

# **Geodinâmica, perigos e riscos ambientais nas margens úmidas de planaltos tropicais: levantamento preliminar na região do Cariri oriental (Ceará, Brasil)**

**Alexsandra de Oliveira Magalhães\*, Jean-Pierre Peulvast\*\*, François Bétard\*\*\***

\*Universidade Regional do Cariri, Rua Coronel Antônio Luiz, 1161 - 63105-000, Laboratório de Análise Geoambiental - LAGEO, Crato, Ceará, Brasil. E-mail: [alexandra.oliveiramagalhaes@yahoo.com.br](mailto:alexandra.oliveiramagalhaes@yahoo.com.br) \*\*Université Paris-Sorbonne, 191 rue Saint-Jacques, 75005 Paris, France, et Laboratoire de Géographie Physique, CNRS UMR 8591, Meudon, France. E-mail: [jean-pierre.peulvast@paris-sorbonne.fr](mailto:jean-pierre.peulvast@paris-sorbonne.fr) \*\*\*Université Paris Est Créteil (UPEC), 61 avenue du Général de Gaulle, 94010 Créteil, France, et Laboratoire de Géographie Physique, CNRS UMR 8591, Meudon, France. E-mail: [francois.betard@u-pec.fr](mailto:francois.betard@u-pec.fr)

## **Introdução**

No seio das regiões semi-áridas do sertão cearense, a depressão do Cariri e a região metropolitana de Crato-Juazeiro do Norte-Barbalha (TRIÂNGULO CRAJUBAR) gozam de uma umidade apreciável nos patamares da Chapada do Araripe. As cidades de Crato e Barbalha (110.000 e 50.000 habitantes) crescem rapidamente em direção da escarpa da chapada, resultando em problemas ambientais preocupantes, nos domínios dos impactos (desmatamento, exploração desordenada dos recursos hídricos, poluição, ocupação incontrolada do espaço, impermeabilização dos solos) e dos riscos, sendo muitas instalações bastante vulneráveis. Infelizmente, ainda não existe nenhuma cultura local do risco, e nem expressão dessa problemática no planejamento urbano. Na literatura científica, somente estão disponíveis alguns trabalhos sobre cheias e movimentos de massa de pequena escala que acontecem nos pedimentos dissecados onde fica a sede da cidade Crato (Ribeiro & Guerra, 2003; Soares, 2006; Carvalho & Ribeiro, 2007). Na alta escarpa de arenito, que forma a margem do planalto, somente quedas de blocos são conhecidas, enquanto nenhum movimento de massa de grande escala aparece nos registros históricos. Entre os perigos naturais, somente as cheias violentas que acontecem periodicamente dentro das duas cidades foram tratadas no planejamento urbano, com a construção de canais de concreto (Sousa *et al.*, 2006).

Percebe-se que as características geodinâmicas do meio ambiente, ainda são mal conhecidas nessa região, por causa de uma distância histórica insuficiente e de uma pesquisa científica fragmentada ou limitada às pequenas escalas espaciais e temporais. Portanto, nesse estudo, nos propomos a realizar um inventário preliminar dos casos geodinâmicos, eventualmente agravados por intervenções humanas. Após uma apresentação do meio ambiente e da nossa abordagem, serão analisados os perigos associados às dinâmicas observadas e possivelmente a movimentos de massa de grande escala. Tal trabalho pode contribuir para a formação de uma cultura do risco necessária

para uma gestão sustentável dos meios ambientes e ao planejamento viável de uma urbanização acelerada e atualmente desordenada.

## Meio ambiente, antropização e a questão dos acasos naturais

### A margem úmida de um alto planalto sedimentar

#### *Situação, topografia*

A Chapada do Araripe forma um planalto alongado EW sobre 120 km entre 39°00' e 40°50'W, e 7°05' e 7°39'S, na divisa entre os estados do Ceará e Pernambuco (fig. 1). Com altitudes de 900 a 1002 m, sua parte oriental é dominada pela larga depressão do Cariri e por uma escarpa espetacular de tipo cuesta. O nosso trabalho trata da margem NE do planalto, um dos maciços úmidos (brejos de altitude) que se elevam sobre as planícies do sertão nordestino (Cavalcante, 2005).

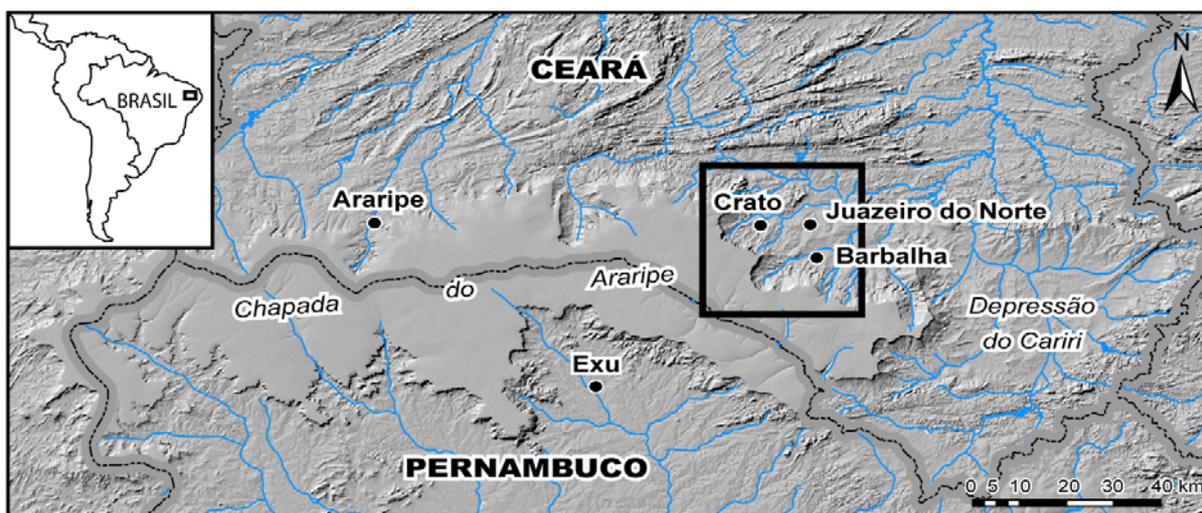


Figura 1. Mapa de localização.

Na região urbana de Crato-Juazeiro do Norte-Barbalha, o fundo da depressão do Cariri fica a 400 m de altitude, 500-600 m abaixo da crista da escarpa. O efeito de dominação é máximo nos sítios urbanos do Crato e Barbalha, localizados apenas 5-6 km do paredão de arenito. Sobre 25 km de comprimento, a escarpa desenha dois vastos anfiteatros circunvizinhos de 8 km de diâmetro cada um, abertos para NE dentro do planalto quase-horizontal. Ora, festonada por profundos funis (SW do Crato), ora regularmente encurvada, a cornija se multiplica localmente em dois ou três degraus. Essa se eleva a 300 m, por intermédio de um tálus côncavo descontínuo, por cima de um largo sistema de pedimentos suavemente inclinados (3,5%) para o centro das depressões. Esses pedimentos são dissecados por um sistema de vales com fortes declividades (>30 m/km), pouco profundos (40-60 m), cujas nascentes ficam ao sopé da cornija entre 650 e 750 m de altitude. As

vertentes e os promontórios, que delimitam os interflúvios, são localmente ladeados por terraços escalonados (Crato). As planícies fluviais, geralmente estreitas, somente se alargam a jusante das últimas confluências, formando o fundo da depressão do Cariri (Rios Batateira e Salamanca).

### *Geologia*

A região de estudo é escavada nas camadas superiores dos sedimentos mesozóicos que ocupam a parte oriental da Bacia Araripe. As unidades falhadas do rift Cariri (Jurássico superior-Cretáceo inferior) são cobertas por séries discordantes que foram depositadas durante uma fase pós-rift de subsidência regional. Por causa da inversão de relevo que ocorreu desde o Cretáceo superior (Peulvast *et al.*, 2008), toda a seqüência pós-rift aflorou na escarpa e na depressão. Chamada Grupo Araripe (Ponte & Ponte Filho, 1996), essa série sub-horizontal, é formada de sedimentos fluviais, lacustres, lagunares e marinhos de idade Aptiano superior a Cenomaniano, agrupados nas Formações Rio da Batateira, Santana, Arajara e Exu.

Atingindo 400 a 500 m de espessura total na região de estudo, a série pós-rift comporta 250-280 m de rochas frágeis cobertas por arenitos maciços e resistentes (Formação Exu, 150-250 m). Esses arenitos formam a cornija superior da escarpa. A concavidade basal e os pedimentos dissecados são respectivamente esculpidos nos arenitos argilosos da Formação Arajara e nas rochas geralmente pouco resistentes das Formações Santana e Batateira.

### *Clima, vegetação*

As condições climáticas na região do Cariri são caracterizadas por duas estações distintas, uma chuvosa no verão e outra seca. Os índices de precipitação são elevados, variando entre 850 e 1.100 mm anuais (até 1.620 mm na bacia hidrográfica do Crato: SUDENE-ASMIC, 1967), marcados por irregularidade e concentração pluviométrica no trimestre (fevereiro, março e abril). A grande maioria das precipitações é representada por pancadas de chuvas curtas (geralmente até 1 hora), e violentas atingindo índices de 100 a 120 mm (decorrência de 10 anos).

Exposta aos ventos alísios, a proa do planalto apresenta condições úmidas/sub-úmidas (Magalhães, 2006). A mata úmida é encontrada a barlavento na escarpa da chapada, e a mata seca ocupa os níveis mais inferiores da escarpa, enquanto a mata ciliar ocorre nas margens dos rios. Ressalta-se que grande parte dessa vegetação encontra-se antropizada. O topo da chapada está inserido na Floresta Nacional do Araripe (FLONA-Araripe), sendo seu uso bastante restrito. Somente nas áreas pertencentes à FLONA-Araripe ainda se encontra vegetação nativa de forma densa.

### *Uma hidrologia complexa*

Hidrograficamente, a região apresenta as seguintes características: (1) presença de uma zona de escoamento torrencial nas encostas da chapada, onde se localizam as dezenas de fontes que dão origem aos rios e riachos; (2) zona de espraiamento nas planícies, logo após a ruptura da declividade das vertentes e (3) ocorrência de uma rede de drenagem dendrítica ou parcialmente paralela, com direção principal dos cursos d'água SW-NE. A rede de drenagem é caracterizada por rios intermitentes, apesar das suas condições físico-climatológicas favoráveis, em particular das dezenas de fontes alimentadas pela infiltração de água nos arenitos da chapada. A captação da maior parte da água das fontes para suprir as necessidades do abastecimento humano, animal e na agricultura, agrava ainda mais a situação dos recursos hídricos. Na área urbana das cidades e a jusante dos rios, a restituição sem tratamento da água poluída, contribui para restaurar um escoamento permanente.

A maior parte da água se escoam durante cheias curtas, cujas formas dependem estreitamente, dos tipos de tempestades (SUDENE-ASMIC, 1967). Os talwegues são constituídos por cortes obstruídos por blocos rochosos, muitas vezes enormes, por onde as cheias conduzem grandes quantidades de areia e de elementos mais finos.

### **Ocupação do espaço e urbanização**

O núcleo urbano do Crato, primeiramente instalado no vale do rio Grangeiro, se expandiu aos poucos, ganhando os interflúvios adjacentes ao seu canal e principalmente os patamares da Chapada. Desde a década de 70 e o crescimento da especulação imobiliária na região do Cariri, as antigas áreas rurais transformaram-se em espaços urbanos, e conseqüentemente os elementos naturais da paisagem tornaram-se fatores secundários e susceptíveis a exploração desordenada (Ribeiro, 1997).

Ainda observam-se grandes áreas inaproveitadas, onde uma vegetação secundária cresce entre pequenas plantações. O fator principal para a expansão urbana na baixa encosta foi a instalação de clubes recreativos próximos à linha de nascentes. A partir de então, a baixa encosta foi loteada para construção de granjas e chácaras de veraneio e/ou moradia de pessoas com alto poder aquisitivo. Tornaram este espaço, área nobre do município, valorizando-o como solo urbano (Ribeiro, 2004), principalmente nos altos vales dos Rios Grangeiro e da Batateira.

A cidade de Barbalha foi construída sobre terraços e interflúvios mais afastados da escarpa, na margem S da planície fluvial do Rio Salamanca, mas alguns bairros ocupam fundos de vales (vale do Ouro). Vários distritos ficam mais perto da chapada ou mesmo na encosta (Arajara, Farias, Macauba, Caldas).

Nas duas zonas urbanas, onde a área é impermeabilizada, os rios encontram-se contidos em canais de concreto estreitos. Além do problema da impermeabilização dessas áreas, ressalta-se: os desmatamentos na encosta da Chapada e a retirada da mata ciliar ao longo dos rios e riachos, causando deslizamentos de encostas e assoreamento dos cursos d'água;

o lançamento de esgotos e a disposição inadequada de resíduos sólidos dentro do canal (Sousa *et al.*, 2007).

### **Acasos e riscos naturais : uma abordagem nova na região do Cariri**

A bibliografia tratando das cheias, do ravinamento e dos movimentos de massa de pequenas dimensões é relativamente abundante. Pelo contrário, até agora, os grandes movimentos de massa foram ignorados na região de estudo, por causa das dificuldades que impedem uma melhor e mais precisa identificação das formas e dos depósitos, seja pela cobertura florestal, formas de privatização do solo, urbanização etc. Nos dois casos, a falta de registros históricos em longo prazo, também torna difícil esse estudo, num contexto de períodos de decorrência provavelmente longos, pois a região somente foi colonizada nos séculos XVII e XVIII.

Além de um mapa topográfico na escala de 1:50.000 (FUNDETEC, 1998), o Modelo Digital de Elevação SRTM foi utilizado como uma base para elaborar um mapa geomorfológico (Peulvast *et al.*, in prep.). As formas e os depósitos ligados aos movimentos de massa, foram mapeados a partir do trabalho de campo e da interpretação de fotos aéreas e imagens de satélite, assim como de imagens 3D da Google Earth. A tipologia dos movimentos de massa foi baseada no trabalho de Dikau *et al.* (1996).

### **Acasos ligados às dinâmicas atualmente observadas**

#### **Cheias e inundações**

Como os rios nascem na encosta da Chapada do Araripe, com talvegues de alta declividade, as águas fluem com elevada velocidade, escoando as cheias rapidamente (Sousa *et al.*, 2007). Já no Vale do Cariri, os rios apresentam talvegues de baixa declividade, onde as águas das chuvas procuram leitos maiores, apresentando maiores áreas de inundação. Esta mudança brusca na declividade dos talvegues gera inundações, em função do remanso hidráulico.

Na zona urbana do Crato, onde a área é impermeabilizada, o rio Granjeiro encontra-se contido num canal de concreto estreito, com elevado risco de extravasamento. Nessa área impermeabilizada pela urbanização, há um aumento do escoamento superficial, tornando trágica a quadra chuvosa da região. Por exemplo, em março de 2004, uma chuva de 110 mm, ocorrida em uma hora, causou uma enorme enchente, inundado parte dos bairros vizinhos. Os bairros na zona urbana de Barbalha, construídos no Vale do Rio Ouro, também são expostos a tais inundações.

A influência da forte declividade também explica a existência de chuvas-limite muito fracas, com uma intensidade de 10 a 15 mm.h<sup>-1</sup>. Coeficientes de escoamento de 3 a 23% foram observados em 1963 (SUDENE-ASMIC, 1967). Mas a reação a uma chuva só é

realmente sensível e imediata se os terrenos estiverem próximos da saturação, isto é, se não houver transcorrido muito tempo desde a chuva precedente ou se a chuva é muito intensa. Os tempos característicos são muito variáveis: tempo de subida de 10 a 70 minutos, tempo de resposta de 35 a 140 minutos, tempo de base de 1h10mn a 6h. Descargas até 78,8 m<sup>3</sup>/s (5 de abril de 1964) foram medidas no Rio da Batateira no Crato. Na bacia mais urbanizada do Rio Grangeiro, a descarga máxima decenal calculada é de 130 m<sup>3</sup>/s na extremidade jusante do canal de concreto.

### **Ravinamento e movimentos de massa de pequena escala**

Na cidade do Crato, os rios Batateira e Grangeiro cortam uma série de interflúvios, terraços e planícies aluviais, com declividades que variam de 0 a mais de 45%. Nos interflúvios, foram detectadas diversas voçorocas (Guerra & Sampaio, 1996) e processos de ravinamento, em especial nas encostas, voltadas principalmente para o rio Grangeiro. No bairro Seminário, uma voçoroca provocada por concentração de fluxo superficial, oriundo de um canal de recolhimento de águas provenientes dos esgotos das residências, cresce com taxa média de 1 metro por ano (Ribeiro & Guerra, 2003). Esta voçoroca já conta com aproximadamente 20 m de profundidade, 10 m de largura e recuo de 30 m a partir da encosta original.

Movimentos de massa ocorrem nas escarpas íngremes da chapada durante as estações chuvosas, podendo ser notados em diversos pontos, cicatrizes de desmoronamentos e quedas de blocos, por exemplo, nas cornijas que dominam os clubes de lazer do Crato (Serrano) e de Barbalha (Arajara). Os trechos de estradas cortados na cornija (Belmonte, Farias) são frequentemente danificados por pequenos deslizamentos de material intemperizado. Nos pedimentos dissecados (e por isso dentro da cidade do Crato), a maioria das encostas naturais possui mais de 10m de altura, e as declividades concentram-se entre 90° e 60°, aumentando a probabilidade de ocorrência de um movimento gravitacional de massa rápido; nos taludes de corte, podem chegar até 10m (Carvalho & Ribeiro, 2007).

Na maioria dos processos há presença de matacões que contribuem para a instabilidade da encosta. Tanto os processos erosivos como os movimentos de massa dão origem a um grande volume de materiais, cuja maior parte acaba chegando aos canais dos rios. À jusante desses rios, dentro do núcleo urbano do Crato e em direção aos canaviais, o tamanho dos sedimentos diminui (areias e seixos).

### **Registros de movimentos de massa de grande escala**

#### **Localização e tipologia**

Os anfiteatros do Crato e de Barbalha possuem um conjunto espetacular e muito diversificado de formas e depósitos ligados às dinâmicas gravitares (Peulvast *et al.*, in prep.).

Uma série contínua de segmentos côncavos de escala pluri-kilométrica caracteriza a maior parte da escarpa no anfiteatro de Barbalha e a parte NW desse no Crato. Segmentos côncavos mais curtos (1.5-2 km) com perfis côncavos regulares se encontram mais localmente na parte sul do anfiteatro do Crato, onde se alternam com segmentos muito dissecados.

Formas e depósitos de deslizamento simples ou complexos se encontram na maior parte dos segmentos côncavos da escarpa, geralmente caracterizados por uma cornija superior reduzida (~100-150 m), em cima de uma concavidade basal curta. Individuais ou coalescentes, esses são localizados fora das principais cabeças de vales, a menos que encham alguns desses vales. Nos deslizamentos mais característicos, os depósitos formam lóbulos espessos com formas colinares em cima dos pedimentos. Deslizamentos rotacionais (*slumps*) curtos são os mais simples desses, apesar de estarem freqüentemente prolongados por lóbulos de detritos achatados ou por corridas de detritos. Grandes blocos basculados são identificados em alguns desses. Em todos os casos, movimentos ocorrem ao longo de níveis mecanicamente fracos nas séries sedimentares (argila, margam, gipsita). Talvez iniciados por cisalhamento e translação horizontal, se acham combinados com deslizamento rotacional dentro do arenito Exu.

Embaixo dos círculos de erosão ou a jusante dos deslizamentos e das línguas de detritos vindo dos segmentos côncavos, alguns fundos de vales são parcialmente ocupados por línguas alongadas de material rico em blocos que convergem respectivamente para Crato e Cabaceira (Barbalha). A montante, dentro dos círculos, os paredões de arenito são marcados apenas por traços de quedas de blocos ou pequenos desmoronamentos. Mais abaixo, acumulações descontínuas de detritos intemperizados formam taludes de onde freqüentemente sai água de fontes. Já que o arenito argiloso da formação Arajara aflora localmente entre esses e as línguas de detritos (Coqueiro, Grangeiro), acreditamos que nenhuma reconstituição dos depósitos coluviais ocorra depois da partida dos detritos mobilizados pelas corridas.

Os comprimentos medidos nessas corridas de detritos variam entre 2,5 e 5,5 km no anfiteatro do Crato, com desníveis de 250 a 350 m. Um comprimento máximo de 6,5 km foi encontrado nas línguas de detritos do Rio Salamanca em Cabaceira (Barbalha). As larguras geralmente são de 150 a 250 m, mas tais depósitos formam um lóbulo composto largo de 800 a 1000 m, entre os cursos gêmeos do Riacho Saco (Crato). Os volumes mínimos estimados para os maiores depósitos são de 2,5 M m<sup>3</sup>.

Ao sul do Crato, a parte montante do grande deslizamento de Carretão é de tipo rotacional, embaixo de uma cicatriz côncava longa de 1,5 km e altitude de 180 m. Embaixo dessa, uma topografia caótica formada de grandes blocos de arenito basculados, se prolonga a jusante por um avental mais fino depositado sobre um relevo diferenciado, talvez com alta velocidade como ocorre com movimentos ascendentes locais. Esse conjunto

apresenta as características de uma avalanche de detritos ou Sturzstrom (Peulvast *et al.*, in prep.), com um volume estimado  $>100 \text{ Mm}^3$ .

### **Fatores de acionamento**

#### *Fatores estáticos: condições geológicas e hidrogeológicas favoráveis*

Os deslizamentos descritos aqui são deslizamentos profundos. As condições estruturais encontradas são tão favoráveis como essas repertoriadas por Moyersons *et al.* (2008) na província do Tigray da Etiópia: uma estrutura tabular e uma superposição de camadas com propriedades mecânicas e hidrogeológicas contrastadas. Espessas camadas de gipsita, marga e argila formam níveis pouco resistentes e plásticos, assim como os arenitos argilosos Arajara diretamente localizados abaixo do arenito Exu. Todos os deslizamentos descritos aqui afetam essas camadas, e a maior parte dos depósitos cobrem topografias formadas nos calcários Crato, e arenitos Batateira dos níveis inferiores.

A saturação permanente ou sazonal provocada pela infiltração da água de partes dessa série é um dos fatores desses fenômenos. Dois aquíferos afloram na escarpa, correspondendo ao arenito Arajara e a base do arenito Exu, e ao calcário Crato, respectivamente (Costa, 1999). Embaixo do primeiro, as argilas, margas e gipsitas formam um aquíclode assim como o nível plástico já mencionado.

Intemperismo e produção de argila depositada nas discontinuidades do arenito são muito ativas no meio úmido da região. Solos profundos ( $>10 \text{ m}$ ) e ricos em kaolinite (*ferralsols*) se acham no topo dos arenitos alterados. Coberturas vermelhas mais finas são visíveis na escarpa, com solos (*lixisols*) mais em equilíbrio com o clima atual. Esses solos porosos também estão presentes nos taludes e nos círculos de erosão. Quando saturados por água, podem participar na iniciação de corridas de detritos. Solos arenosos-argilosos, geralmente finos ( $<1 \text{ m}$ ) e muito porosos predominam também nos interflúvios e nas vertentes dos pedimentos dissecados, onde foram descritos voçorocas e pequenos deslizamentos (Ribeiro, 2004).

#### *Fatores dinâmicos*

A fim de explicar a passagem de um estado “marginalmente estável” a um estado “ativamente instável” (Glade & Crozier, 2004) na escarpa ou no talude acumulado localmente na sua parte inferior, podemos considerar um fator potencial principal de acionamento: o papel das séries de pancadas de chuvas, curtas e violentas, da estação chuvosa, causando a saturação dos aquíclodes. Apesar da falta de datação dos depósitos descritos aqui, sugerimos também a influência das mudanças climáticas do Quaternário, com períodos mais úmidos podendo ter favorecido uma maior ocorrência de grandes movimentos de massa (Wang *et al.*, 2004).

## **Do conhecimento dos acasos a uma cultura do risco: um caminho longo**

### **Uma percepção fragmentada do risco**

Os processos erosivos acelerados e os movimentos de massa que ocorrem no Crato, devem-se principalmente a fatores geológicos, geomorfológicos, pedológicos, climáticos e também ao uso do solo urbano (Guerra e Sampaio, 1996). O que se observa hoje na região é um quadro de degradação ambiental que tende a se agravar, à medida que a população urbana cresce e passa a ocupar áreas de maior risco. Com isso, o assoreamento dos rios Grangeiro e Batateira também aumenta, provocando problemas relacionados às inundações nas partes mais baixas da cidade e a jusante.

Nessas últimas áreas, a predominância de atividades agrícolas como, por exemplo, plantação de canaviais, reduz o impacto das cheias dos Rios da Batateira e Salamanca. Na subida da chapada, a ocupação deveu-se principalmente às amenidades climáticas, elevando o número de loteamentos para a construção de casas de veraneio e/ou moradias das classes mais abastadas. Nas áreas baixas, proliferaram moradias das classes baixa e média. As principais consequências, desta rápida mudança no uso do solo foi o inchaço das áreas urbanas e o aumento dos problemas ambientais. A vulnerabilidade aos fenômenos morfodinâmicos, tanto de pequena escala como de grande escala (corridas de detritos, deslizamentos) cresce rapidamente.

Na bacia do Rio Grangeiro, os loteamentos e o padrão das ruas foram desenhados desconsiderando as características do relevo, sendo uma parte das casas construídas no fundo do vale, sobre depósitos de corridas de detritos. Os rios atravessam inúmeras propriedades privadas (com muros e cercas construídos dentro dos cursos fluviais). Mais perto da chapada, a instalação de clubes recreativos como Grangeiro, AABEC, Serrano próximos à linha de nascentes (Ribeiro, 2004) não foi acompanhada por uma percepção, nem um tratamento particular dos perigos e dos riscos nesses sítios, dominados por altas cornijas rochosas, apesar das marcas de pequenos desmoronamentos visíveis na escarpa da chapada. Segundo nossa análise, esses sítios, onde formam-se os funis, e onde a erosão pela água das fontes evacua regularmente os elementos finos do material coluvial, provavelmente não são os mais expostos aos fenômenos de maior amplitude. A situação pode ser mais preocupante fora deles, embaixo dos promontórios mais íngremes e ao longo dos vales, onde foram descobertos depósitos de grandes corridas de detritos. No Crato, os afloramentos de depósitos ricos em blocos de arenito da chapada (até 6 m de comprimento) são comuns, nos vales assim como nos terraços e interflúvios, mas não são percebidos como o resultado de fenômenos violentos e perigosos. A ausência de tais eventos na breve história da cidade provavelmente explica esta situação.

### **Conscientização e tratamento dos problemas identificados**

A consciência dos riscos associados aos processos morfodinâmicos ainda é fraca, e principalmente limitada aos problemas ligados às cheias. No Crato, as principais causas dos riscos de inundações urbanas são bem identificadas (Sousa *et al.*, 2007; Lima Neto *et al.*, 2008): ocupação irregular do solo em áreas de preservação permanente nas proximidades da encosta da Chapada; desmatamento na encosta e retirada da mata ciliar ao longo dos rios, causando deslizamentos e assoreamento dos cursos d'água; urbanizações feitas sem planejamento e disciplinamento do uso e ocupação do solo, nem programa de controle de erosão; plano diretor urbano incompatível com a hidrologia e hidráulica da bacia; falta de conscientização da população com o problema da drenagem e com o lançamento de esgotos e resíduos sólidos nos riachos, galerias e canais; falta de investimentos, tanto no planejamento como na execução e manutenção de obras civis; falta de controle e fiscalização de áreas ocupadas e de obras irregulares; falta de um órgão gestor e coordenador para a drenagem urbana; ocorrência de vazões de pico extraordinárias, acima do valor máximo considerado para a capacidade das obras de drenagem entre outras.

Soluções técnicas mal calibradas podem agravar os perigos. Podemos citar, entre outros, a impermeabilização da área de inundação do rio Granjeiro na zona urbana do Crato, onde o rio encontra-se contido num canal de concreto estreito. A situação atual desse canal é incompatível com a realidade ambiental, agravada por fatores artificiais como a existência de um canal (levada do Lameiro) que transpõe parte das águas da fonte Batateira, localizada na microbacia vizinha, e que, durante o período chuvoso, também faz transferência de cheias para o rio Granjeiro (Sousa *et al.*, 2007).

Quanto aos fenômenos de ravinamento e aos movimentos de terreno, só existem intervenções pontuais após os eventos dispersos e geralmente menores que são conhecidos até agora: conserto de estradas danificadas, destruição de casas parcialmente danificadas por voçorocas (Bairro do Seminário), reforço ou abandono de construções danificadas por pequenos deslizamentos (bairro Coqueiro, no Crato; Arajara Park, em Barbalha). Em todos os casos, a possibilidade de enfrentar movimentos de massa de grande amplitude foi ignorada.

### **Conclusão**

Tal contexto necessita um melhor conhecimento do meio ambiente e do seu funcionamento. Segundo Lima Neto *et al.* (2008), deve-se fazer um diagnóstico sócio-ambiental que contemple os impactos ambientais de forma mais detalhada; as condições socioeconômicas da população; as características da flora, entre outras. Esse detalhamento resultará num diagnóstico integral mais amplo, que possibilite a geração de um banco de dados para determinar, não só os fatores naturais, mas, também, os fatores sócio-

ambientais que contribuem para a degradação da área. A identificação dos perigos morfodinâmicos na região ainda fica limitada às cheias e aos processos de pequena escala. Já que os eventos de grande escala não parecem ter ocorrido durante a curta duração (três séculos) dos tempos históricos locais, esses nunca foram considerados como um risco potencial nem como uma ameaça para a urbanização e a agricultura. Nessa fase primária da nossa pesquisa, ainda não podemos afirmar que tal risco deveria ser considerado nas condições atuais, mas futuras datações dos depósitos, provenientes das corridas de detritos, nos permitirão uma melhor avaliação da frequência e magnitude desses eventos na região.

A nossa identificação de formas e depósitos ligados a movimentos de massa de grande escala já traz indicações sobre a natureza e a distribuição dos eventos passados e dos perigos potenciais. Grandes partes da cidade do Crato e alguns loteamentos são construídos sobre depósitos de corridas de detritos. As distâncias entre a maior parte dos distritos e a escarpa são inferiores a 6 km, ou seja, ao alcance dos maiores fenômenos. O problema será de descobrir se antigas áreas de deslizamentos já ocupadas podem ser reativadas, e se novos deslizamentos ou corridas de detritos podem ocorrer nas condições atuais ou durante eventos extremos (chuvas violentas, terremoto), num contexto de alta susceptibilidade estrutural e hidrogeológica aos movimentos de massa.

## **Bibliografia**

- Carvalho, S.M., Ribeiro, S.M., 2007. Identificação das áreas de riscos de deslizamentos urbanos e periurbanos da cidade do Crato/CE. *Cadernos de cultura e ciência*, URCA, 2, 1, 9 p.
- Cavalcante, A., 2005. Jardins suspensos no Sertão. *Scientific American Brasil*, 32, pp. 69–73.
- Corominas J., Remondo J., Farias P., Estevão M. Zézere J., Diaz de Terán J., Dikau R., Schrott L., Moya J., González A., 1996. Debris flows. In: Dikau R., Brunsden D., Schrott L., Ibsen M. (eds), 1996. *Landslide recognition: identification, movement and causes*. J. Wiley and Sons, Chichester, pp. 161- 180.
- Costa V.D., 1999. Recursos hídricos. In: Gervaiseau P. (Ed.), *Projeto Araripe*, vol. 5. MMA, FUNDETEC, URCA, Crato, pp. 622-713.
- Dikau R., Brunsden D., Schrott L., Ibsen M. (eds), 1996. *Landslide recognition: identification, movement and causes*. J. Wiley and Sons, Chichester.
- Glade T., Crozier M.J., 2004. The nature of landslide hazard impact. In: T. Glade, M. Anderson, M.J. Crozier, *Landslide hazards and risks*. J. Wiley and Sons, Chichester, pp. 43-74.
- Guerra, A.J.T., Sampaio, J.J.A., 1996. Processus erosivos acelerados, movimentos de massa e assoreamento na cidade do Crato/CE. *Anuario do Instituto de Geociências*, 19.
- Lima Neto R.T., Mendonça L.A.R., Pereira J. A., Sousa C.A.V., Gonçalves J.Y.B., Frischkorn, H., 2008. Análise morfométrica e ambiental da microbacia hidrográfica do rio Granjeiro, Crato/CE. *Rev. Esc. Minas*, 61, 3, pp. 1-10.
- Magalhães A.O., 2006. *Análise ambiental do alto curso da microbacia do Rio da Batateira no município do Crato/CE: subsídios ao zoneamento ecológico-econômico*. Dissertação de mestrado, UFC, Fortaleza.
- Moeyersons, J., Van Den Eeckhaut, M., Nyssen, J., Tesfamichael Gebreyohannes, Van de Wauw, J., Hofmeister, J., Poesen, J., Deckers, J., Haile Mitiku, 2008. Mass movement

- mapping for geomorphological understanding and sustainable development: Tigray, Ethiopia. *Catena*, 75, pp. 45–54.
- Peulvast J.P., Bétard, F., in prep. Scarp morphology and identification of large-scale mass movements in tropical tablelands: the eastern Araripe basin (Ceará, Brazil).
- Peulvast J.P., Claudino Sales, V., Bétard, F., Gunnell, Y., 2008. Low post-Cenomanian denudation depths across the Brazilian Northeast: implications for long-term landscape evolution at a transform continental margin. *Global and Planetary Change*, 62, pp. 39–60.
- Ponte, F.C., Ponte-Filho, F.C., 1996. *Estrutura geológica e evolução tectônica da Bacia do Araripe*. MME/DNPM, Recife.
- Ribeiro, S.C., 2004. Susceptibilidade aos Processos Erosivos Superficiais com Base na Dinâmica Geomorfológica na Microbacia do Rio Grangeiro, Crato/CE. Dissertação de Mestrado, Rio de Janeiro: UFRJ/PPGG.
- Ribeiro, S. C., Guerra, A.J., 2003. Fatores sócio-ambientais na aceleração de processos erosivos em áreas urbanas: o bairro Seminário, Crato/CE. *Revista do Departamento de Geografia – Geo UERJ*, nº especial, pp. 1827-1829.
- Soares, R. C., 2006. Carta de cadastro das cicatrizes de feições erosivas e movimentos gravitacionais de massa nas áreas urbanas e periurbanas de Barbalha/CE com vistas ao planejamento urbano-ambiental. *Anais do VI Simpósio Nacional de Geomorfologia/Regional Conference on Geomorphology*, Goiânia.
- Sousa, C.A.V., Mendonça, L.A.R., Gonçalves, J.Y.B., 2006. Análise preliminar de riscos ambientais devido a expansão urbana na micro-bacia hidrográfica do Rio Granjeiro no município do Crato – CE. *VIII Simpósio Italo Brasileiro de Engenharia sanitária e ambiental, Fortaleza, CE, Anais*.
- SUDENE-ASMIC, 1967. *Estudo geral de base do vale do Rio Jaguaribe*. Vol. IV. Hidrologia. GVJ, Brasília.
- Wang, X.F., Auler, A.S., Edwards, R.L., Cheng, H., Cristalli, P.S., Smart, P.L., Richards, D.A., Shen, C.C., 2004. Wet periods in northeastern Brazil over the past 210 kyr linked to distant climate anomalies. *Nature*, 432, pp. 40–43.