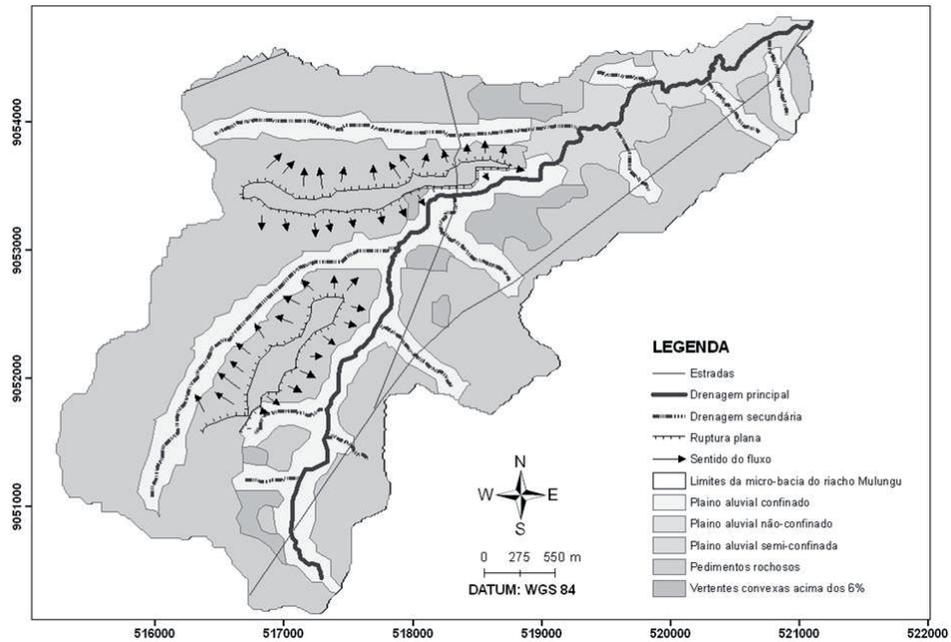
tecnológico dependente da oferta natural de água, consequentemente dependente da transmissão de água dentro da bacia (CORRÊA, SILVA, *et al.*, 2009; SOUZA, 2008).

Essa análise pode ser expandida para outros tipos de transporte biofísicos. Apesar de cada tipo de elemento biofísico como nutrientes, carga em suspensão, até migração de peixes ter características específicas no seu deslocamento pelo sistema, as relações de energia e capacidade de transmissão podem ser adaptadas à peculiaridade de cada sistema de transmissão e aplicadas nesses cenários (FRYIRS, BRIERLEY, *et al.*, 2007b).

### **ÁREA DE CAPTAÇÃO EFETIVA DA BACIA DO RIACHO MULUNGU**

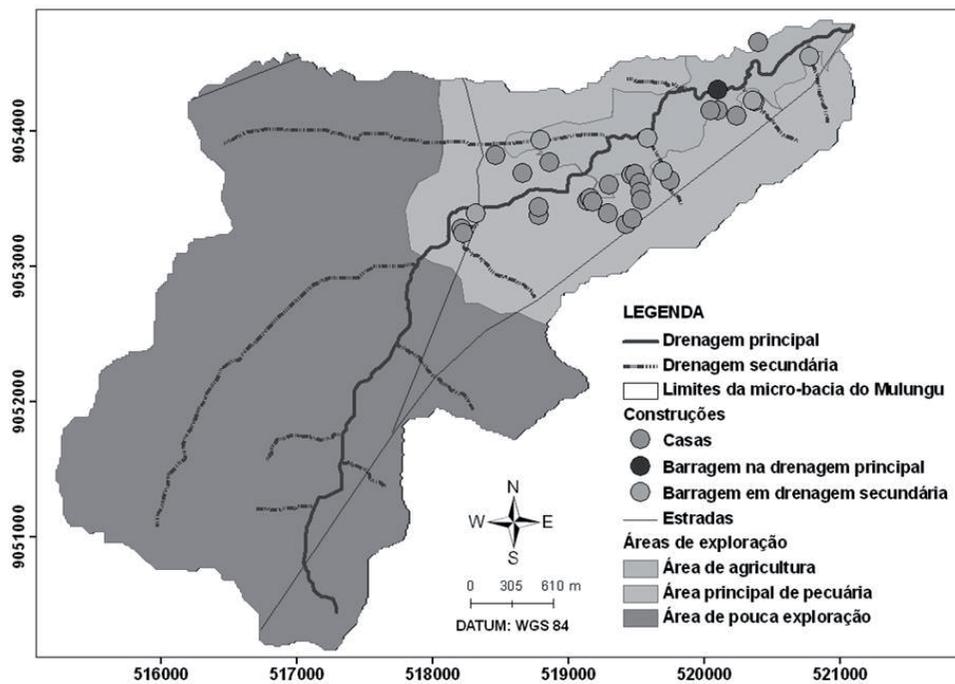
A análise de mapas geomorfológicos em várias escalas (figura 2) e do mapeamento de uso do solo (figura 3) possibilitaram a identificação e localização dos fatores de desconexão. Como também a partir de análise específicas de imagens de satélite e de radar (FRYIRS, BRIERLEY, *et al.*, 2007b) e trabalhos de campo direcionados à identificação e localização de fatores desconectantes. A partir dos dados obtidos foi realizado o mapeamento das formas que desconectavam o sistema (Figura 4), a partir da metodologia de FRYIRS *et al* (2007a; 2007b).

Figura 2 -Mapa Geomorfológico de detalhe da bacia do riacho Mulungu



Fonte: CORRÊA, SILVA, et al., 2009.

Figura 3 - Mapa Geomorfológico de detalhe da bacia do riacho Mulungu



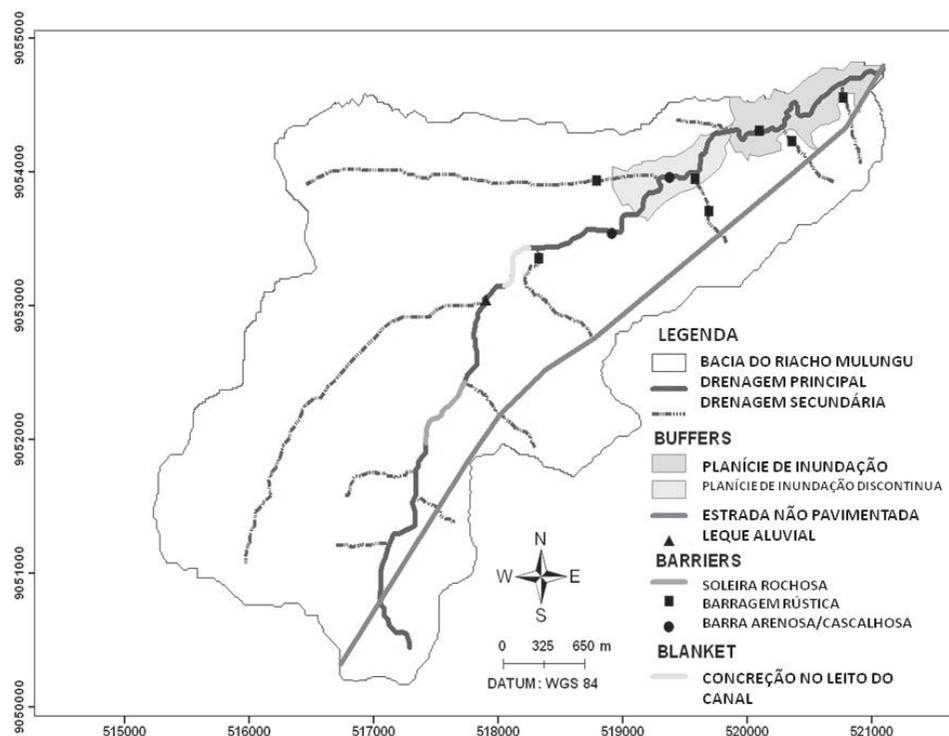
Fonte: CORRÊA, SILVA, et al., 2009.

As formas de desconexão presentes no sistema foram localizadas e separadas por tipo: *buffer*, *barrier* e *blankets*. No caso os *blankets* apresentam pouco impacto sobre a determinação da área de captação efetiva da bacia, atuando, com maior eficácia, sobre a relação superfície e subsuperfície.

Foram encontrados quatro tipos de impedimentos laterais (*buffers*): as planícies de inundação contínuas, planícies de inundação descontínuas, leques aluviais, e uma das estradas não pavimentadas.

Os três primeiros se comportam de maneira similar em relação a retenção de água, retendo quantidade de água até atingir a saturação, ou seja só em eventos de baixa magnitude eles são relevantes para retenção de água. Em relação à transmissão de sedimento há uma mudança no balanço de sedimentação local, onde é possível a formação, destruição, ou manutenção das formas, dependendo da magnitude e frequência dos eventos.

Figura 4 - Mapa das formas de desconectividades da bacia do riacho Mulungu



Org. dos autores.

Sobre a estrada há duas questões a serem colocadas. Existem outras estradas na área que não foram colocadas como impedimento, e o modo de como essa estrada atua como *buffer*. A estrada identificada como impedimento se diferencia das outras por ser a única que se encontra em um nível diferente do seu redor; enquanto que as outras não há uma diferença de nível entre a estrada/trilha e as áreas adjacentes, a estrada mapeada por se encontrar a um nível mais alto, que as suas adjacências, ela age como impedimento

a transmissão de energia e matéria. Em eventos de baixa magnitude o fluxo a montante dela não consegue transpô-la e segue de maneira paralela a ela, causando erosão na lateral da estrada e modificando a drenagem, ao invés de entrar na rede de drenagem regular.

Foram encontrados três tipos de impedimentos longitudinais (*barrier*): as barras arenosas-cascalhosas, as soleiras rochosas e as barragens rústicas. As barras arenosas-cascalhosas funcionam como impedimento ao fluxo de água, de maneira similar aos leques

aluviais; contudo só as áreas de grande concentração foram mapeadas; em relação aos sedimentos elas se comportam, novamente, semelhantes aos leques aluviais. Já as soleiras rochosas retêm água só em eventos de baixa magnitude, contudo há um maior barramento de sedimento de carga de fundo, que fica retido nas reentrâncias das soleiras.

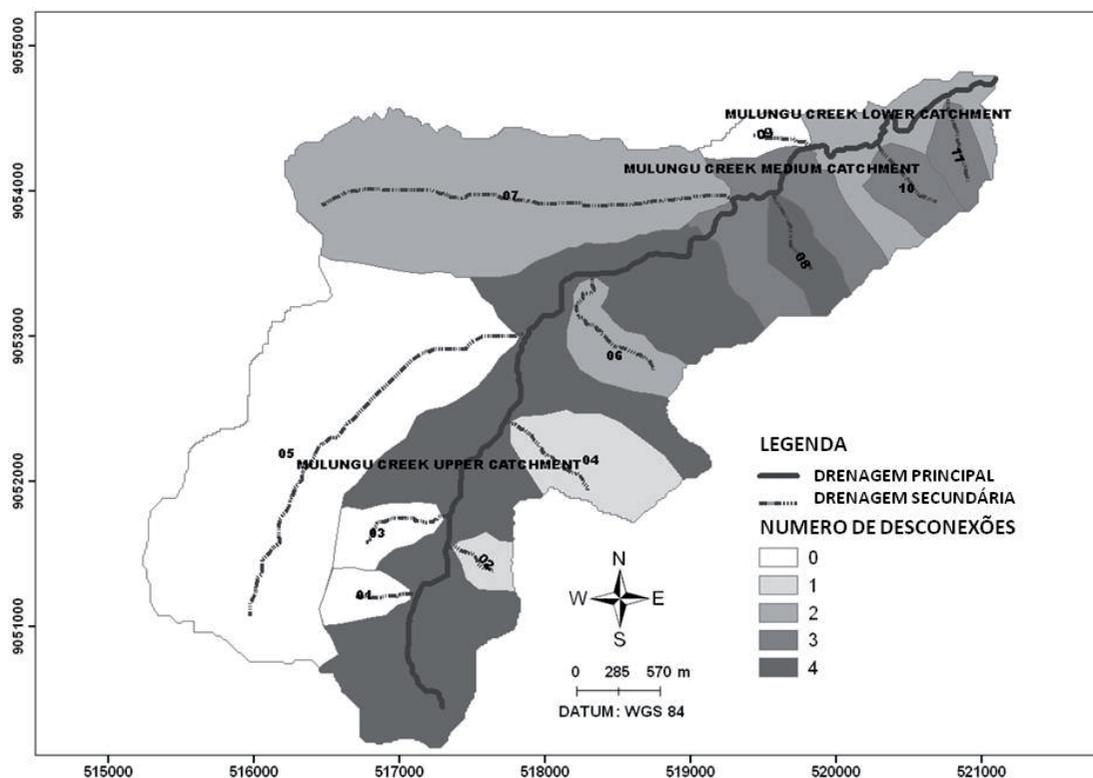
As barragens rústicas são impedimentos que mais alteram os processos na bacia, inclusive refletindo diretamente nas formas da bacia. Sendo impedimentos absolutos dos canais fluviais, canais principal ou secundário, como não há presença de áreas de escape, e muitas vezes nem de sangradouro, elas só são trespassadas em eventos de magnitude elevada, onde o fluxo passa por cima da barragem, contudo a maior parte da carga de fundo continua retida.

A falta de estrutura desses barramentos antrópicos gera rompimentos generalizados e cíclicos das barragens, que são periodicamente reconstruídas. Quando esses rompimentos, ocasionalmente, ocorrem

em eventos de magnitude moderadas (relacionado com a falta de conservação das barragens ou a recorrência de eventos moderados em curto período de tempo) há uma pequena variação na conectividade de algumas áreas de captação nesses eventos. Por causa dessa peculiaridade foi analisado um cenário de eventos de magnitude moderada com rompimentos de barragens.

Posteriormente a bacia foi dividida em sub-bacias que representam as áreas de captação das drenagens secundárias. A área de captação direta do riacho Mulungu foi dividida em alto, médio e baixo curso do riacho Mulungu (figura 5); totalizando 14 sub-bacias. No mesmo mapa consta o número de impedimentos presentes em cada sub-bacia, pensando assim no efeito cascata dos impedimentos. A definição da quantidade de impedimentos foi na escala da sub-bacia, não levando em consideração o local exato desses impedimentos no interior dessa sub-bacia.

Figura 5 - Sub-bacias e seus impedimentos, da bacia do riacho Mulungu

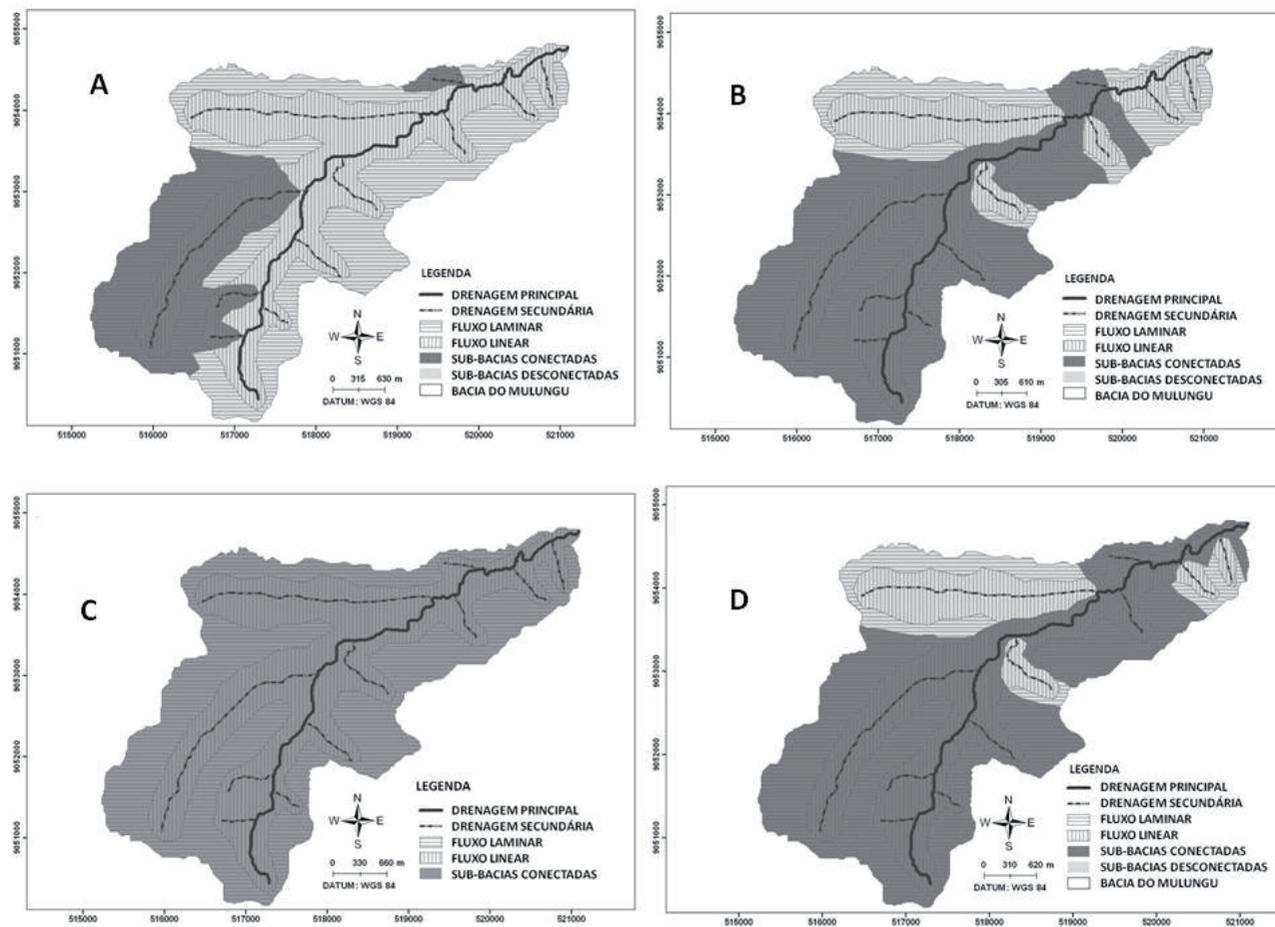


Org. dos autores.

Quatro possíveis cenários de área de captação efetiva foram avaliados são eles: eventos de baixa magnitude, de magnitude média, de alta magnitude, e de magnitude média com rompimentos de barragens (figura 6). A análise deu-se a partir da metodologia de

Fryirs *et al* (2007b), outros pontos abordados foram os tipos predominantes de fluxo, laminar ou linear, que vão estar estritamente ligado ao modo que os impedimentos vão atuar.

Figura 6 - Área de captação efetiva da bacia do riacho Mulungu, quatro cenários distintos. A: Área de captação efetiva em evento de baixa magnitude. B: Área de captação efetiva em evento de magnitude média. C: Área de captação efetiva em evento de alta magnitude.



Org. dos autores.

Como há diferenças entre o comportamento do transporte de água e de sedimentos, tentou-se buscar um equilíbrio na análise, de modo que se aproxime da realidade da quantidade de matéria total (água+sedimento). O transporte de sedimento por carga de fundo é mais limitado, uma vez que este é realizado no leito do canal, desta forma ele é afetado por qualquer mudança no leito do canal ou na velocidade de fluxo e desta forma a transmissão de água é mais

eficiente que o fluxo de sedimentos de carga de fundo.

A partir desses pressupostos analisaram-se quatro cenários distintos (figura 6 a,b,c,d). No cenário “a” (evento de baixa magnitude) os fluxos não conseguem transpor nenhuma das formas de desconexão. Deste modo apenas as sub-bacias que não possuem nenhum tipo de barramento estão conectadas (quatro sub-bacias), fornecendo matéria para a drenagem principal, contudo os barramentos longitudinais, no

canal principal, impedem a chegada do fluxo ao final do sistema. No cenário “b” (evento de magnitude média) o fluxo só não ultrapassa, em partes, a planície de inundação contínua e as barragens rústicas. Assim apenas seis sub-bacias permanecem desconectadas. No cenário “c” (evento de alta magnitude) os fluxos conseguem ultrapassar todas as formas de desconexão, inclusive podendo modificá-las drasticamente, como é o caso dos rompimentos das barragens, nesses momentos todas as sub-bacias estão conectadas. No cenário “d” (evento de magnitude média com rompimentos de barragens), algumas sub-bacias que estão à montante de uma, ou mais, sub-bacia com presença de barragens, quando essas barragens rompem, recebem uma carga extra de matéria, o que resulta na transposição dos barramentos a montante.

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

A comunidade da área pesquisada está diretamente ligada às características funcionais do sistema fluvial, deste modo às alterações nos fluxos dentro desse sistema vão refletir diretamente nas atividades dessa comunidade, relacionadas a duas questões: a oferta de água superficial, e a dinâmica das planícies de inundação. A oferta de água superficial estará ligada com a transmissão da água no sistema, como a reserva de água da comunidade vem em grande parte das barragens (SOUZA, 2008), a quantidade real de água, relacionada com a área de captação efetiva é de vital importância.

No caso da bacia do riacho Mulungu, observa-se que os eventos de baixa magnitude, que representam o maior número de eventos, não contribuem com a captação e transmissão de água até comunidade, apenas quatro sub-bacias contribuiriam com a drenagem principal, e mesmo assim uma parte desse fluxo ficaria retida antes da área principal de uso da comunidade. Deste modo não se pode trabalhar com a real oferta de água baseada apenas nos índices pluviométricos e nas modelagens hidrológicas tradicionais.

E por outro lado, os barramentos dos fluxos vão alterar o balanço de sedimentação local, o que vai refletir na formação/manutenção/destruição das planícies de inundação, que é onde a maior parte da agricultura de sequeiro vai ser realizada (SOUZA,

2008).

Essa pesquisa demonstra a importância da introdução dos estudos de conectividade da paisagem nas pesquisas sobre a dinâmica dos sistemas fluviais, decompondo a bacia visando a um melhor entendimento da realidade. A aplicação dessa teoria também aponta a modificação das formas nos sistemas fluviais, e pode complementar os atuais métodos de análise hidrológica e gerenciamento de recursos hídricos, onde as bacias são analisadas como se houvesse livre transmissão de energia e matéria, o que raramente ocorre na realidade.

### REFERÊNCIAS

- ANDREOLLI, I.; COLLISCHONN W.; TUCCI, C. E. M.; HASS, R.; REGINA, J. V. M. Previsão de vazão afluente a um reservatório utilizando previsão quantitativa de chuva. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, p. 55-69, 11 n.3 2006.
- AZAMBUJA, R. N. *Dinâmica superficial em uma bacia de drenagem semiárida: um estudo de caso da bacia do riacho Salgado/PE*. Tese de Doutorado. Pós-Graduação de Geografia UFPE, p. 247, 2012.
- BLANTON, P.; MARCUS, W. A. Railroads, roads and lateral disconnection in the river landscapes of the continental United States. *Geomorphology*, v. 112, p. 212-227, 2009.
- BRIERLEY, G. J.; FRYIRS, K. A. *Geomorphology and River Management: Applications of the River Styles Framework*. Oxford: Blackwell Publications, 2005.
- BRIERLEY, G.; FRYIRS, K. A.; JAIN, V. Landscape connectivity: the geographic basis of geomorphic applications. *Area*, v. 38 (2), p. 65-174, 2006.
- BRUNSDEN, D. A critical assessment of the sensitivity concept in geomorphology. *Catena*, v. 42, n. 2-4, p. 99-123, 2001.
- BRUNSDEN, D.; THORNES, J. B. Landscape Sensitivity and Change. *Transactions of the Institute of*

*British Geographers, New Series*, v. 4, n. 4, p. 463-484, 1979.

CALASANS, N. A. R.; LEVY, M. C. T.; MOREAU, M. Interrelações entre clima e vazão. In: SCHIAVETTI, A.; CAMARGO, A. F. M. *Conceitos de bacia hidrográficas: teorias e aplicações*. Ilhéus: Editus, 2008. p. 67-90.

CAMPOS, J. N. B.; VIEIRA NETO, J. F.; MARTINS, E. S. Vulnerabilidade de sistemas hídricos: um estudo de caso. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 2 n.2, p. 21-44, 1997.

CHELLA, M. R.; FERNANDES, C. V.S.; FERMIANO, G. A.; FILL, H. D.; SANTOS, I. Avaliação do transporte de sedimentos no rio Barigüi. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 10 n.3, p. 105-111, 2005.

CIRILO, J. A. et al. Soluções para o suprimento de água de comunidades rurais difusas no semi-árido brasileiro: avaliação de barragens subterrâneas. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 8 n.4, p. 5-24, 2003.

CORRÊA, A.C.B.; SILVA, F. L. M.; SOUZA, J. O. P.; AZAMBUJA, R. N.; ARAÚJO, S.B. Estilos fluviais de uma bacia de drenagem no submédio São Francisco. *Revista de Geografia - Recife*, v. 26 n 1, p. 181-215, 2009.

CORRÊA, A. C. B.; SOUZA, J. O. P.; CAVALCANTI, L. C. S. *Solos do ambiente semi-árido brasileiro: erosão e degradação a partir de uma perspectiva geomorfológica*. [S.l.]: [s.n.], (mimeo) no prelo.

CPRM - SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL. *Projeto cadastro de fontes de abastecimento por água subterrânea. Diagnóstico do município de Belém de São Francisco, estado de Pernambuco*. CPRM/PRODEEM. Recife. 2005.

EMBRAPA. *Zoneamento Agroecológico do Estado de Pernambuco - ZAPE*. Recife: Embrapa Solos/Governo do Estado de Pernambuco - Secretaria de Produção

Rural e Reforma Agrária, 2001. CD-ROM. (Embrapa Solos. Documentos, 35), 2001.

Fryirs, K. A; Brierley, G; Preston, J. N.; Kasai, M. Buffers, barriers and blankets: The (dis)connectivity of catchment-scale sediment cascades. *Catena*, v. 70, p. 49-67, 2007a.

FRYIRS, K. A. et al. Catchment-scale (dis)connectivity in sediment flux in the upperHunter catchment, New South Wales, Australia. *Geomorphology*, v. 89, p. 297-316, 2007b.

GRAF, W. L. *Fluvial Process in Dryland Rivers*. Caldwell: The Blackburn Press, 1988.

HARVEY, A. M. Effective timescales of coupling within fluvial systems. *Geomorphology*, v. 44, p. 175-201, 2002.

LEOPOLD, L.B.; WOLMAN, M. G.; MILLER, J.M. *Fluvial process in geomorphology*. Mineola: Dover Publications, INC, 1964.

MOLINAS, P. A. A gestão dos recursos hídricos no semi-árido nordestino: a experiência cearense. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 1, p. 67-88, 1996.

OLIVEIRA, J.A.; LANNA, A.E.L. Otimização de um sistema de múltiplos reservatórios atendendo a múltiplos usos no nordeste brasileiro. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 2 n.2, p. 123-141, 1997.

OLIVEIRA, S. N. et al. Delimitação automática de bacias de drenagem e análise multivariada de atributos morfométrico usando modelo digital de elevação hidrologicamente corrigido. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v. 8 n.1, p. 3-21, 2007.

PEIXOTO, M. N. O. et al. Identificação de estilos de rios em bacias de drenagem inseridas em compartimentos de colinas - médio vale do rio Paraíba do Sul (RJ). *Revista de Geografia - Recife*, v. Especial - VIII SINAGEO, 2010.

SCHUMM, S. A. *The fluvial system*. Caldwell: The Blackburn Press, 1977.

SOUZA, J. O. P. *Sistema fluvial e planejamento local: um caso semi-árido – micro-bacia do riacho Mulungu, Belém de São Francisco – PE*. 2008. Monografia (Graduação). Universidade Federal de Pernambuco. Departamento de Ciências Geográficas. Recife, p. 43. 2008.

THOMAS, M. F. Landscape sensitivity in time and space - an introduction. *Catena*, v. 42, p. 83-98, 2001.

VIEIRA, V. P. P. B. Recursos hídricos e o desenvolvimento sustentável do semi-árido nordestino. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 1, p. 89-107, 1996.

VIEIRA, V. P. P. B. Desafios da gestão integrada de recursos hídricos no semi-árido. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, v. 8 n.2, p. 7-17, 2003.

WALLING, D. E.; WEBB, B. W. Erosion and sediment yield: a global overview. *Erosion and Sediment Yield: Global and Regional Perspectives*, v. 236, p. 3-19, 1996.