



# RELAÇÃO PROCESSO-RESPOSTA DOS EPISÓDIOS DE INUNDAÇÃO OCORRIDOS NO RIACHO UMAS A PARTIR DE EVENTOS PLUVIOMÉTRICOS SIGNIFICATIVOS NO MUNICÍPIO DE CAMARAGIBE/PE

Relation process-response of flood episodes occurred in the Riacho Umas from significant pluviometric events in the Municipality of Camaragibe/PE

Relación proceso-respuesta de los episodios de inundación ocurridos en el Riacho Umas a partir de eventos pluviométricos significativos en el municipio de Camaragibe/PE

Wemerson Flávio da Silva<sup>1</sup>

Oswaldo Girão<sup>2</sup>

## RESUMO

A presente pesquisa teve como objetivo entender o comportamento do riacho Umas, ou canal da Brasépola, localizado no município de Camaragibe-PE a partir da dinâmica sistemática de processo-resposta entre dois eventos de forte precipitação ocorridos nos meses de junho e setembro de 2014 e as perturbações relativas a processos de inundações bruscas ocorridas sobre o médio e baixo curso do canal fluvial em questão. As mudanças cumulativas e a conectividade do canal foram analisadas a partir dos mapas de declividade das encostas e direção de fluxo de escala 1: 2.000, assim como atividades de campo. As respostas aos processos indicaram a capacidade de ajuste lateral de alguns trechos do canal e, por conseguinte, como o processo de inundação atinge a população das margens quando dos episódios de inundação recorrentes durante o outono-inverno austral. Na escala de tempo utilizada na pesquisa, em relação ao nível de onde a água advém durante os eventos chuvosos, ocorreu pouca variação nos quantitativos pluviométricos e no nível do fluxo hídrico ao longo da inundação no decorrer dos eventos chuvosos. Já na escala espacial, mesmo que de detalhe, observou-se variabilidade das respostas principalmente diante das diferenças da morfologia do canal.

**Palavras-chave:** Inundações; Eventos pluviais de alta magnitude; Camaragibe-PE.

## ABSTRACT

This paper has as objective to understand the behavior of the second order fluvial channel nominated Umas stream (belonging to the Capibaribe River's lower course, right-margin, sub-basin), in the urban area located in Camaragibe city, Pernambuco state. The intention was to observe the process-answer systematic dynamics among two strong precipitation events occurred on between June and September, 2014, and the related perturbation to abrupt flooding processes that took place over the middle and lower courses of the mentioned stream. The cumulative changings and the channel's connectivity were analyzed from the hillside declivity maps and flow direction on scale 1:2.000 (detail scale), as well as field activities. Along with

<sup>1</sup> Doutorando em Geografia pelo Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE. Email: wemerson.fsilva@gmail.com

<sup>2</sup> Professor Dr. Associado II do Departamento de Ciências Geográficas e do Programa de Pós-graduação em Geografia da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE. Email: osgirao@gmail.com

transverse profile graphs (using Total Station TS02 Leica) to measure the flooding events. The answers to the processes indicated the lateral adjustment capacity of some of the channel's sections, and, therefore, the margin population vulnerability to the flooding episodes recurrent during the southern autumn-winter. In the time scale used in the research in relation to the level where the water comes during the rainy events, there was little variation in the pluviometric quantitative and the level of the water flow during the flood during the rainy events. On the spatial scale, even if in detail, variability of the responses was observed mainly due to the differences in the channel morphology.

**Key-words:** Flooding; high-magnitude pluvial events; Camaragibe-PE.

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo entender el comportamiento del riacho Umas, o canal de Braspérola, ubicado en el municipio de Camaragibe-PE. El objetivo fue observar la dinámica sistemática de proceso-respuesta entre dos eventos de fuerte precipitación ocurridos en los meses de junio y septiembre de 2014 y las perturbaciones relativas a procesos de inundaciones bruscas ocurridas sobre el medio y bajo curso del canal fluvial en cuestión. Los cambios cumulativos y la conectividad del canal se analizaron a partir de los mapas de declividad de las laderas y la dirección de flujo de escala 1: 2.000, así como actividades de campo. Las respuestas a los procesos indicaron la capacidad de ajuste lateral de algunos fragmentos del canal y, por consiguiente, cómo el proceso de inundación alcanza a la población de los márgenes a los episodios de inundación recurrentes mientras el otoño-invierno austral. En la escala de tiempo utilizada en la investigación en relación al nivel de donde el agua viene durante los eventos lluviosos ocurrió poca variación en los cuantitativos pluviométricos y en el nivel del flujo hídrico a lo largo de la inundación en el transcurso de los eventos lluviosos. En la escala espacial, aunque de detalle, se observó variabilidad de las respuestas principalmente ante las diferencias de la morfología del canal.

**Palabras clave:** Inundaciones; Eventos pluviales de alta magnitud; Camaragibe-PE.

## INTRODUÇÃO

As dinâmicas atmosféricas e processos fluviais são áreas dos conhecimentos estudados pelas ciências geográficas as quais podem trazer contribuições relevantes para o planejamento e gestão das formas de usos e ocupações da terra em áreas consideradas de urbanização consolidadas. As áreas de microbacias são em geral as mais sensíveis a perturbações derivadas de instabilidades a sistemas naturais, com destaque para as desencadeadas por dinâmicas atmosféricas, com reflexos sobre sistemas morfológicos, gerando respostas rápidas em suas dinâmicas sistêmicas de *input* e *output* de energia e matéria. Portanto, as microbacias são espaços que apresentam grande sensibilidade ambiental em suas relações de processo-resposta com as ações climáticas.

A problemática abordada na pesquisa trata de um canal fluvial em área urbana densamente ocupada, cujo trecho ainda não foi retificado artificialmente. Trata-se de um canal de segunda ordem que apresenta suas características naturais, contudo, fortemente habitado por população de baixa renda. Todavia, o entendimento do comportamento das dinâmicas geomorfológicas destes canais fluviais que ainda preservam suas características naturais pode tornar-se um método interessante de apoio ao planejamento de áreas urbanas, principalmente quando houve significativo processo de impermeabilização das vertentes.

O objetivo deste estudo é buscar entender, a partir da relação sistemática (processo-resposta), a atuação das dinâmicas meteorológicas e, conseqüentemente, o comportamento do riacho Umas ou canal da

Braspérola, diante dos eventos pluviométricos significativos ocorridos em 2014 no que se refere aos episódios de inundações e pequenos reajustes que caracterizam a sensibilidade ambiental.

Portanto, os *inputs* climáticos, principalmente aqueles de forte intensidade e/ou recorrentes, vão surgir como potencializadores dessas adversidades sobre os espaços urbanos, pois estes podem ser desencadeadores de processos morfodinâmicos que, a depender da configuração da paisagem, conduzem eventualmente a susceptibilidade no que se refere ao risco.

É sabido que uma bacia hidrográfica se comporta como um sistema aberto de entrada de energia e matéria e os canais fluviais são integrados por uma rede de drenagem. O presente artigo visa compreender o comportamento de um canal em relação à interação processo-resposta com intuito de detalhar os processos e posteriormente buscar entender o sistema como um todo. O estudo em apenas um canal foge dos modelos computacionais utilizados na atualidade, todavia, a intenção do trabalho foi observar e analisar os processos em campo e suas consequências em escala de detalhe. Portanto, difícil integrar a bacia por completo nesta perspectiva, entretanto procurou-se uma forma de avaliação diferente dos modelos generalistas e que estivesse mais próxima do objeto de estudo.

## CONTEXTO DE CANAL FLUVIAL EM ÁREA URBANA

Sobre o contexto urbano, segundo Jorge (2011), o crescimento espontâneo e desordenado das cidades brasileiras produz alterações na paisagem, que expõe as diferentes formas de ocupação que refletem o momento histórico, econômico e social dos agentes sociais atuantes, que ocorrem de modo contraditório e dialético a partir da análise integrada das relações processuais de uma escala de tempo geológica para a escala histórica ou humana.

É destacado ainda, por Jorge (2011), que no processo de urbanização brasileira, que tem como uma de suas características principais a apropriação por parte do mercado imobiliário das melhores áreas da cidade do ponto de vista físico-natural, além da ausência de políticas efetivas destinadas à moradia popular, tal atuação faz com que a população de baixa renda ocupe espaços desprezados pelo mercado imobiliário que são, em sua maioria, ambientes sensíveis quanto à recorrência de processos naturais, como margens de rios, manguezais e encostas íngremes.

Contudo, para tanto, temos que indicar qual a temporalidade dos estudos envolvendo ambientes antrópicos. Para Rodrigues e Moroz-Caccia Gouveia (2013) há necessidade de identificação e isolamento da variável antrópica na análise das mudanças ambientais de ciclo curto. Portanto é necessário que ocorra uma tentativa de discriminar os “gatilhos” ou forçantes de origem antrópica as quais sejam diferenciados dos *inputs*

naturais na tentativa de compreender qual o papel de cada um no processo de variabilidade climática e seus impactos na paisagem.

Diante do cenário de modificações impetradas pelo espaço urbano, as bacias hidrográficas, abrangendo seus domínios interfluviais e fluviais, sofrem com intervenções técnicas da engenharia, como obras estruturais e mecânicas nos canais fluviais, mas também padecem com um relativo desconhecimento da população sobre a sua dinâmica natural.

Segundo Botelho (2011) poucos são os indivíduos que têm a noção de que habitam uma bacia hidrográfica, que fazem parte da mesma como elementos que interagem dentro de um sistema, cujo funcionamento também depende das suas ações. Portanto, na maioria das cidades brasileiras, a população não tem a mínima ideia do espaço onde vivem e de como o mesmo se organiza e interage sistematicamente.

Outra problemática evidenciada sobre áreas urbanas brasileiras está relacionada às enchentes ou inundações que, segundo Botelho (2011), são eventos que gradativamente afetam cada vez mais pessoas que habitam as margens de canais ou em suas planícies de inundação, causando grandes prejuízos financeiros e mesmo perdas de vidas.

Ao tratar de canal fluvial em área urbanizada faz-se necessário conceituar os termos enchentes e inundações, que embora popularmente sejam tratados como sinônimos, cientificamente correspondem a termos diferentes. A partir desta ideia, Kobiyama *et al.* (2006), afirma que:

A inundação, popularmente tratada como enchente é o aumento do nível dos rios além da sua vazão normal, ocorrendo transbordamento de suas águas sobre as áreas próximas a ele. Estas áreas planas próximas aos rios sobre as quais as águas extravasam são chamadas de planície de inundação. Quando não ocorre transbordamento, apesar do rio ficar praticamente cheio, tem-se uma enchente e não uma inundação. Por esta razão, no mundo científico, os termos “**inundação**” e “**enchente**” devem ser usados com diferenciação.

Seguindo a discussão sobre o tema, Kobiyama *et al.* (2006) faz uma distinção entre inundação gradual e inundação brusca, sendo a primeira correspondente a episódios onde a água eleva-se de forma lenta e previsível, mantendo-se em situação de transbordamento por tempo prolongado, mas que, posteriormente, há um escoamento gradual, ou seja, inundações que possuem sazonalidade. Já a inundação brusca está ligada às chuvas fortes e concentradas, principalmente em regiões de relevo acidentado, levando a elevações súbitas e escoamentos violentos, conhecidos popularmente como enxurradas.

Embora o presente estudo tenha como principal objetivo monitorar o comportamento de um canal fluvial que pertence a uma microbacia, é necessário salientar, ao menos, como se organiza espacialmente um sistema fluvial e as variações de escala que compreende uma bacia hidrográfica.

Assim, uma bacia hidrográfica constitui-se em unidade fundamental para a geomorfologia fluvial, sendo definida por espacialidades separadas uma das outras por divisores de drenagem, onde a água flui em

superfície e subsuperfície e são associadas ao transporte de sedimentos de granulometrias variadas, constituindo-se em uma unidade natural para as análises de paisagens erodidas por rios (SUMMERFIELD, 1991).

A bacia de drenagem pode ser dividida em sub-bacias e microbacias (unidades de estudo ou planejamento), sendo a última definida a partir da criação do PNMH (Programa Nacional de Microbacias Hidrográfica de março de 1987), como área drenada por um curso d'água e seus afluentes, a montante de uma determinada seção transversal. Todavia, entendida como uma unidade espacial mínima condizente com os canais fluviais de primeira ordem, ou seja, todas as bacias que correspondem a cabeceiras de drenagem ou nascentes (MORAES NOVO, 2008).

De acordo com Souza (2013) a ideia de microbacia é muito vaga, dependendo dos recursos disponíveis para a análise, o que dificulta o uso do conceito de forma restrita. Levando em consideração as dimensões espaciais Cecílio e Reis (2006,), por exemplo, definem a microbacia como uma sub-bacias hidrográfica de área reduzida, variando 0,1 km<sup>2</sup> a 200 km<sup>2</sup>.

Para Lima e Zakia (2000, *apud* TEODORO *et al.*, 2007) as microbacias são mais sensíveis às chuvas de alta intensidade, ou seja, a alteração na qualidade e quantidade da água e no deflúvio é mais sentida nas microbacias em relação às grandes bacias. Portanto, vê-se a dificuldade do uso do termo microbacia devido as suas variadas formas de abordagens, o que leva a um extremo cuidado na sua utilização em trabalhos científicos.

Para Christofolletti (1999) é necessário para os estudos sistêmicos delimitar o referido sistema a qual será o objeto de estudo para que se possa analisar a estrutura e comportamento do mesmo. De acordo com Botelho e Silva (2011) houve um grande crescimento da importância do valor da bacia hidrográfica como unidade de análise e planejamento ambiental, principalmente para avaliar de forma integrada as ações humanas sobre o ambiente.

Os impactos sobre o riacho Umas e conseqüentemente seus efeitos de *feedback* é visto sobre a perspectiva da sensibilidade do canal decorrentes dos eventos pluviométricos. Todavia, o conceito de sensibilidade das paisagens de acordo com Brunsden (2001) consiste na probabilidade de uma dada modificação nos controles de um sistema ou as forças aplicadas a ele produzirem uma resposta sensível, reconhecível, sustentada e complexa, por conseguinte, a sensibilidade de um sistema é definida por suas especificações, que descrevem sua propensão para as mudanças e sua capacidade de absorver qualquer força de distúrbio.

## MATERIAIS E MÉTODOS

O riacho Umas, ou canal da Braspérola, está localizado no município de Camaragibe (Região Metropolitana do Recife) pertencente a margem direita do rio Capibaribe, sendo este último o canal principal que deságua na capital pernambucana. O riacho Umas é um canal de segunda ordem da bacia do rio Camaragibe a qual pertence subsequentemente à bacia do rio Capibaribe (Figura 1). O respectivo canal não apresenta intervenções estruturais, todavia, o grande adensamento urbano em seu médio e baixo curso faz com que sua dinâmica geomorfológica natural diante de eventos pluviométricos intensos, conduza a processos de inundação que impactam a população que ocupa indevidamente suas margens.

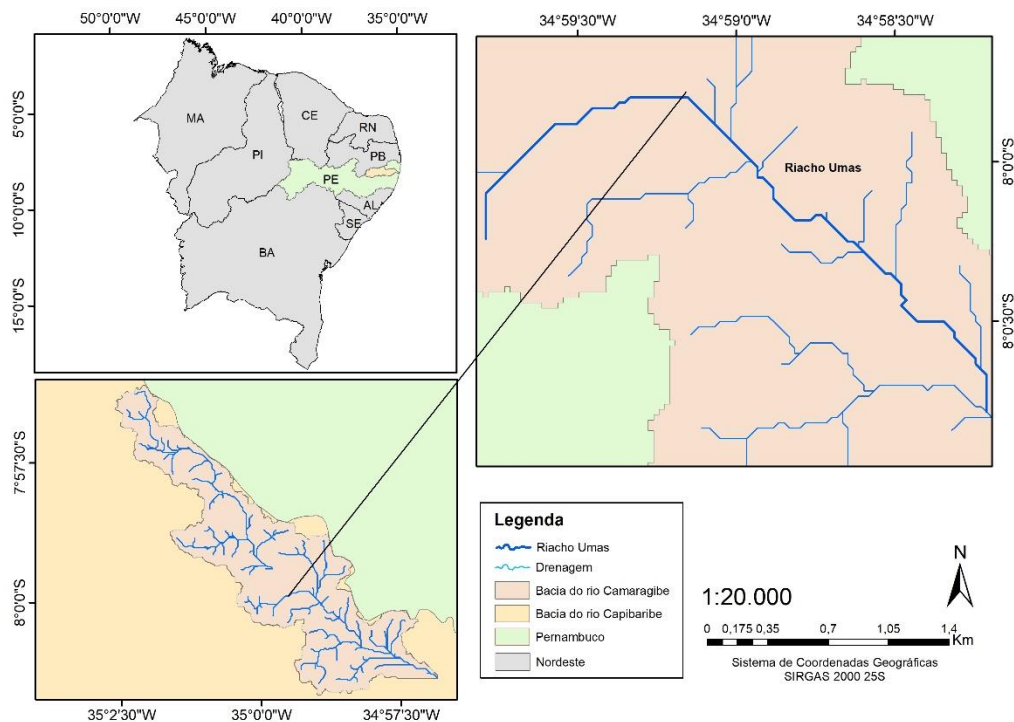
A *priori* surge a necessidade de indicar a escala de tempo utilizada na qual a periodicidade utilizada foi de evento instantâneo, cujo intervalo temporal dá-se de 0 a 1 conforme Brunsden (1996), aqui considerando-se o ano de 2014. Já a escala espacial é a de detalhe ao analisar o riacho Umas que se configura um canal de segunda ordem de aproximadamente 3,5 quilômetros de extensão, mais precisamente sua parte urbanizada de 1,5 quilômetro. Diante disso, de acordo com Slaymaker *et al.* (2009 p.3) a pesquisa busca compreender as mudanças cumulativas, ou seja, aquelas atreladas a mudanças de uso da terra e sua influência sobre o domínio fluvial.

A metodologia consistiu em relacionar ações das dinâmicas atmosféricas atuantes na área de estudo e entender a resposta do canal à esta entrada de energia. A precipitação foi indicada pelos gráficos de pluviosidade diária com os dados coletados na APAC (Agência Pernambucana de Águas e Climas), tais pluviômetros foram instalados pelo órgão na cidade de Camaragibe, onde se encontra a bacia a qual pertence o riacho Umas. As imagens de satélite foram coletadas no *site* do INPE (Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais) que foram organizadas visando indicar às dinâmicas atmosféricas se deslocando no tempo e no espaço. Portanto, os dados climáticos da pesquisa foram destacados para mostrar quais dinâmicas atuaram, assim como frequência e magnitude dos eventos.

A opção do horário dos dados diários está baseada em Zavatini e Boin (2013), no caso às 9h, já que corresponde a um horário sinótico (12 GMT – *Greenwich Mean Time*), um dos horários em que as cartas do tempo são fornecidas. A coleta de dados em horários específicos, associada a imagens sinóticas do tempo, fazem com que o estudo rítmico do clima permite uma análise geográfica do mesmo, com um tratamento genético, e consequente compreensão da gênese e evolução de sistemas sinóticos com propósitos geográficos (ZAVATINI e BOIN, 2013).



**Figura 1:** Localização do riacho Umas na bacia hidrográfica do rio Camaragibe.



**Fonte:** IBGE, adaptado pelos autores.

Para o estudo em questão foram analisados dois cenários específicos de fortes precipitações que ocorreram na Região Metropolitana do Recife e, por conseguinte, sobre a cidade de Camaragibe onde se encontra o riacho Umas. Portanto, foi realizado o campo para observação da resposta do respectivo canal aos processos pluviométricos ocorridos nos dias 27/06/2014 e 08/09/2014. Na atividade de campo realizada antes do período chuvoso mais significativo no dia 15/04/2014 foram feitos perfis transversais em escala de metros de 4 pontos no canal, traçados a partir dos *knickpoints* em escala de detalhe, permitida com a utilização da Estação Total TS02 Leica.

Por conseguinte, durante o monitoramento dos dias 27/06/2014 após o evento atmosférico e 08/09/2014 durante a ocorrência pluviométrica foram medidos os pontos de ocorrência de inundação com a utilização de trenas e posteriormente essas marcas foram plotadas nos gráficos gerados pela Estação Total (perfis transversais do canal) com objetivo de compreender até onde chegou o alcance da água em seu processo de transbordamento do canal. Portanto, os gráficos indicam a expansão do espelho d'água durante os episódios de pluviosidade. Posteriormente os registros fotográficos apontaram os ajustes do canal em imagens de antes e depois das chuvas.

Para uma representação mais detalhada da área de estudo foi elaborado um Modelo Digital do Terreno (MDT) a partir das curvas de nível da Companhia Pernambucana de Saneamento (COMPESA), em escala e 1: 2.000, com o intuito de representar em detalhe o canal fluvial estudado, já que as tentativas com

base de dados de menor escala não conseguiram representar com exatidão desejada o riacho Umas. A partir do MDT foi gerado o mapa de declividade das encostas correspondente ao Quadro 1 com base em metodologias de Dikau (1990), IPT (2002) e Valeriano (2003).

Com os vetores das curvas de nível da COMPESA e utilizando o *software* ArcGis 10.4 foram agrupadas com a ferramenta *editor/merge* e atribuídas seus valores relacionados a cotas altimétricas. Posteriormente, realizado um *Tin* para transformar estes vetores em um Modelo Digital do Terreno. A partir disso, foram feitos os mapas de declividade das encostas e direção do fluxo.

**Quadro 1:** Classes de declividade em graus.

Declividade	IPT
Plana	0 – 3°
Muito fraca	3 – 7°
Fraca	7 – 11°
Média	11 – 17°
Forte	17 – 27°
Muito forte	> 27°

Fonte: IPT (2002)

## RESULTADOS E DISCUSSÕES

A partir da construção de dois cenários de observação do riacho Umas, na tentativa de compreender seu comportamento diante das dinâmicas atmosféricas e a respostas do respectivo canal fluvial a elas, procurou-se entender esta relação processo-resposta diante dos eventos pluviométricos significativos na escala temporal de um ano.

Durante o mês de abril foi realizado o campo para obtenção dos gráficos correspondente ao perfil transversal do canal utilizando a Estação Total TS02 Leica para fazer o transecto em escala de metros. Posteriormente, os dois cenários subsequentes correspondem períodos de significativas precipitações as quais foram analisados e demonstrados nas respectivas representações. Todavia, divididos entre cenário pós-evento, ou seja, um dia após a chuva para evidenciar a sensibilidade do canal fluvial e o outro durante o evento de pluviosidade com intuito de indicar a inundação.

O município de Camaragibe, por se localizar próximo ao litoral, possui um clima tropical litorâneo, pois sobre a costa leste do Nordeste brasileiro se evidenciam máximas de precipitações anuais acima de 1.500 mm, cujas principais contribuições advêm de sistemas de brisas terra-mar e de episódios de Distúrbios Ondulatórios de Leste. Este último, responsável pelas máximas precipitações mensais entre maio e julho,



correspondem a aglomerados de nuvens remanescentes de Sistemas Frontais que se deslocam para as latitudes equatoriais durante o inverno austral (KAYANO; ANDREOLLI, 2009). Portanto, o período chuvoso da borda oriental do Nordeste dá-se no outono-inverno.

Com os dados da APAC no quadro 2 observa-se o quantitativo de precipitações em milímetros do município de Camaragibe em cada mês. Nota-se que os maiores totais mensais encontram-se entre maio e julho, corroborando com a afirmação acima.

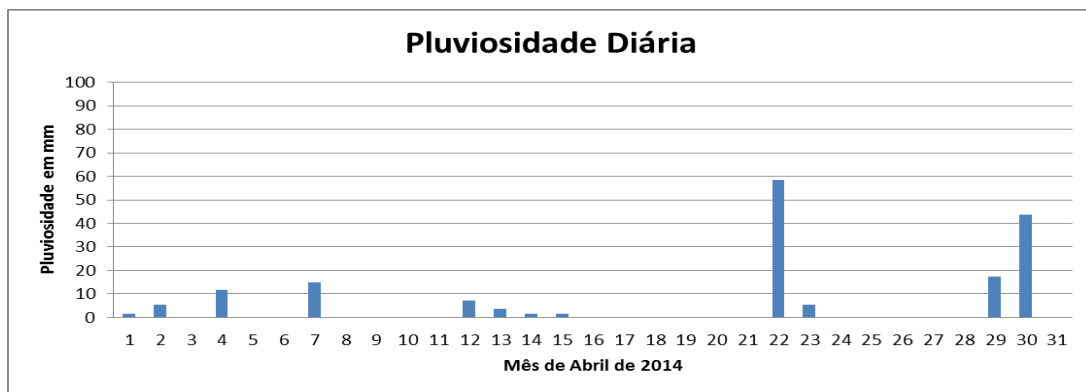
**Quadro 2:** Média mensal de precipitação do município de Camaragibe para o ano de 2014.

Mês 2014	Jan	Fev	Mar	Abri	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
mm	130,6	116,0	180,5	172,7	265,6	337,1	213,8	150,8	278,8	129,4	46,8	83,4

**Fonte:** APAC, adaptado pelos autores.

Contudo, com análises específicas feitas para o município de Camaragibe, onde está inserido o riacho Umas, identificou-se que o mês de abril de 2014 apresentou um volume de precipitação abaixo da média histórica (FIGURA 2), que permitiu, inclusive, a realização de uma atividade de campo com a Estação Total para traçar os transectos no canal. Já as fortes chuvas do mês de setembro foram fora do período de maior precipitação habitual da região, por conseguinte, anômalas para a média pluvial do mês em questão.

**Figura 2:** Gráfico de pluviosidade diária do mês de abril indicando poucos episódios de precipitação.



**Fonte:** APAC.

O mês de abril foi o período da realização do primeiro trabalho de campo, quando, segundo infoclima/progclima (CPTEC/INPE, 2014) a diminuição das chuvas na costa leste da região NE deu-se devido ao posicionamento do Anticiclone Subtropical mais próximo à costa leste do continente sul-americano, ou seja, foi associada a condições de bloqueio atmosférico que esteve presente tanto no mês de março, quanto no mês de abril, promovendo um menor volume de chuvas neste período de 2014. Apenas entre 22/04 e

30/04 ocorreram volumes pluviométricos maiores devido à ação de Distúrbios Ondulatórios de Leste (DOL), comuns no leste da costa nordestina durante o outono-inverno.

Ao tratar do mês de junho, realizou-se a avaliação do cenário pós perturbação. Segundo o infoclima/progclima (CPTEC/INPE, 2014) neste período houve a intensificação do El Niño Oscilação Sul (ENOS), além de ocorrências de anomalias negativas da Temperatura da Superfície do Mar (TSM) sobre o Atlântico Sul, ou seja, com atuação do fenômeno denominado Dipolo do Atlântico Tropical Negativo. Esta configuração gerou prognósticos que representariam condições favoráveis para o desenvolvimento de chuvas intensas sobre o leste da Região Nordeste.

Durante o mês de junho de 2014, segundo o infoclima/progclima (CPTEC/INPE), continua a atuação do ENOS e do aquecimento anômalo das águas em algumas áreas do Atlântico Sul, o que traz como consequência, entre outras, a maior probabilidade de precipitação sobre a costa leste do Nordeste brasileiro. Contudo, as precipitações mantiveram sua normal climatológica, comparando-as com os anos anteriores, porém abaixo da média se comparado ao ano de 2010, quando houve um evento extremo que atingiu a costa leste de Pernambuco e Alagoas que adentrou até a Zona da Mata destas respectivas unidades da federação, causando grandes prejuízos materiais e perdas de vidas humanas.

Como observado no gráfico de pluviosidade diária (figura 3) a frequência do evento em três dias consecutivos, principalmente aquele do dia 26/06/2014, foi que conduziu a respostas sobre o riacho Umas no que concerne a pequenos ajustes. Entretanto, ocorreram transtornos relevantes para a população ribeirinha devido ao processo natural de inundação. A precipitação de 50 mm do dia 25/06/2014, seguida posteriormente de pouco mais de 80 mm do dia seguinte, levaram a respostas sensíveis no canal fluvial.

Portanto, o fator principal para as respostas sensíveis foi à continuidade da precipitação, ou seja, o sistema morfológico do canal fluvial foi levado ao seu limiar pela quantidade de energia e matéria que adentraram ao sistema recorrentemente em curto período de tempo, embora do ponto de vista do ajuste do canal as respostas não foram significativas. Todavia, o processo de inundação atingiu a população que vivia as margens do riacho Umas causando transtornos.

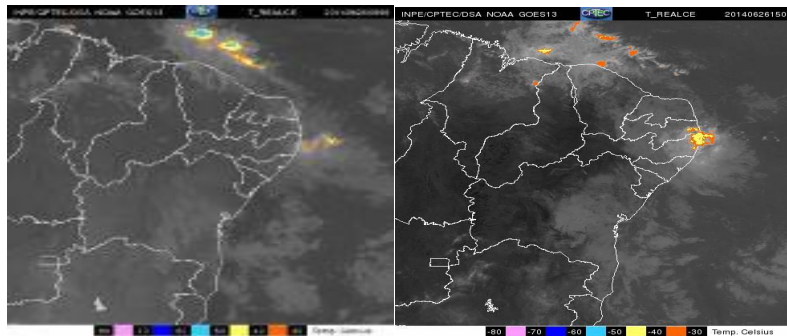
**Figura 3:** Pluviosidade diária do mês de junho indicando os três dias de precipitações significativas.



**Fonte:** APAC adaptado pelos autores.

As chuvas do período aqui considerado foram características dos DOL, cuja atuação fica mais evidenciada nas imagens do satélite GOES 13 do dia 26/06/2014, quando a dinâmica no tempo e no espaço pode ser verificada nas imagens das 9h e 15h para a Região Nordeste (Figura 4).

**Figura 4:** Imagens do satélite Goes 13 realçada indicando o deslocamento DOL sobre a costa leste do NE. Os respectivos horários são 9h e 15h do dia 26/06.



Fonte: CPTEC/INPE.

A análise da dinâmica do riacho Umas foi realizada no trabalho de campo do dia 27/06/2014, justamente depois de dois dias com precipitações relevantes (50 mm - 25/06/2014 e 80 mm - 26/06/2014), que causaram reajustes ao canal.

Estas perturbações atmosféricas sucedem, de acordo com Phillips (2009), a instabilidades a morfodinâmica devido a *inputs* de energia incomuns ao sistema fluvial, as quais implicam em pequenas variações nas condições iniciais que podem conduzir a diferenças maiores posteriormente. Portanto, os efeitos de pequenas perturbações podem crescer e persistir, promovendo instabilidades às dinâmicas até então em vigor. A sensibilidade de um sistema é definida por suas especificações, as quais descrevem sua propensão para as mudanças, mas também sua capacidade de absorver qualquer força de distúrbio. As respostas observadas no riacho Umas ou canal da Brasépola foram pequenas perturbações, contudo a continuidade destas pode levar a distúrbios mais significativos *a posteriori*.

Dessa maneira, como indicado por Brierly e Fryirs (2005) os rios estão em constante alteração, portanto sempre reajustando sua forma, por conseguinte, os ajustes que ocorrem sobre o canal a partir da entrada de energia e matéria provocam respostas cumulativas e ficam como registro dos recentes acontecimentos.

As avaliações das respostas do sistema as diferentes formas de perturbação levam em consideração a capacidade de recuperação depois dos ajustes. Os eventos pluviométricos sobre o riacho Umas conduziram a respostas como a erosão da margem direita em seu trecho meandrante após a retirada da vegetação ripária pela força da água, além de partes do canal com vegetação ciliar retorcida, pontes improvisadas que foram levadas pela força da água, margens as quais sofreram erosão e danificaram

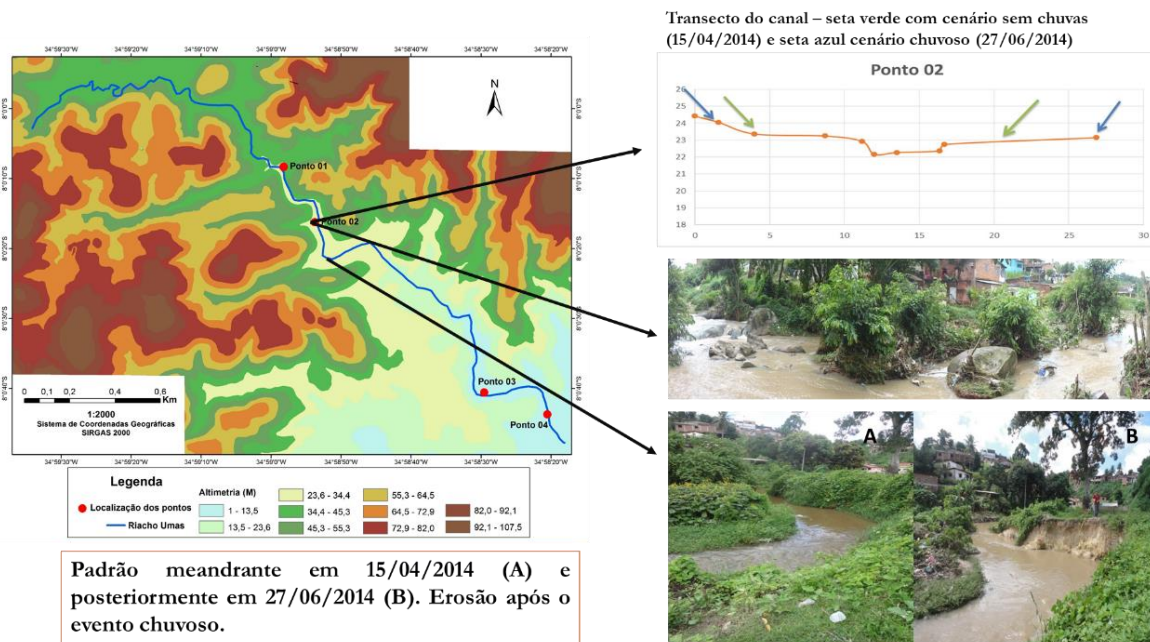
passagem de pedestres (Figura 05). Portanto, o ajuste natural de um rio em um contexto urbano pode conduzir a impactos que afetam a população ribeirinha. Por conseguinte, a recuperação do canal após as perturbações neste contexto torna-se mais complexa devido a variável uso e ocupação da terra sobre a bacia hidrográfica.

De acordo com Brierly e Fryirs (2005) a prática de diferenciação a mudança de comportamento é variável conforme cada tipo de rio, portanto pode ser flexível diante dos atributos geomorfológico de cada sistema fluvial. Assim, no caso do riacho Umas, mesmo em sua escala de detalhe, a mudança no padrão do curso do canal em seu médio e baixo curso indicou respostas diferentes em relação às perturbações. Onde o canal é encaixado e de fundo rochoso, não ocorreram ajustes (trecho com capacidade de absorção dos impactos de acordo com a magnitude do evento), apenas indícios dos pontos de inundação observados na vegetação ripária. Entretanto, nas áreas de padrão meandrante, houve ajustes na margem direita, enquanto no padrão do riacho Umas, na qual o vale é lateralmente não-confinado, sucedeu maior expansão da água durante a inundação.

No mapa e imagens da figura 05 se observou algumas respostas. No ajuste lateral do riacho Umas as precipitações provocam pequena perturbação do canal a partir da erosão observada na margem côncava, cuja continuidade pode conduzir a mudanças no curso do canal. Ademais, por se tratar de um trecho com ocupação urbana, a alteração do canal pode conduzir a situação de susceptibilidade aos efeitos de inundações a população que margeia o canal fluvial em questão.

A retirada da vegetação das margens, principalmente da margem direita, com a presença do terraço fluvial, deixou esta feição geomorfológica susceptível a processos erosivos laterais durante eventos de enchentes e inundações (Figura 5, primeira imagem). Na segunda imagem (Figura 5) verificam-se rochas e vegetação dentro do canal como pequenas descontinuidades naturais, como também nas margens, evidências da perturbação que houve sobre o riacho Umas, expondo registros de sensibilidade desta paisagem. Contudo, em virtude de sua morfologia de fundo, estas perturbações não torna o canal instável.

**Figura 5:** Mapa do MDE, gráfico do trecho do canal e imagens do processo de perturbação do riacho Umas.



**Fonte:** Curvas de nível da Compesa, adaptado pelos autores. Gráfico feito com a Estação Total. Registros realizados pelos autores.

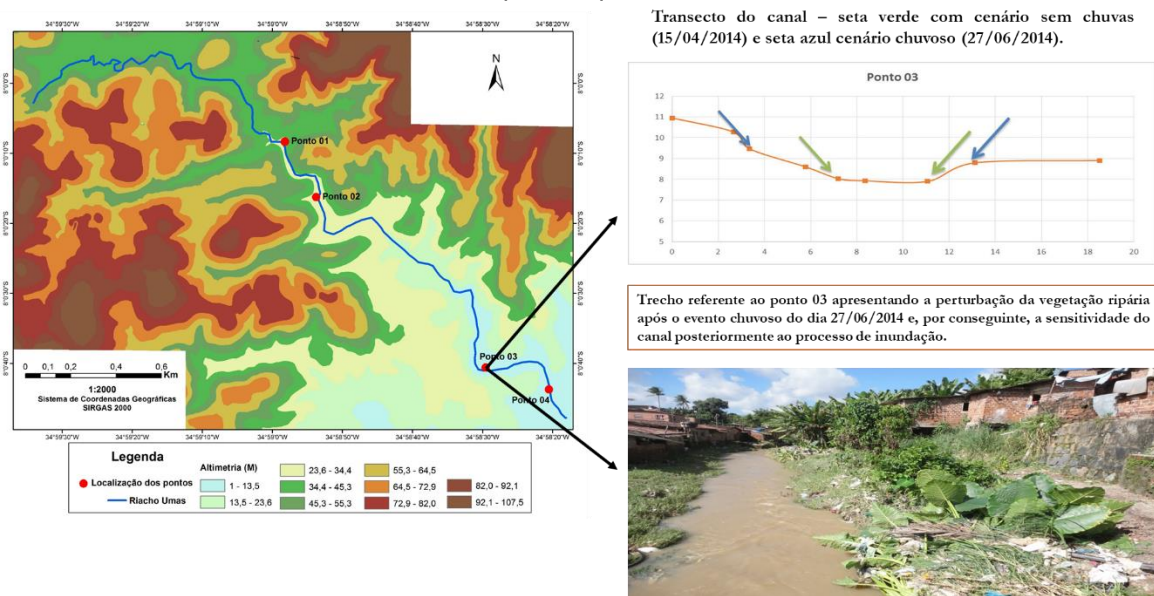
No baixo curso do riacho Umas, que segue até o seu encontro com o rio Camaragibe, em formato do vale em manjedoura, tem-se uma ausência de competência do canal em provocar incisão, o que promove a expansão do fluxo para a planície de inundação, que está totalmente ocupada de forma irregular por estruturas residenciais.

Ficou evidente que, conforme o padrão natural do formato do vale, a susceptibilidade a inundações bruscas em dias de fortes e recorrentes precipitações é perceptível. O *feedback* com o rio Camaragibe afigura-se com a forte entrada de energia e matéria, com destaque a grande quantidade de material tecnogênico jogado no canal estudado e posteriormente levado durante os episódios de inundação até o rio principal da sub-bacia. Por conseguinte, neste contexto sistêmico, os impactos destes processos ocorrem subsequentemente no rio onde desagua o riacho Umas em um efeito cascata.

As casas da margem esquerda foram as mais atingidas diante dos eventos de inundação brusca, já que neste ponto as residências da margem direita encontram-se no patamar dos terraços abandonados, sendo que algumas já com intervenções de proteção a inundações, como muros de contenção. A vegetação ripária retorcida indica o grau de perturbação que houve quando do evento, além do nível atingido pela água, este último representado no gráfico da figura 6.



**Figura 6:** Mapa do MDE, gráfico do trecho do canal e imagem da perturbação da vegetação ripária do riacho Umas ou canal da Braspérola após o evento de inundação.



**Fonte:** Curvas de nível da Compesa, adaptado pelos autores. Gráfico feito com a Estação Total. Registros realizados pelos autores.

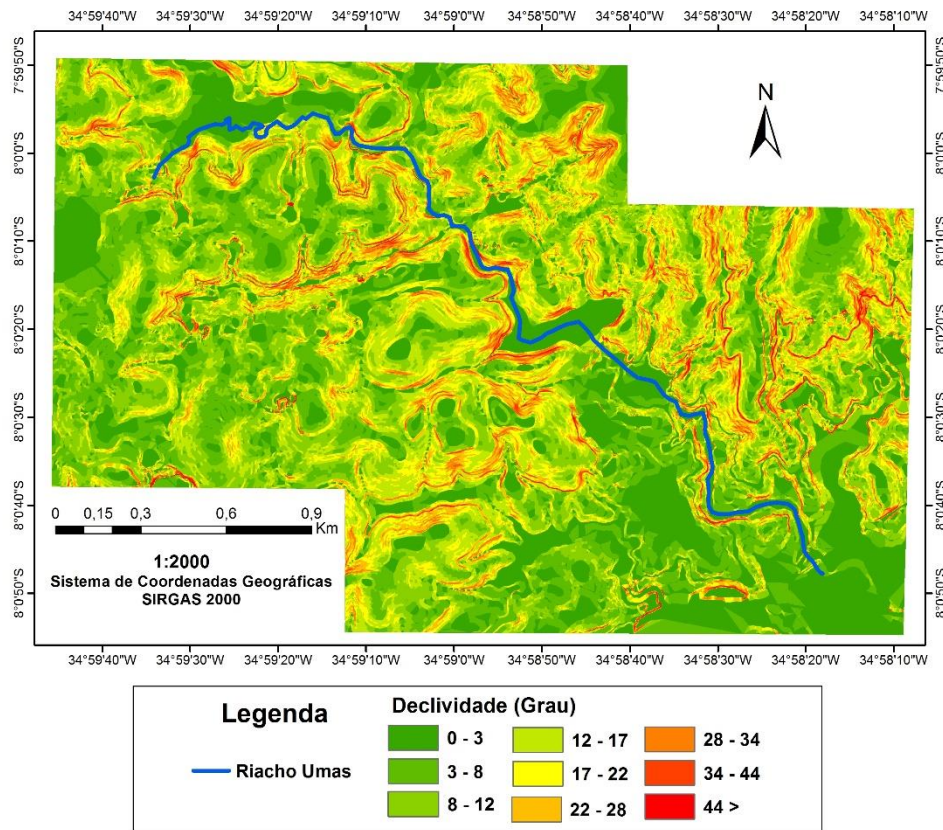
Em relação às assembleias de formas de relevo que configuram a paisagem ao longo do vale do riacho Umas foi confeccionado um mapa para entender a fisionomia das encostas que circundam o referido canal fluvial, visando compreender a conectividade destas feições que compõem o domínio interfluvial com o riacho Umas.

Tomando como base a declividade das encostas que compõe o entorno do canal, foi constatado padrões de angulação fortes, cuja variação das mais íngremes estão entre 22 e 44 graus, como indicado no mapa da Figura 7. Por conseguinte, devido à ação gravitacional, o fluxo hídrico em conectividade com as vertentes com maior inclinação, além da impermeabilização das encostas por conta da urbanização, promove um intenso fluxo hídrico resultante do escoamento superficial, que adentra ao canal com grande velocidade, aumentando a susceptibilidade a inundações bruscas.

Diante das observações das respostas ocorridas sobre o riacho Umas, ficou evidente que os eventos que atingiram o canal fluvial neste período de análise não provocaram *feedbacks* positivos, isto posto, a interpretação a qual se tem é que esta unidade de relevo se encontra sobre estabilidade assintótica, conceito abordado por Phillips (1992), cujo contexto geomorfológico é a interpretação da estabilidade em resposta a perturbações que não são graves o suficiente para destruir os mecanismos de *feedback*. Portanto, o riacho Umas indicou uma capacidade de resiliência diante dos eventos chuvosos de 2014 em alguns pontos do canal enquanto outros ocorreram pequenos ajustes.



**Figura 7: Mapa de declividade das encostas.**

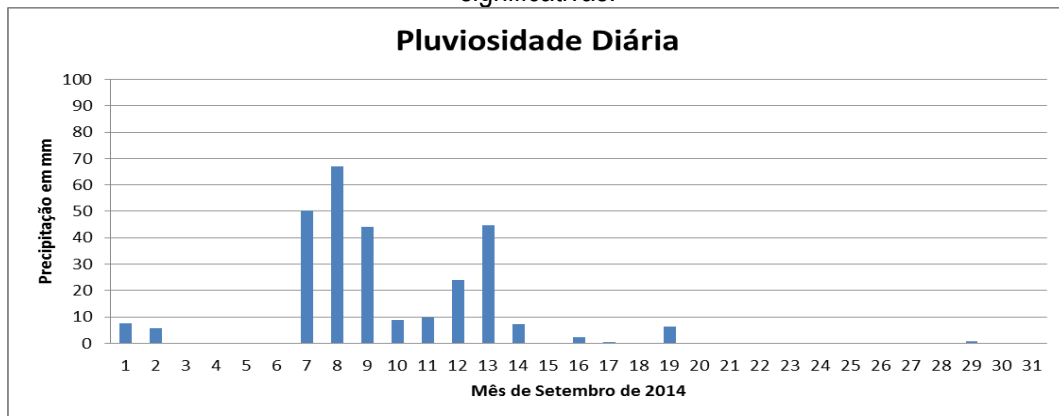


**Fonte:** Curvas de nível da COMPESA, adaptado pelos autores.

O terceiro cenário só foi possível devido a episódios de chuva no mês de setembro de 2014, ou seja, um padrão não habitual das dinâmicas atmosféricas que atuam sobre a costa leste do Nordeste, já que os períodos de maior probabilidade de pluviosidade nesta parte do país são nos meses iniciais do inverno austral (junho, julho e agosto). No referido mês ocorreram significativas precipitações durante sua primeira quinzena, com destaque para os dias 07, 08 e 09 de setembro, cujo volume de pluviosidade diária chegou no dia 08/09 a quase 70 mm (Figura 10). A recorrência dos eventos em três dias seguidos foi culminante para acarretar respostas sobre o riacho Umas, no que se refere, principalmente, a inundações.

De acordo com o infoclima/progclima (CPTEC/INPE) as dinâmicas causadoras de precipitação sobre a costa leste de Pernambuco foram, basicamente, causadas por brisas marinhas, atreladas a Distúrbios de Ondas de Leste (DOLs), estes últimos atuantes desde o Rio Grande do Norte até a Bahia. Por vezes, os DOLs podem ser fortalecidos por pulsos barométricos trazidos por Frentes Frias em processo de tropicalização (GIRÃO *et al.*, 2006).

**Figura 8:** Gráfico de pluviosidade diária do mês de setembro indicando os três dias de precipitações significativas.



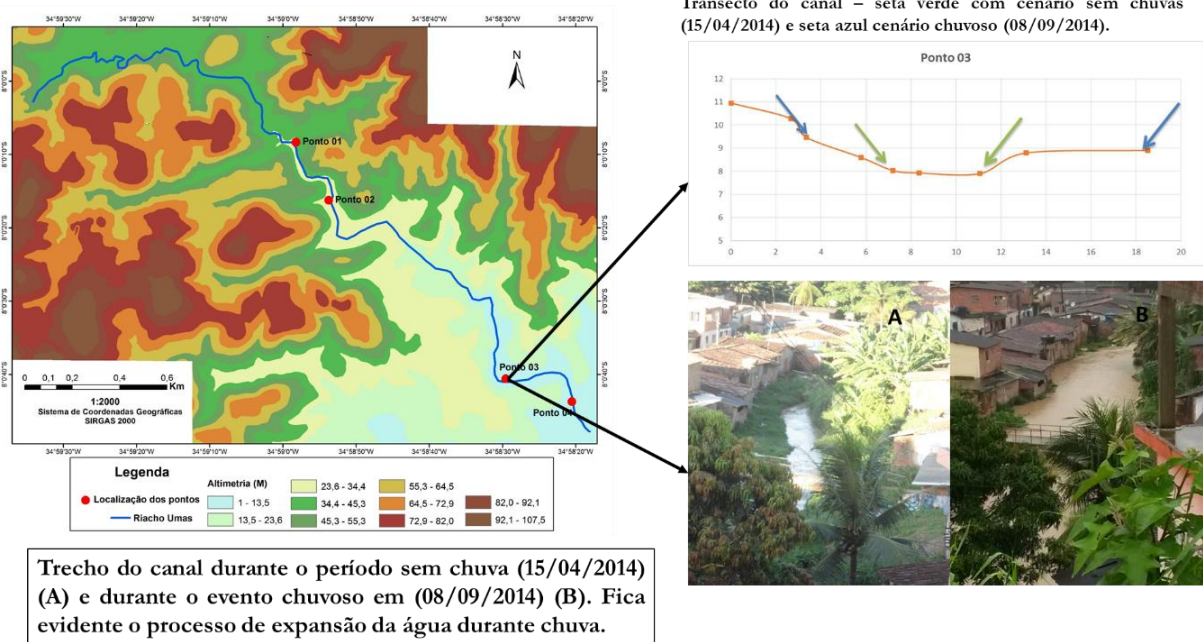
**Fonte:** APAC adaptado pelos autores.

Utilizando como exemplo o baixo curso (ponto 03) durante o processo de perturbação ocasionado pelas precipitações ocorridas nos dias 08 e 09 de setembro, observou-se o comportamento do fluxo hídrico diante do vale lateralmente não-confinado, cujos ajustes horizontais são percebidos pela expansão da água sobre a planície de inundação do canal fluvial com material para deposição predominantemente de carga suspensa. Esta é uma relação natural de um ambiente fluvial. Contudo, quando entra nesta dinâmica relacional, à variável antrópica, se torna um perigo para a população que ocupa de forma indevida a planície de inundação quando de eventos pluviiais intensos.

As razões que conduziram a ocupação urbana nesta área não são discutidas, por não ser objetivo da pesquisa, entretanto, as questões socioeconômicas podem ser apontadas como uma das razões principais, tomando por base o índice Gini (0,58) do município de Camaragibe, ou seja, quanto mais perto de 1 (um) maior é a relação de desigualdade. Ademais, a ausência de políticas públicas habitacionais e a não aplicação da lei municipal de uso e ocupação do solo (lei 032/97), que classifica esses ambientes como Área de Urbanização Restrita (AUR), ou seja, espaços urbanos, que pela sua geomorfologia desfavorável à urbanização comportam um baixo potencial construtivo, que constitui fator que corrobora para a potencialização dos eventos de inundações que afetam recorrentemente moradores ribeirinhos.

A Figura 9 corresponde ao mesmo trecho do riacho Umas no período sem chuva, e posteriormente sobre ação de significativa precipitação do dia 08/09/2014. Em vista disso, durante a ocorrência pluviométrica a resposta no baixo curso deu-se a partir da expansão do fluxo hídrico para as planícies de inundação, causando significativos transtornos à população.

**Figura 9:** Mapa do MDE, gráfico do trecho do canal e imagens do processo de inundação do riacho Umas ou canal da Braspérola.



**Fonte:** Curvas de nível da COMPESA, adaptado pelo autor. Gráfico feito com a Estação Total. Registros realizados pelos autores.

É evidente que essas inundações não levaram a relevantes perdas materiais e muito menos foi registrado perdas de vidas humanas no domínio fluvial em questão. Entretanto, ocorrem transtornos significativos como o contato destes habitantes com a água, principalmente aqueles que precisaram sair de suas casas quando dos eventos. Algumas pontes ficam sem acesso durante o processo de inundação, dificultando a locomoção dos moradores de um lado a outro do canal fluvial.

As formas fluviais e interfluviais (entorno do riacho Umas) são elementos importantes para entender o comportamento durante os episódios de inundação brusca. O processo de urbanização nos arredores do canal fluvial levou a impermeabilização das encostas cuja resposta imediata consiste no aumento do fluxo superficial a qual como consequência conduz o fluxo hídrico ao nível de base local, ou seja, o riacho Umas. Todavia, as configurações diferenciadas de trechos do canal processam respostas diferentes no que se refere a ajustes e inundação. As respostas no rio subsequente (rio Camaragibe) também dependem das variações morfológicas do riacho Umas, quantidade de material tecnogênico no sistema e intensidade da chuva.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Canais fluviais são unidades morfológicas extremamente dinâmicas e variáveis sujeitos a adaptações naturais e no caso do riacho Umas ou canal da Braspérola também inclui-se a variável urbana. Estudar as relações dinâmicas complexas e não lineares entre ações atmosféricas e suas respostas no que se refere à

sensibilidade e inundação sobre bacias hidrográficas e conseqüentemente rios, pode ser uma perspectiva de análise relevante para a gestão desses espaços.

Os resultados, na escala de tempo, utilizados na pesquisa em relação ao nível de onde a água advém durante os eventos chuvosos foram praticamente os mesmos, com pouca variação nos quantitativos pluviométricos e no nível do fluxo hídrico ao longo da inundação no decorrer dos eventos chuvosos. Embora a característica não habitual dos sistemas atmosféricos ficou evidente diante das precipitações de setembro. Na escala espacial, mesmo que de detalhe, observou-se variabilidade das respostas principalmente diante das diferenças da morfologia do canal.

A sensibilidade do riacho Umas foi observada durante a escala de tempo utilizada no trabalho (0 a 1 ano), neste caso 2014, variando de acordo com a morfologia do canal fluvial e como estas respondem de forma diferente as perturbações. Conectividade existente entre vertente-canal, principalmente em áreas impermeabilizadas, contribui com os episódios de inundações bruscas devido à urbanização e morfologia da bacia.

Há de salientar que diante da escala de tempo utilizada e da dinâmica atmosférica de baixa pluviosidade as respostas encontradas sobre o riacho Umas não provocaram *feedback* positivo, configurando, portanto, um quadro de estabilidade assintótica, ou seja, as perturbações ocorridas sobre o riacho Umas durante o ano de 2014 levaram a pequenos reajustes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BOTELHO, R. G. M.; SILVA, A. S. Bacia hidrográfica e qualidade ambiental. In: VITTE, A. C.; GUERRA, A. J. T. **Reflexões sobre a Geografia Física Brasileira**. 2ª.ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2011. p. 153-192.
- BRIERLEY, G. J.; FRYIRS, K. A. **Geomorphology and river management: applications of the river styles framework**. Victoria: Blackwell Publishing (commerce place, 350 main street, Malden, ma02148, USA), 2005. 398p.
- BRUNSDEN, D. **A critical assessment of the sensitivity concept in geomorphology**. *King's College, London, Strand, London, UK, Catena* v. 42, p. 99-123, 2001.
- BRUNSDEN, D. **Geomorphological events and landform change**. *Zeitschrift für Geomorphologie*, v. 40, p. 273-288, 1996.
- CHRISTOFOLETTI, Antônio. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. São Paulo: Edgar Blucher, 1999 7ª reimpressão.
- CPTEC – INPE - Centro de Previsão do Tempo e Estudos Climáticos do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais <<http://www.inpe.br/>> Acessado em 28/11/2014 às 14h25min.
- CPTEC/INPE – Infoclima: **Boletim de informações climáticas**. Ano 21, número 4, Mês de Abril de 2014.
- CPTEC/INPE - Infoclima: **Boletim de informações climáticas**. Ano 21, número 6, Mês de Junho de 2014.
- CPTEC/INPE - Infoclima: **Boletim de informações climáticas**. Ano 21, número 9, Mês de Setembro de 2014.

- DIKAU, R.H. **Derivatives from detailed geoscientific map using computer methods**. Z. Geomorph. N. F. Suppl. Bd. 80. Berlin-Stuttgart, p. 45-55, 1990.
- GIRÃO, Osvaldo e CORRÊA; Antonio Carlos de Barros GUERRA, Antonio José Teixeira. Influência da climatologia rítmica sobre áreas de risco: O caso da Região metropolitana do Recife para os anos 2000 e 2001. In: **Revista de Geografia**, vol. 23, n. 1, 2006, p. 3-40.
- INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. Assessoria técnica para a estabilização de encostas, recuperação da infraestrutura urbana e reurbanização das áreas de risco atingidas por escorregamentos na área urbana do município de Campos do Jordão, SP. **Relatório Técnico 64.399**, São Paulo, 2002.
- JORGE, M.C.O. Geomorfologia urbana: Conceitos, metodologias e teorias. In: Antônio Jose Teixeira Guerra. (Org.). **Geomorfologia Urbana**. Rio de Janeiro: Bertrand, 2011, v. 1, p. 117-145.
- KAYANO, M.T.; ANDREOLI, R.V.; Clima da Região Nordeste do Brasil. In: CAVALCANTI, I. F. A, FERREIRA, NELSON J. , DIAS, M. ASSUNÇÃO F. da SILVA, SILVA, M. GERTRUDES A. JUSTI da. **Clima e Tempo no Brasil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2009.
- KOBIYAMA, M.; MENDONÇA, M.; MORENO, D.A.; MARCELINO; I.P.V.O; MARCELINO, E.V.; GONÇALVES, E.F.; BRAZZETTI, L.L.P.; GOERL, R.F.; MOLLERI, G.S.F.; RUDORFF; F.M. **Prevenção de desastres naturais: conceitos básicos**. Curitiba-PR: Organic Trading, 1ª Edição, 2006.
- LIMA, W. P.; ZAKIA, M. J. B. **Indicadores hidrológicos em áreas florestais**. IPEF v. 12, n. 31, p. 53-64. 1998.
- MORAES NOVO, E. M. L. Ambientes fluviais. In: FLORENZANO, T.; **Geomorfologia - conceitos e tecnologias atuais**. Oficina do Texto: São Paulo, 2008, 318 p.
- PHILLIPS, J. D. **Nonlinear dynamical systems in geomorphology: revolution or evolution?** Department of Geography and Planning, East Carolina University, Greenville USA, 1992.
- RODRIGUES, C.; MOROZ-CACCIA GOUVEIA, I.C. Importância do fator antrópico na redefinição de processos geomorfológicos e riscos associados em áreas urbanizadas do meio tropical úmido. Exemplos na Grande São Paulo. In: GUERRA, A. J. T. & OLIVEIRA JORGE, M. C. (org), **Erosão e Movimentos de Massa: Recuperação de Áreas Degradadas e Prevenção de Acidentes**, 2013.
- SLAYMAKER, O.; SPENCER, T.; EMBLETON-HAMANN, C.; **Geomorphology and Global Environmental Change**. Cambridge University Press. Cambridge (UK), 2009. p. 434.
- SUMMERFIELD, M.A. **Global geomorphology – an introduction to the study of landforms**. Longman Scientific & Technical, 1991 - 537 páginas.
- VALERIANO, M. M. Curvatura vertical de vertentes em micro bacias pela análise de modelos digitais de elevação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.7, n.3, p.539-546, 2003.
- ZAVATTINI, J. A.; BOIN, M. N. **Climatologia geográfica: teoria e prática de pesquisa**. Campinas – SP: Ed. Alínea, 2013.