

## MODELAGEM DE GEOFORMAS PARA MITIGAÇÃO DO RISCO GEOAMBIENTAL EM GARANHUNS-PE

LANDFORM MODELING FOR MITIGATION OF GEOENVIRONMENTAL RISKS IN GARANHUNS-  
PE

MODELADO DE ACCIDENTES GEOGRÁFICOS PARA MITIGACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL  
EN GARANHUNS-PE

Felippe Pessoa de Melo  
Universidade Federal de Sergipe - UFS  
[felippemelo@hotmail.com](mailto:felippemelo@hotmail.com)

Rosemeri Melo e Souza  
Universidade Federal de Sergipe - UFS  
[rome@ufs.br](mailto:rome@ufs.br)

Jurandy Luciano Sanches Ross  
Universidade de São Paulo - USP  
[juraross@usp.br](mailto:juraross@usp.br)

### Resumo

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o grau de risco de eventos relacionados com os parâmetros precipitação e relevo, através do recurso da modelagem geoespacial no programa Surfer, tendo como área de estudo os perímetros: urbano e periurbano do município de Garanhuns-PE. Optou-se por utilizar a krigagem, devido suas características possibilísticas, sendo assim os valores introduzidos no banco de dados são extrapolados, o que possibilita simular ambientes. A área em questão, possui um relevo predominantemente de morros com média altimétrica de 850 m, sendo marcado por grandes amplitudes topográficas. Apesar de estar situado nos domínios do clima semiárido, caracteriza-se como uma área de exceção, com precipitação média anual superior a 80 mm, destacando-se o mês de julho (155,8 mm), tem temperaturas amenas, média de 21,6°C. Nesse contexto, o sítio urbano municipal foi assentado e expandiu-se em direção as encostas dos vales, as quais já eram usadas para descartar os esgotos residenciais e para práticas agrícolas de subsistência. Mas, já existem evidências de que o processo de uso e ocupação para fixação de residências alcançou o fundo dos vales, como no caso do vale do bairro Dom Helder Câmara. Equacionando o risco na localidade, já que os fundos de vales além de receberem o fluxo hídrico concentrado, são zonas de acomodação e acumulação dos resultantes dos movimentos de massas. Sendo assim conclui-se que existe um aumento dos riscos.

Palavras-chave: risco, modelagem, fluxo hídrico.

### Abstract

This study aimed to assess the risk level of events related to precipitation and land relief parameters, through use of geospatial modeling from the Surfer software, having urban and peri-urban perimeters of Garanhuns-PE municipality as area of study. Kriging was used due to its possibilistic characteristics; therefore the values entered in the database were extrapolated, making it possible to simulate environments. The area in question has a terrain of predominantly hills with an average altimetry of 850 m, marked by big altitude differences. Although in the fields of semi-arid climate, it is characterized as an area of exception, with an average annual rainfall exceeding 80 mm, especially in July (155,8 mm), and mild temperatures with an average of 21,6°C. In this context, the urban site settled and expanded itself towards the slopes of the valleys, which were already being used for residential sewage disposal and agricultural practices of subsistence. However, there is evidence that the process of land use, to settle residences, has reached the

bottom of the valleys as in the valley of Dom Helder Camera neighborhood. Leading to risk in the location, since the valley bottoms besides receiving the concentrated water flows, are also zones of accommodation and accumulation of resulting mass movements. Therefore it is concluded that there is an increase of risks

Keywords: risk, modeling, water flow.

## Resumen

El estudio tuvo como objetivo evaluar el grado de los riesgos relacionados con los parámetros de la precipitación y relieve, a través del uso de geoespacial modelar el programa Surfer, el área de estudio los perímetros: urbana y periurbana, del municipio de Garanhuns-PE. Decidimos utilizar el kriging porque sus características possibilísticas, así por lo que los valores introducidos en la base de datos se extrapolan, por lo que es posible simular ambientes. La zona en cuestión, tiene un relieve predominantemente de colinas con una altimetría media de 850 m, marcado por grandes diferencias de altitud. Aunque está situado en los campos de clima semiárido, se caracteriza como una zona de excepción, con precipitación media anual superior a 80 mm, especialmente el mes de julio (155,8 mm), tiene temperaturas suaves, con una medio de 21,6°C. En este contexto, el sitio urbano municipal estaba sentado y se expandió hacia las laderas de los valles, los cuales ya fueron utilizados para disponer de las prácticas agrícolas de subsistencia de aguas residuales residenciales. Pero existe evidencia de que el proceso de uso y ocupación para la fijación de las residencias llegó al fondo de los valles, como en el valle del barrio Dom Helder Camara. Igualando el riesgo en la ubicación, ya que los fondos de los valles además de recibir los flujos de agua concentrados son zonas de alojamiento de acumulación y el movimiento resultante de la masa. Por lo tanto se concluye que hay un aumento del riesgo.

Palabras-clave: riesgo, modelado, flujo de fluidos.

## Introdução

Desde que o homem deixou de ser nômade, passou a interagir de maneira mais complexa com a natureza, realizando transformações na paisagem, para que ela lhe fornecesse cada vez mais recursos, em um espaço temporal mais reduzido. Característica essa que seguiu de forma linear até a presente data. Adicionando a esse contexto, o aumento populacional e o desgaste dos recursos naturais ao longo do tempo, tem-se como resultante um cenário geoambiental desestruturado e com sinais claros de exaustão das reservas naturais. Contexto esse que coloca a humanidade em risco.

A paisagem é resultante da integração de um conjunto de elementos litológicos, climáticos, geomorfológicos, biológicos e interferências socioeconômicas políticas e culturais, sendo resultantes de ininterruptas transformações, de ordem antropogênica e/ou por agentes naturais (RESENDE; SOUZA, 2009). Problemática essa que vem alavancando inúmeros debates na sociedade, os quais possuem como intersecção: gestão dos recursos restantes, recuperação das áreas degradadas, redução dos impactos ambientais e risco.

Segundo Veyret (2013), o risco é um objeto social, define-se como a percepção do perigo, da catástrofe possível. Existindo apenas em relação a um indivíduo e a um grupo social ou profissional, uma comunidade, uma sociedade que o apreende por meio de representações mentais e como ele convive por meio de práticas específicas. Não há risco sem uma população ou indivíduo que o perceba e que poderia sofrer seus efeitos. Correm-se riscos, que são assumidos, recusados, estimados, avaliados, calculados. O risco é a tradução de uma ameaça, de um perigo para aquele que está sujeito a ele e o percebe como tal.

No caso específico da área em questão destacam-se entre os demais riscos os relacionados a movimentos de massas, devido a dinâmica entre modelo de uso e ocupação (crescimento urbano

desordenado e os aspectos fisiográficos elevada amplitude topográfica, precipitação média anual superior a 80 mm, vertentes abruptas...)

Conforme Guerra (2010), os processos de urbanização e industrialização têm tido um papel fundamental nos danos ambientais ocorridos nas cidades. O fugaz crescimento causa uma pressão significativa sobre o meio físico urbano, tendo as consequências mais variadas, tais como: poluição atmosférica do solo e das águas, movimentos de massas, enchentes, entre outras.

Nesse contexto, as tecnologias do Sensoriamento Remoto e Sistemas de Informações Geográficas (SIGs), se configuram como subsídios primordiais e não soluções. A primeira, além de realizar a varredura dos alvos na superfície terrestre, pode estimar fenômenos como albedo, temperatura, estresse hídrico da vegetação... conciliada com o SIG, torna possível a interpolação, edição, modelagem e confecção de produtos cartográficos, a partir das informações contidas no Banco de Dados (BD) geográficos, independentemente de estarem em formatos matriciais e/ou vetoriais, até mesmo com cronologias diferentes.

O recurso da modelagem é um subsídio tecnológico que permite desde a estimativa de fenômenos pretéritos até mesmo de possíveis cenários futuros. Isto é, partindo do princípio que o BD esteja suprido de dados confiáveis e que eles sejam capazes de representar o fenômeno e/ou ambiente pretendido. Requisitos esses impossíveis, logo, a inclusão de dados em um BD, fica atrelada a percepção do pesquisador. E por mais simples que a realidade aparente ser, o homem não possui a capacidade de entendê-la, nem tão pouco de mensurá-la a partir de variáveis. Situação teórica e metodológica essa que não desmerece a modelagem, pelo contrário, reforça o fato de que, ela é um importante recurso para compreensão das possíveis realidades, ou seja, prevenção.

Segundo Christofolletti (1999), a modelagem constitui-se como um procedimento teórico englobando um conjunto de técnicas com o propósito de compor um quadro simplificado e inteligível do mundo, como atividade de reação do homem perante a complexidade aparente do cenário que o envolve. É um procedimento teórico pois consiste em compor uma abstração da realidade, em função das concepções de mundo, trabalhando no campo da abordagem teórica e ajustando-se e/ou orientando experiências empíricas.

Além do mais, os SIGs realizam operações matemáticas partindo do princípio euclidiano, ou seja, a menor distância de um ponto para qualquer outro é uma linha reta. Mas, na geografia as análises são bem mais complexas. Tendo que ser consideradas e/ou ponderadas as superfícies de impedância entre os alvos.

A maneira mais trivial de determinar a distância entre dois pontos em um plano cartográfico é através de uma linha entre eles, e posteriormente, pela medição da mesma. Entretanto, a distância da medida de afastamento na geografia, não se restringe as superfícies de distanciamentos entre objetos. Assim, são consideradas as inter-relações existentes nesse arranjo espacial. Tais condicionantes se constituem em restrições, sendo conhecidas como impedâncias ou fricções ao movimento (FERREIRA, 2014).

Uma questão crucial que deve ser levada em consideração nos mais distintos procedimentos de interpolação, é o método estatístico que irá balizar a pesquisa. Logo, a escolha dele irá determinar o padrão dos resultantes que será obtido. Ao optar-se por um método determinístico (IDW), deve-se ter em mente que seus resultados nunca ultrapassarão os valores máximos e mínimos introduzidos no BD, já um possibilista

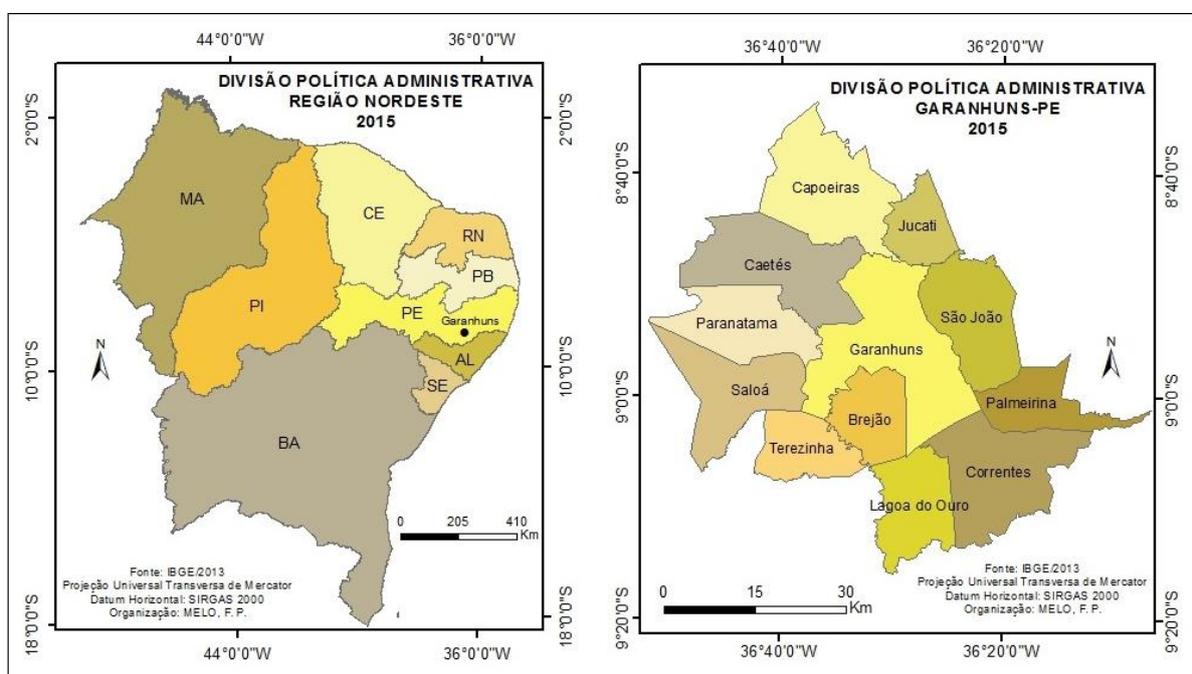
(Krigagem), implicará em resultados que transgridem as informações adicionadas no BD, ou seja, os valores máximos e mínimos podem ser extrapolados.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o grau de risco de eventos relacionados com os parâmetros precipitação e relevo, através do recurso da modelagem geoespacial no programa Surfer, tendo como área de estudo os perímetros: urbano e periurbano de Garanhuns-PE.

## Caracterização da Área de Estudo

### Localização

O município de Garanhuns, fica localizado na região Nordeste, no estado de Pernambuco, na mesorregião do Agreste, sendo delimitado pelas coordenadas geográficas de:  $-8^{\circ} 51' 37''$  /  $-8^{\circ} 55' 40''$  e  $-36^{\circ} 26' 06''$  /  $-36^{\circ} 30' 52''$ . Fazendo divisa com as cidades: Capoeiras, Jucati, Correntes, Lagoa do Ouro, Brejão, Terezinha, São João, Palmeirina, Saloá, Paratama e Caetés (Figura 01).



**Figura 01:** Localização da área de estudo.

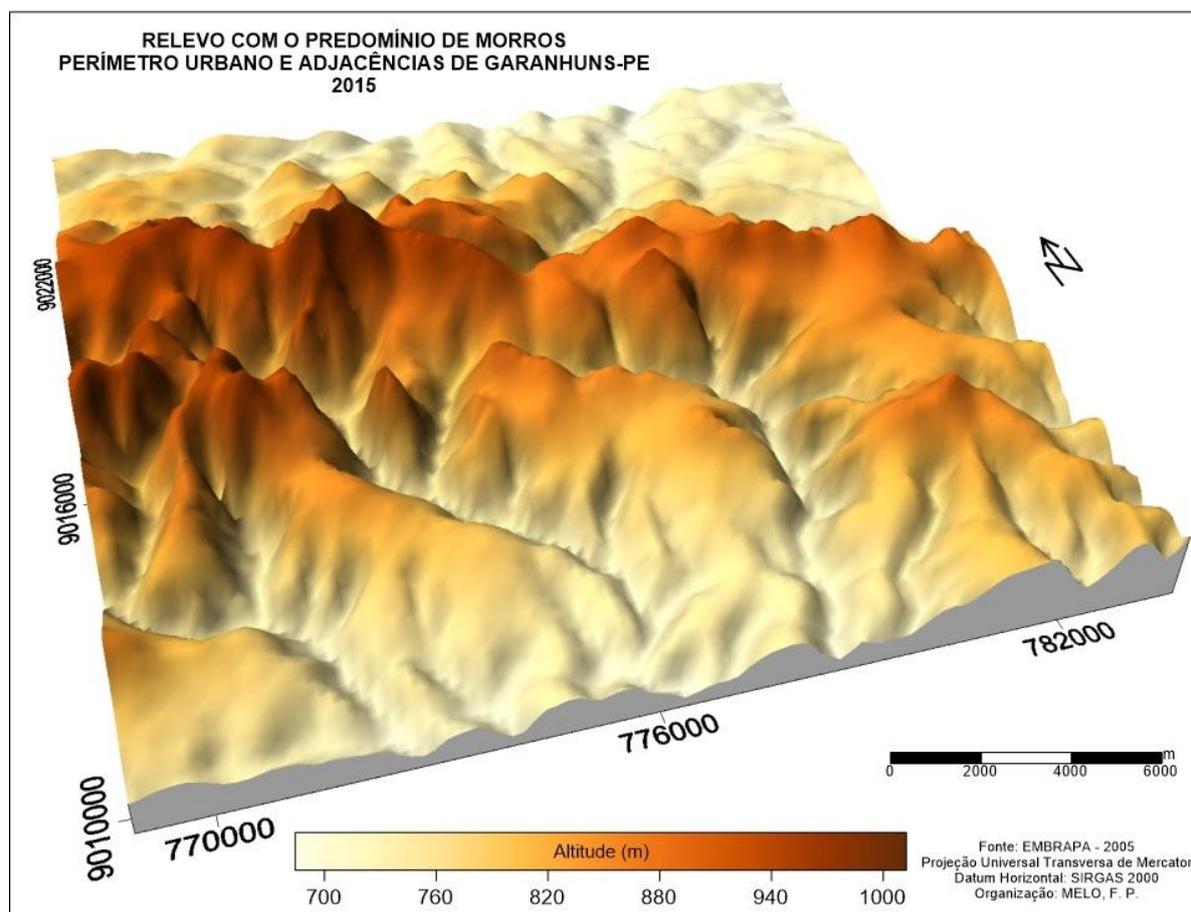
**Fonte:** IBGE, 2013.

Possui um relevo com predomínio de morros (Figura 02), com médias hipsométricas de 850 m; entre essas unidades morfoesculturais existe a presença de vales abertos, com encostas abruptas, as quais suavizam-se à medida que se afastam do sítio urbano, entrando em contato com patamares erosivos aplainados; a superfície de cimeira com cotas mais elevadas é o morro do Magano, com 1.030 m, estando situado nas coordenadas UTM de (o) 772932 / (s) 9017710 m.

As unidades morfoesculturais não correspondem exclusivamente às formas de relevo atuais, mas também incluem influências dos climas passados que deixaram na passagem as marcas de sua presença através das paleoformas e da macrocompartimentação. Geneticamente são resultantes de processos gerados por climas e paleoclimas que esculpiram formas de relevo em diferentes estruturas. Assim, a unidade

morfoescultural, que se distingue em função das formas de relevo predominantes, qualquer que seja sua gênese ou idade, pode abranger uma ou mais estruturas geológicas. (ROSS, 1985).

Apesar do município ficar situado sob os domínios do clima semiárido, e inclusive estar inserido oficialmente pelo Governo Federal tanto no antigo Polígono das Secas como na então Região Semiárida, apresenta-se como uma área de exceção. Apresentando um clima Mesotérmico Tropical de Altitude. Aplicando a classificação climática de Köppen, seria designado como Cs'a.



**Figura 02:** Relevo com predomínio de morros.  
**Fonte:** EMBRAPA, 2005.

Segundo Andrade (1972 apud Ubirajara 2001, p.79), por se encontrar localizado na porção mais meridional do Agreste pernambucano, num dos retalhos da superfície somital da Borborema, na vizinhança do rebordo sul do planalto, a menos de  $-9^\circ$  de latitude e com uma distância (em linha reta) inferior a 150 km para o Atlântico. Configura-se como uma variedade climática regional no Brasil. Tratando-se de um clima quase mediterrâneo ou Cs'a. Tal vocação é possível porque Garanhuns, encontra-se o ano inteiro sob a influência da massa de ar Tépidica Kalahariana (TK), além de receber no inverno as frentes frias que escalam a costa sul/oriental da Borborema.

Suas médias pluviométricas estão distribuídas da seguinte forma: anual, superior a 80 mm, destacando-se os meses de julho (155,8 mm) e novembro (23 mm), pelas suas extremidades. O período mais chuvoso ocorre de maio a agosto, (132,2 mm). Já o mais seco tem início em setembro e término em

dezembro (34,7 mm). Tem uma temperatura anual em torno de 21,6°C, com ênfase para as médias dos quadrimestres: junho/setembro (19,6°C) e dezembro/março (23,3°C) (INMET, 2013).

O município fica situado em uma zona de transição entre o Agreste e o Sertão, apresenta cobertura vegetal desde as xerófilas a perenifólias. Mas, atualmente só existem resquícios de ambas as floras, isso ocorreu devido aos fenômenos de expansão das áreas de pastagens para implantação da bacia leiteira e maximização do perímetro urbano. Este, para atender os novos contingentes populacionais, agora de caráter permanente, logo, o difusor do fluxo migratório não era mais a seca e sim o novo modelo de ordenamento territorial.

Analisando esse sistema hidrográfico em escala regional, o município está inserido na bacia hidrográfica do Mundaú, a nascente principal fica inserida nas imediações do Parque Ruber Van Der Linden, popularmente denominado de Pau Pombo, no bairro Santo Antônio, mais precisamente nas coordenadas geográficas de: -8° 53' 33" e -36° 29' 27". Essa rede hidrográfica fica situada nos Estados de Pernambuco e Alagoas, abrangendo uma área de 4.090 km<sup>2</sup> dos quais 2.154 km<sup>2</sup> estão em Pernambuco, correspondendo a 2,19% de sua área. A porção compreendida no território pernambucano encontra-se delimitada pelos paralelos -8° 41' 34" / -9° 14' 00" e pelos meridianos de -36° 03' 36" / -36° 37' 27".

Segundo Marcuzzo *et al.* (2011), mesmo apresentando baixa densidade de drenagem a bacia hidrográfica do rio Mundaú, possui em seu histórico alagamentos recorrentes que têm grande relação com o relevo cujas terras apresentam elevada amplitude altimétrica, o que favorece a rápida concentração das águas de chuva. Possui considerável variação de sua área, proporcionada pela linearidade da bacia e por fatores morfométricos.

Para Azambuja (2007), existem dois tipos de origem para os solos de Garanhuns, a primeira resultante do intemperismo dos quartzitos *in situ*, e a segunda por transporte e deposição, gerando solos alóctones. Nas posições de topo de paisagem são encontrados com frequência os latossolos amarelos e os argissolos. Ambos apresentam perfis extremamente profundos, sendo os latossolos constituídos de horizonte B latossólico e os argissolos de um B textural. Um fato importante sobre esses tipos de solos diz respeito ao seu caráter herdado. A não funcionalidade dos latossolos amplamente distribuídos sobre a área deve-se as condições climáticas atuais, menos úmidas que a de tempos passados. Estando o sítio urbano assentado basicamente sobre latossolos e Argissolos, o segundo em franco processo de perda de argilas. Porém, em áreas ocupadas por cambissolos, dada a sua ocorrência sobre vertentes com alta declividade, e planossolos, em áreas de fundo de vale, a classificação para erodibilidade frente ao tipo de escoamento superficial das águas pluviais foi considerada de grau forte.

Tendo como referência o sistema brasileiro de classificação de solos, na referida área ocorrem dois tipos de solos, sendo eles: neossolos e latossolos, este engloba todo o perímetro do sítio urbano.

Conforme Santos, *et al.* (2013), os latossolos apresentam evolução muito avançada com a atuação expressiva de processo de latolização (ferralitização), resultando em intemperização intensa dos constituintes minerais primários até mesmo os secundários menos resistentes, concentração relativa de argilominerais resistentes e/ou óxidos e hidróxidos de ferro e alumínio, com inexpressiva mobilização ou

migração de argila, ferrólise, gleização ou plintitização. Já os neossolos, estão em vias de formação, seja pela reduzida atuação dos processos pedogenéticos, seja por características inerentes ao material originário.

## **Materiais e Método**

O Modelo Digital De Elevação (MDE) utilizado é proveniente do projeto Brasil em Relevo da EMBRAPA, mais especificamente a carta digital SC-24-X-B, a qual possui as seguintes especificidades técnicas: sistema de coordenadas geográficas, datum WGS84, resolução espacial de 90 m e formato GeoTiff. Os dados meteorológicos foram fornecidos pelo INMET, são referentes as precipitações de 06 de outubro de 2014, das estações meteorológicas localizadas em: Garanhuns-PE ((s) 9014058,43 / (o) 775663,93 m), Arcoverde-PE ((s) 9067239,70 / (o) 714091,97 m), Palmeira dos Índios-AL ((s) 8957787,75 / (o) 761317,18 m) e Água Branca-AL ((s) 8973635,97 / (o) 620816,92 m). Subsidiado por essas informações, realizaram-se os seguintes procedimentos nos *softwares*:

- *Excel* - Fornecimento dos dados para planilha, sendo as colunas A - X (longitude), B - Y (latitude), C (precipitação) e D (altitude/cota altimétrica);

- *Surfer* - Realização da modelagem e confecção das cartas temáticas, seguindo as etapas:

1ª) Curvas de Nível - Geração da grade de dados (*Grid/Data*), introdução do produto confeccionado (*New Contour Map*), elaboração dos perfis topográficos (*Map/Add/Profile*), edição do visual da carta (*Object Manager - Property Manager*) e inserção dos elementos e símbolos necessários a um produto cartográfico (*menus - Draw e Map*);

2ª) Isoietas - Segue o modelo dos procedimentos supracitados, com a exceção que na grade de informação o valor de Z passou a ser o da precipitação;

3ª) Sobreposição dos Produtos - Utilizando as grades de informações geradas para altimetria e precipitação (*Grid/Data*), gerou-se um 3D do relevo (*New 3D Surface*), tratamento do produto (*Object Manager - Property Manager*), sobreposição das isoietas (*Map/Add*), um novo ajuste de informações (*Object Manager - Property Manager*) e introdução das informações necessárias para que ocorresse conformidade cartográfica (*menus - Draw e Map*);

4ª) Risco - Utilização da grade de elevação já confeccionada (*Grid/Data*), elaboração de uma matriz de risco (*Grid/Data*), sobreposição desse produto no relevo (*Map/Add*), filtragem das informações (*Object Manager - Property Manager*) e edição do layout (*menus - Draw e Map*).

Faz-se necessário salientar que os valores atribuídos para o risco no banco de dados, são oriundos de cinco trabalhos de campo realizados na área em questão, nas datas: 02/02/2015, 02/03/2015, 06/04/2015, 04/05/2015 e 08/06/2015. Nesses intervalos temporais foram coletados 240 pontos de controles, de forma que eram atribuídos pesos de 1 a 10 para cada um, tomando como parâmetros: característica topográfica, cobertura vegetal, grau de ocupação antrópica, sentido do fluxo hídrico e uso do solo. Cada uma dessas variáveis recebeu pesos entre 1 e 10, em seguida o resultado era dividido pela quantidade de variáveis e em seguida tinha-se uma média de probabilidade de risco de eventos relacionados a inter-relações desses parâmetros. Os valores até 3,5 foram considerados baixos, de 3,6 a 6 médios e acima de 6 elevados.

As variáveis utilizadas para estimar o risco foram: amplitude topográfica entre o ponto e o nível de base, cobertura vegetal, uso do solo, descarte dos rejeitos residenciais e morfometria. Em relação aos pesos utilizados, deve-se enfatizar que são experimentais, isto é, da perspectiva de quantificar o risco para a área em questão com as variáveis supracitadas e os referidos pesos. Logo, a literatura tem modelos que objetivam ponderar distintas variáveis para estimar diferentes cenários, mas em sua maioria são frutos de propostas metodológicas para áreas e/ou fenômenos específicos. Já que, cada pesquisador foca em uma determinada problemática e com uma perspectiva singular, os usos de modelos preestabelecidos podem comprometer os resultados.

O fato do intervalo temporal entre informações coletadas ser pequeno, maximiza o grau de precisão e confiabilidade, logo a dinâmica entre os elementos da paisagem é constante, e se acelera ao passo que as ações antropogênicas são introduzidas nesse contexto. No caso específico da escala espacial, foi necessário trabalhar com múltiplas escalas, visto que os dados são provenientes de distintos processo de coleta e interpolação, sendo assim as escalas espaciais utilizadas foram: 1:9.000 (dados topográficos); 1:200.000 (pontos coletados em campo); 1:8.650.000 (estações de coleta de dados climáticos), nesse caso as localizações entre os pares de coordenadas não eram homogêneas, sendo assim a escala apresentada é oriunda de uma média entre as distâncias das estações.

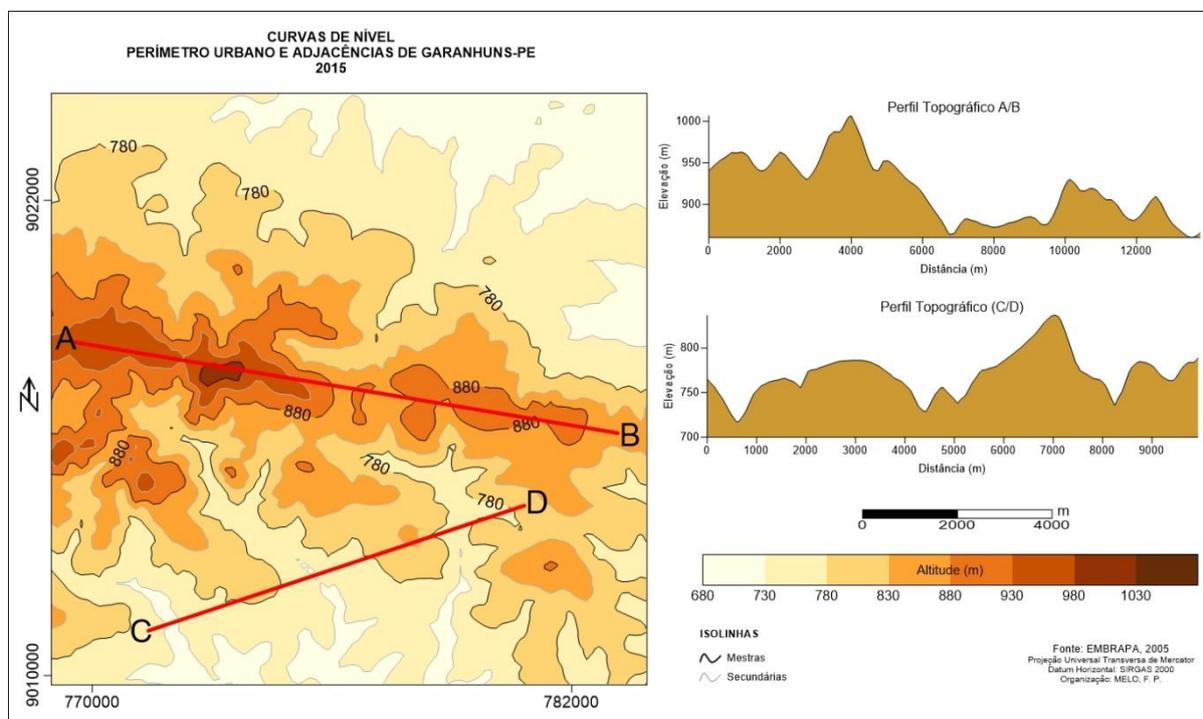
As escalas espaciais supracitadas demonstram que ao se trabalhar como modelagem espacial, os resultantes podem ser frutos de múltiplas escalas, ou seja, a escala gráfica e/ou numérica explicitada no produto cartográfico representa a realidade de apenas uma camada de dados. Que no caso em questão é a do *layer* que se encontra sob a pluviometria (1.8.650.000).

Faz-se necessário que tanto os leitores dos produtos cartográficos temáticos quanto os que desenvolvem, tenham ciência dessa problemática teórica e metodológica, sabe-se que o ideal é trabalhar com dados da mesma escala temporal e espacial, mas nem sempre é possível, logo os dados disponíveis para os referidos procedimentos são provenientes de múltiplos levantamentos com as mais distintas especificidades.

## **Resultados**

### **Dinâmica entre a Precipitação e o Relevo**

A superfície de cimeira localizada na porção central da carta topográfica, alonga-se nos sentidos L/O (Figura 03), apresenta cotas altimétricas mínimas de 850 m e chegam a alcançar 1.030 m, como no caso da superfície de cimeira do Magano, localizada nas coordenadas UTM de (s) 9017710 / (o) 772932 m /. Peculiaridades altimétricas essas que a torna o principal divisor de águas da área, formando dois sistemas de drenagens, um direcionando o fluxo hídrico para o norte e outro para o sul, atuando também como barreira orográfica para o sistema pluviométrico.

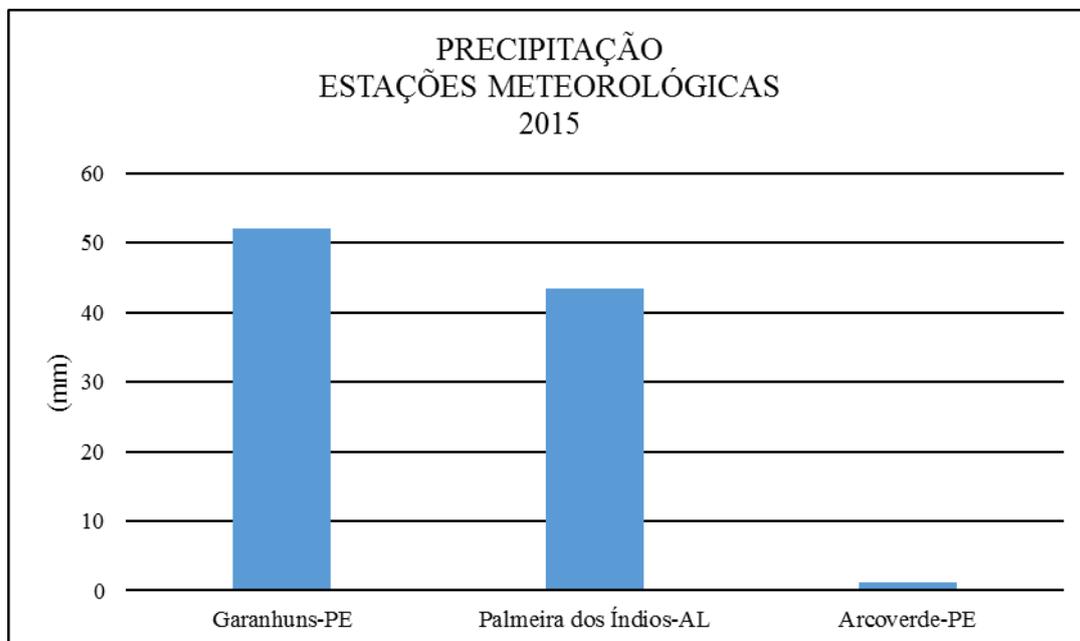


**Figura 03:** Carta topográfica.  
**Fonte:** EMBRAPA, 2005.

A compreensão do papel dessa unidade morfoescultural na dinâmica do risco é imprescindível, a referida feição além de atuar de forma determinante na distribuição da drenagem, apresenta o maior adensamento residencial do perímetro urbano, condição essa que a torna suscetível ao risco de deslizamentos nas encostas durante todo o transcorrer do ano, situação essa que agrava-se com a chegada dos períodos chuvosos, com ênfase para ao mês de junho, em seu histórico pluviométrico recente apresenta um precipitação de 52 mm em apenas um dia (06/10/2014), comparando com as estações de coletas de dados pluviométricos convencionais mais próximas (Tabela 01) e para o mesmo intervalo temporal, foi a que apresentou os maiores Índices (Gráfico 01).

Estações Meteorológicas Convencionais			
-----	Garanhuns	Arcoverde	Palmeira dos Índios
Garanhuns	0	81,18	57,79
Arcoverde	81,18	0	120,67
Palmeira dos Índios	57,79	120,67	0

**Tabela 01:** Matriz de espacialização das estações, distância em km.  
**Fonte:** INMET, 2014.



**Gráfico 01:** Dados pluviométricos.  
**Fonte:** INMET, 2015.

Levando em consideração que o ponto de coleta da estação em Garanhuns fica localizado no quadrante sul do modelado ((s) 9014058,43 / (o) 775663,93 m), as referidas informações pluviométricas são alarmantes, pois, a menos de 600 m começa as imediações da barreira orográfica da formação Magano. Analisando os resultados da modelagem geoespacial em 2D (Figura 4), tem-se a falsa impressão que a pluviometria ocorreu de maneira bem espacializada, fator esse que minimiza as possibilidades de movimentos de escorregamentos ou desmoronamentos de encostas, já que, o volume de água absorvido e transportado foi menor. Isso ocorre porque os SIGs realizam operações de interpolação conforme o método euclidiano, tendo como eixo norteador, que a menor distância entre um ponto em relação a outro é uma linha reta, não levando em consideração as possíveis superfícies de impedância.

Fenômeno esse imprescindível para análises geográficas, para tanto basta tomar como exemplo os dados de espacialização entre o ponto de coleta de precipitação em Garanhuns e o de Palmeira dos Índios, apesar de ambos estarem situados no Planalto da Borborema e à apenas 57,79 km de distância, traçando uma linha reta dentre as duas estações, no sentido Palmeira dos Índios Garanhuns, verifica-se que entre as duas existe uma barreira orográfica, superfície de fricção ao movimento, com mais de 800 m de altitude, a qual interfere de forma considerável na espacialização das chuvas.

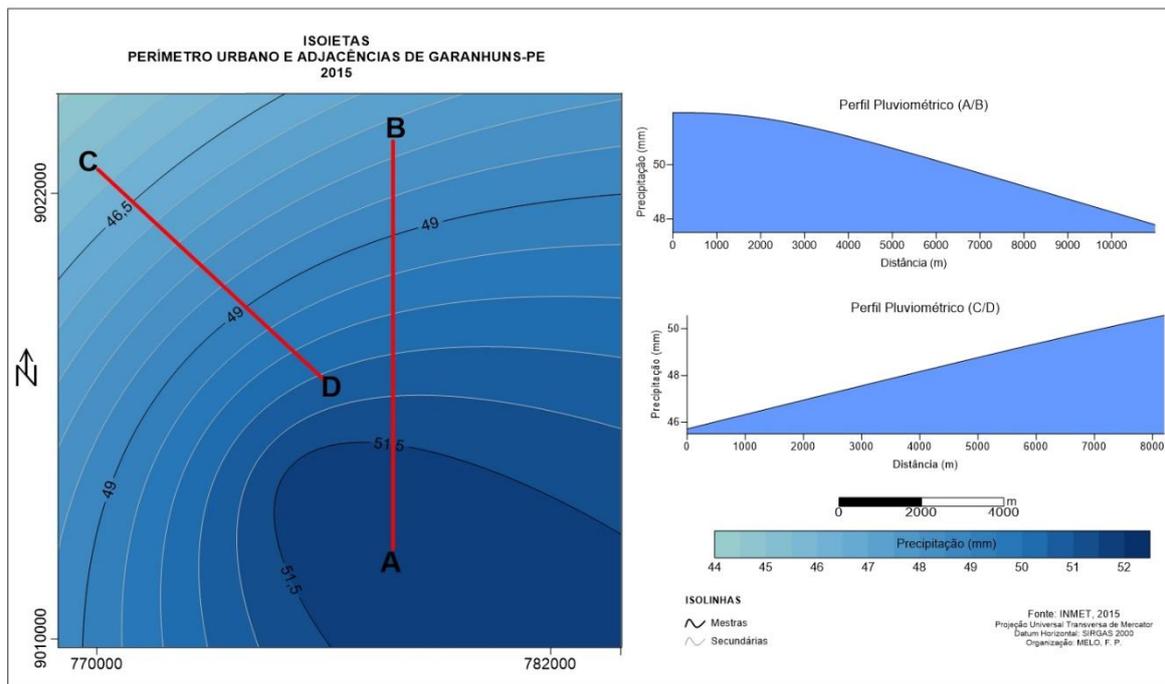


Figura 4: Isoietas em 2D.  
Fonte: INMET, 2015.

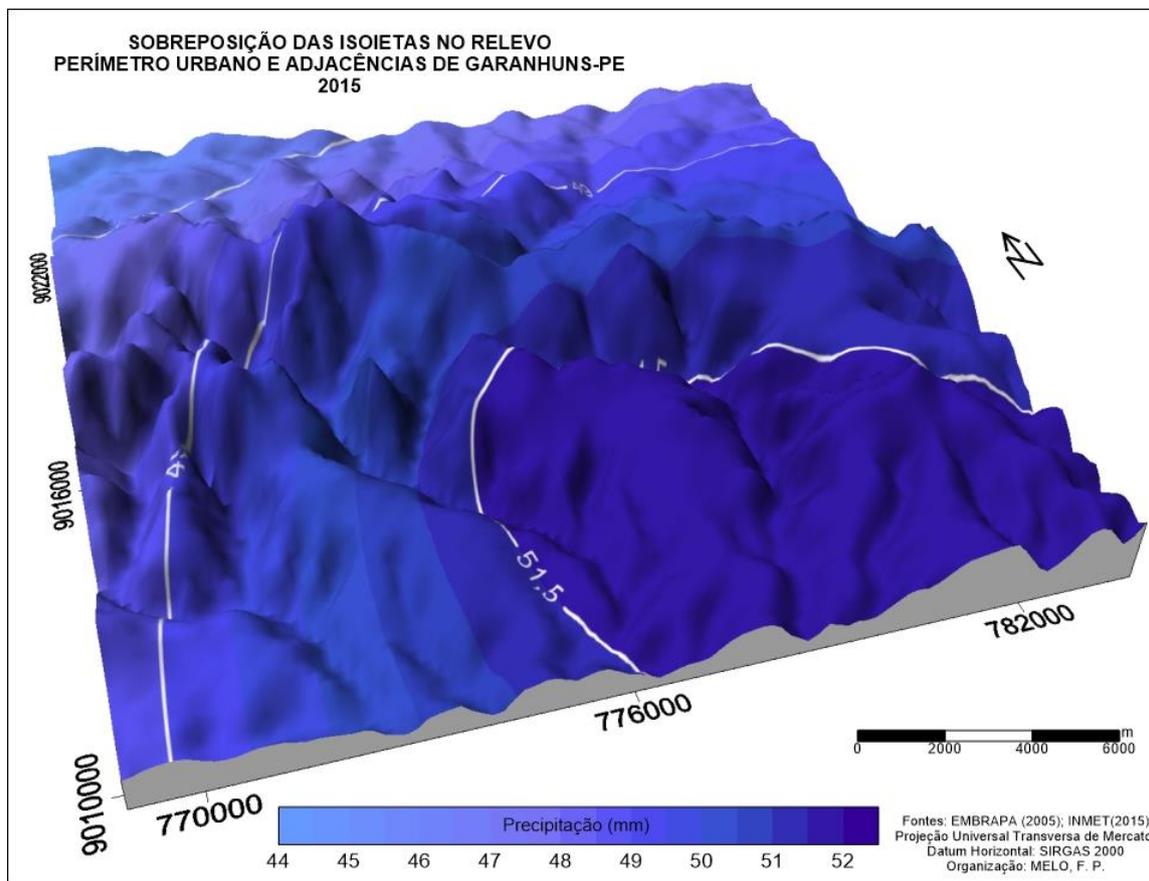


Figura 05: Sobreposição da precipitação no relevo.  
Fontes: EMBRAPA, 2005; INMET, 2015.

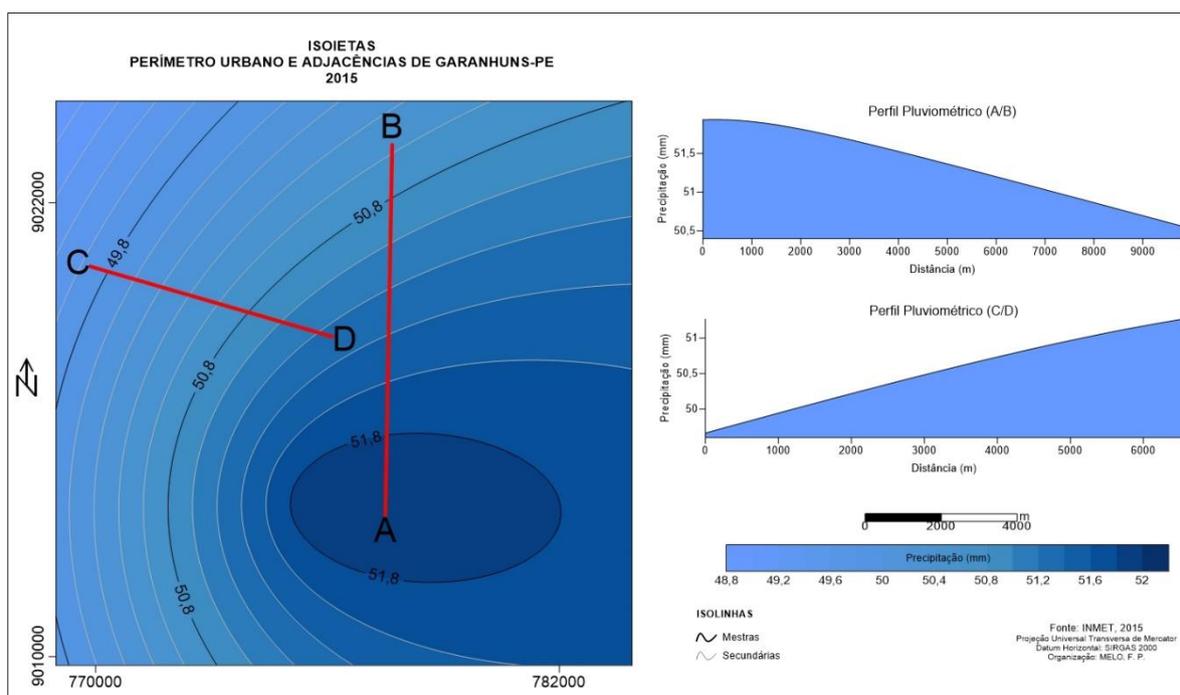
Explanadas essas questões teóricas metodológicas, faz-se necessário discutir outro fenômeno que ocorre entre as informações contidas no BD, agora relacionadas a geoestatística espacial. Antes de realizar os procedimentos de modelagem, tem-se que escolher o modelo de comportamento das informações, ou seja, a forma como ocorrerá a regressão dos dados e como eles deverão se comportar no processo de

interpolação. Em suma existem os de caráter possibilístico e o determinístico, o primeiro ordena os resultados de maneira que eles podem ultrapassar os valores máximos e mínimos introduzidos no BD, já o segundo não permite que os resultados ultrapassem as grandezas maiores ou as menores inseridas no BD. Cabendo ao pesquisador eleger qual dos métodos de espacialização e estimativa é melhor para o que ele almeja representar.

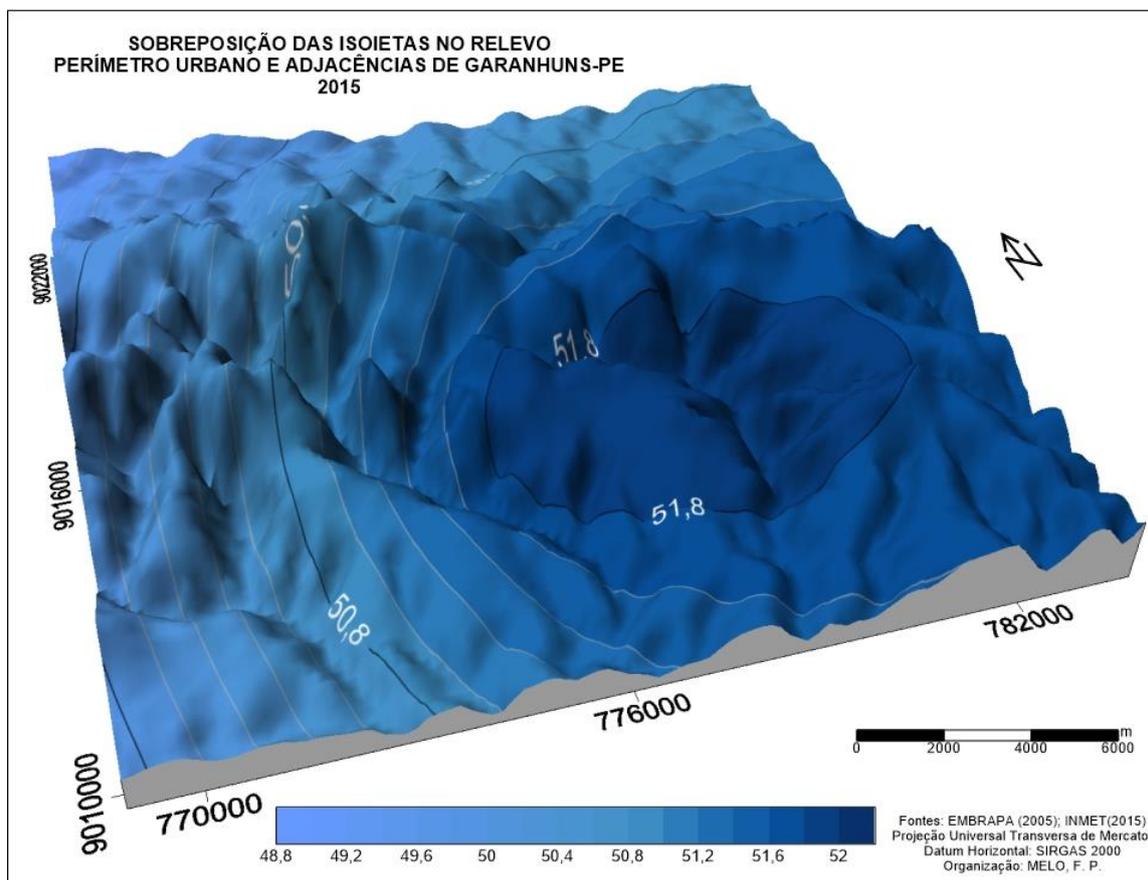
Tanto as grandezas superiores (52 mm) quanto as inferiores (1,2 mm), não foram contempladas nas isoietas. O valor máximo introduzido no BD teve uma perda de 2,5 mm, aparentemente é irrelevante, mas se for ponderado o fato que essa perda ocorreu em uma distância inferior a 1 km, torna-se uma variável importante, para tanto basta pensar no comportamento linear dos dados. Os quais, tenderam a apresentar médias cada vez menores devido ao baixo valor pluviométrico da estação de Arcoverde, mas no sentido do ponto de coleta de Alagoas apresentaram uma distorção mais suave, por causa de uma menor amplitude entre os dados (8,6 mm), que não é baixa, mas, se comparada com a de Arcoverde (50,8 mm) torna-se modesta.

Tal disparidade entre as informações, faz-se refletir se a escolha da estação de Arcoverde foi adequada. Mas, a não utilização dela implicaria na escolha de uma outra, que no caso seria a de Água Branca-AL, situada a oeste da estação Garanhuns, mas com uma distância superior à de Arcoverde, cerca de 160 km.

Objetivando analisar o comportamento das informações realizou-se a interpolação dos dados adicionando a estação Água Branca no lugar da de Arcoverde. Sendo constatado que as variáveis passaram a apresentar isoietas com valores mais elevados (Figuras 06 e 07), porém com uma tendência linear de decaimento das grandezas no sentido oeste, já que a inclusão da nova estação fica a oeste do ponto de coleta de dados em Garanhuns.



**Figura 06:** Isoietas em 2D.  
**Fonte:** INME, 2015.



**Figura 07:** Sobreposição da precipitação no relevo.  
**Fontes:** EMBRAPA, 2005; INMET, 2015.

Analisando os resultados, fica evidenciado que quanto maior a distância entre os dados da estação que representa a área, maiores serão as probabilidades de distorções dos resultados. Problema esse difícil de se resolver, porque nem sempre o pesquisador terá acesso a informações climatológicas que consigam corresponder a um cenário ideal, ou seja, sem superfícies de impedância e com pontos de coletas circundando a área pretendida nos sentidos norte, sul, leste e oeste, em distâncias harmônicas. Ao confrontar os resultantes oriundos da interpolação dos referidos parâmetros, ficou evidenciado que o local onde cada ponto é coletado interfere de forma determinante no processo geostatístico, podendo ou não vir a comprometer os produtos, isto é o grau de fidedignidade em um produto temático depende do padrão de coleta dos pontos. Porém, não significa que excessos de dados amenizem a problemática, ao contrário, podem agravar ainda mais as distorções.

É da natureza humana, procurar feições ou fenômenos na paisagem quem os atraiam, mas, cada indivíduo é atraído por suas especificidades, com isso existe uma tendência do pesquisador coletar mais pontos dos locais que representem a problemática o qual está envolvido ou que julgou ser mais significativa, desprezando as demais áreas de amostra ou coletando uma quantidade bem inferior de pontos. Entretanto, ao modelar essas informações e gerar um produto cartográfico temático, o adjetiva de forma que ele venha a representar o todo da área e de maneira harmoniosa, dando a falsa impressão de que os procedimentos de coleta das informações seguiram critérios de coletas que fossem capazes de representar o todo, ou seja, não existindo superestimação de uma fração da área e ou fenômeno em certos quadrantes e ao passo que ocorreram desprezos de outros.

## Estimativa de Risco

O processo de assentamento e expansão do sítio urbano no município de Garanhuns não ocorreu de maneira planejada, pelo menos do ponto de vista infraestrutural, a dinâmica do modelado não foi levada em consideração.

O relevo como um dos componentes do meio natural, apresenta grande diversidade em tipos e formas. Por mais que essas formas possam parecer estáticas ou iguais, na realidade são dinâmicas. É necessário compreender que o que está por trás delas, verificar quais são as influências de cada componente do estrato geográfico na gênese e, por conseguinte na dinâmica atual e pretérita (ROSS, 2012).

A utilização das encostas dos vales para o descarte dos esgotos residenciais (sem tratamento) é um fenômeno comum ao longo da paisagem (Figura 08), contribuindo para que elas permaneçam saturadas durante todo o transcorrer do ano, e maximizando a susceptibilidade natural da área a deslizamentos e desmoronamentos, problema esse que se equaciona nos períodos chuvosos. Adicionado a essa problemática os fatos de que no atual estágio de expansão que a malha urbana se encontra, as encostas dos vales agora são utilizadas como zonas de expansão, e que também são usadas para prática de atividades agrárias de subsistência (Figura 09), tem-se um palco desestruturado do ponto de vista geoambiental. Colocando a população sob risco de vida, relacionados a movimentos de massas e a doenças relacionadas a veiculação hídrica, logo os dejetos residenciais são utilizados como fonte permanente para as atividades de subsistência desenvolvidas nas encostas dos vales e adjacências.



**Figura 08:** Encosta utilizada como zona de expansão residencial e local para o descarte do fluxo hídrico.  
(Coordenadas geográficas da base da figura: S 8° 53' 15'', O 36° 29' 54'')

Fonte: MELO, 2015.

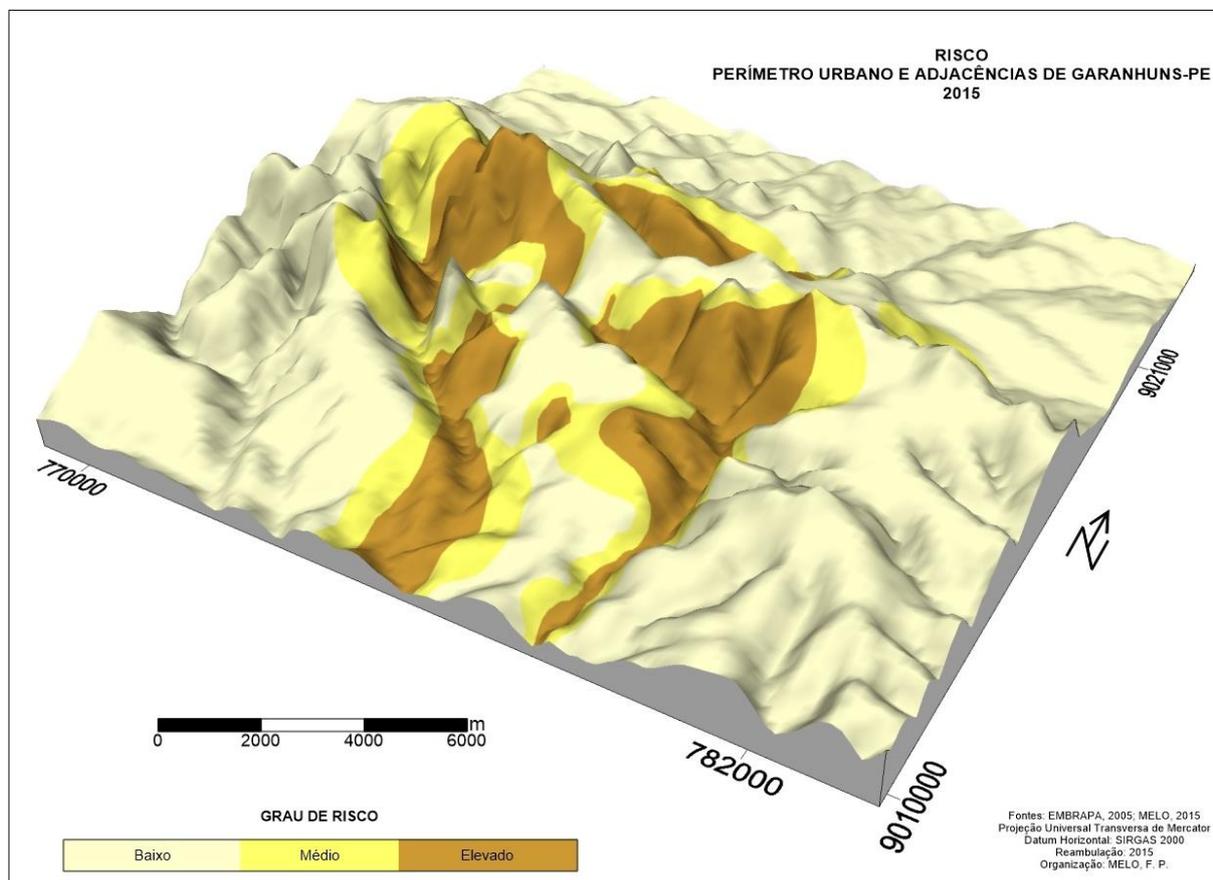


**Figura 09:** Agricultura de subsistência praticada nas encostas do vale da Liberdade.  
(Coordenadas geográficas da base da figura: S 8° 53' 16", O 36° 28' 36")

**Fonte:** MELO, 2011.

O complexo cenário supracitado, só vem a reforçar a necessidade de compreensão das ações antropogênicas na dinâmica da paisagem. Nesse viés a modelagem de parâmetros geoespaciais atua como um importante instrumento para subsidiar a gestão local na tomada de decisões, logo, possibilita a confecção de possíveis cenários para distintas localidades. Cada localidade possui especificidades distintas, ou seja, a projeção elaborada para uma área geralmente não serve para outra, mesmo estando próximas fisicamente ou possuindo certa similaridade.

Aplicando essas concepções teóricas, metodológicas e técnicas, no sítio urbano e recôncavos do município de Garanhuns, confeccionou-se um modelo em 3D (Figura 10), para hierarquizar o grau de risco que a população está submetida a fenômenos relacionados as inter-relações entre a drenagem, relevo e modelo de uso e ocupação do solo.



**Figura 10:** Sobreposição do grau de risco no relevo.  
**Fontes:** EMBRAPA, 2005; MELO, 2015.

A referida projeção deixou evidenciado que as poligonais que apresentam os maiores graus de risco para a população, são justamente aquelas que estão localizadas nas proximidades das encostas dos vales, as situadas nos topos e adjacências das superfícies de cimeiras que apresentam elevadas amplitudes topográficas e as que consomem os produtos oriundos das atividades agrárias que utilizam o fluxo dos esgotos como fonte hídrica.

Um fenômeno ainda modesto, porém, alarmante e que já começa a se materializar na paisagem, é a ocupação dos fundos de vales para fixação de moradias. Destacando-se o fundo do vale Dom Helder Câmara, com um assentamento urbano fixo e com vias de acesso pavimentadas, indicando que a expansão residencial tende a ser permanente, paralelamente o risco se maximiza de maneira geométrica em relação as demais áreas. Já que em casos de prováveis evacuações relacionadas a eventos pluviométricos, torna-se mais complexa que as demais, devido à área ser mais suscetível a receber os fluxos hídricos e os movimentos que ocorrem na referida unidade morfoescultural.

Os processos naturais capazes de desencadear desastres ou catástrofes, representam problemas socioeconômicos e ambientais com repercussões relacionadas ao nível do ordenamento do território e a implementação de políticas de proteção. A avaliação da propensão para uma área ser afetada por esses fenômenos em tempo indeterminado, caracterizada através de seus fatores condicionantes e desencadeantes, constitui-se em uma intervenção técnica e científica capaz de materializar cartograficamente os diferentes graus de risco (TAVARES; CUNHA, 2007).

A prevenção é um importante instrumento para mitigação do risco, entretanto para que ela ocorra de maneira eficaz é imprescindível que o processo de tomada de decisões seja alicerçado pelo máximo possível de informações pertinentes a problemática em questão e que as mesmas sejam resultados de constantes análises das inter-relações entre os elementos distintos da paisagem e o modelo de uso e ocupação do solo.

O monitoramento é um elemento central no processo de planejamento ambiental, pois é capaz de prever o cenário, antes durante e depois do uso do recurso, tornando-se assim um elemento primordial no acompanhamento da dinâmica dos sistemas ambientais, seja ele natural ou antropizado, sendo necessário para sua execução, a seleção, bem como o uso de bons indicadores ambientais (GOIS, *et al.*, 2012).

## **Conclusões**

O município de Garanhuns realizou seu processo de fixação e expansão da poligonal urbana, sem levar em consideração o perfil fisiográfico do local, o qual naturalmente já apresenta auto grau de susceptibilidade a erosão hídrica, devido aos elevados índices pluviométricos e a grande amplitude topográfica.

Adicionando a essa dinâmica da natureza um intenso processo de remoção da cobertura vegetal para ceder espaço aos fenômenos socioespaciais de expansão urbana, descarte dos dejetos residenciais nas encostas dos vales e prática de agricultura familiar utilizando como fonte permanente de água o fluxo hídrico oriundo das residências, materializa-se com cenário propício para o risco, inclusive de vida por parte da população local, logo, fica à mercê de deslizamentos e/ou desmoronamentos das encostas das vertentes, e da contaminação por doenças de veiculação hídrica, devido a origem dos alimentos cultivados de maneira inadequada para o consumo.

Portanto, a estimativa de possíveis cenários para distintas áreas do município, tomando como referência as variáveis mais determinantes para os referidos ambientes, torna-se um importante instrumento subsídio técnico-científico, metodológico e operacional, para auxiliar a tomada de decisões com base nas especificidades da cada localidade.

Deve-se salientar que o mapeamento temático proveniente da modelagem, por si só não dá conta de explicar a realidade, já que seus resultantes são estimativas de possíveis realidades, partindo do princípio de que as informações contidas e/ou introduzidas no banco de dados geográficos virtual, sejam capazes de dar conta, de mensurar todas as inter-relações ali contidas que são de relevância para o referido fenômeno e/ou cenário. Sem contar que, ainda se faz necessário que elas apresentem um comportamento linear no ambiental natural, caso contrário a probabilidade de erro é maximizada.

Em suma, até mesmo os processos alfanuméricos da modelagem estão atrelados a percepção do pesquisador. E já que, o homem é incapaz de perceber a realidade da natureza em seu todo, a modelagem sempre apresentará vislumbres de uma possível realidade e nunca a realidade em sua plena magnitude.

## **Referências Bibliográficas**

AZAMBUJA, R. N. **Análise Geomorfológica da Áreas de Expansão no Município de Garanhuns-PE.** Recife; UFPE, 2007. 154 f.

CHRISTOFOLETTI, A. **Modelagem de Sistemas Ambientais**. ed. 7. São Paulo: Edgard Blücher, 1999. 233 p. ISBN 978-85-212-0177-9.

COSTA, J. J.; FONTES, A. L.; GIUDICE, D. S.; LIMA, A. S.; NETO, E. M. L.; OLIVEIRA, A. C. A.; REZENDE, W. X.; SANTOS, E. C. B.; SANTOS, M. M.; SANTOS, S. S. C.; SOUZA, H. T. R.; SOUZA, R. M. (org.); SOUZA, R. R. **Território Planejamento e Sustentabilidade: conceitos e práticas**. São Cristóvão: UFS, 2009. 234 p. ISBN 978-85-7822-105-8

CPRM - Companhia de Pesquisas de Recursos Minerais. **Geodiversidade do Estado de Pernambuco**. Recife: Virtual Book, 2014. Disponível em: <[http://www.cprm.gov.br/publique/media/Geodiversidade PE.pdf](http://www.cprm.gov.br/publique/media/Geodiversidade_PE.pdf)>. Acesso em: 28 jan. 2015.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Brasil em Relevô**. Disponível em: <<http://www.relevobr.cnpm.embrapa.br/download/pe/pe.htm>>. Acesso em: 10 jan. 2014.

FERREIRA, C. **Iniciação à análise geoespacial: teoria, técnicas e exemplos para o geoprocessamento**. São Paulo: Unesp, 2014. 343 p. ISBN 978-85-393-0537-7.

GOIS, D. V.; BARBOSA, E.; SOUZA, H. T. R.; REIS, V. S.; SOUZA, R. M. Uso de Espécie Fitoindicadora como Subsídio ao Monitoramento de Mudanças Ambientais em Áreas Urbanas. **Revista Brasileira de Geografia Física**. Recife, v. 5., n. 4., jun./jul. 2012. Disponível em: <<http://www.revista.ufpe.br/rbge/index.php/revista/article/view/417/318>>. Acesso em: 15 jul. 2014.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Geociências: malhas digitais**. Disponível em: <[http://downloads.ibge.gov.br/downloads\\_geociencias.htm](http://downloads.ibge.gov.br/downloads_geociencias.htm)>. Acesso em: 25 set. 2015.

INMET - Instituto Nacional de Meteorologia. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 21 dez. 2013.

\_\_\_\_\_. **Banco de Dados Meteorológicos para Ensino e Pesquisa**. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. Acesso em: 29 jul. 2015.

INPE - INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS. **Notícias: Ministro prestigia aniversário do INPE, São José dos Campos, 6 de ago. 2014**. Disponível em: <[http://www.cbets.inpe.br/noticia.php?Cod\\_Noticia=3671](http://www.cbets.inpe.br/noticia.php?Cod_Noticia=3671)>. Acesso em: 28 de jul. 2015.

MARCUZZO, F. F.N.; ROMERO, V.; CARDOSO, M. R. D. Detalhamento Hidromorfológico da Bacia do Rio Mundaú. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE RECURSOS HÍDRICOS, 11., 2011, Maceió. **Anais...** Maceió: CTEC, UFAL, 2011. p. 1-19.

OLIVEIRA, J. B. **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos**. 3. ed. Brasília: EMBRAPA, 2013. p. 978-85-7035-198-2.

ROSS, J. L. S. Relevô Brasileiro: uma nova proposta de classificação. **Revista do Departamento de Geografia**, São Paulo, n. 4, jan./dez. 1985. Disponível em: <<http://www.revistas.usp.br/rdg/article/view/47094>>. Acesso em: 08 jun. 2013.

ROSS, J. L. S. **Geomorfologia: ambiente e planejamento**. 9. ed. São Paulo: Contexto, 2012. 88 p. ISBN 978-85-85134-82-2.

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos**. 3. ed. Brasília: EMBRAPA, 2013. 353 p. 978-85-7035-198-2.

TAVARES, A. O.; CUNHA, L. Riscos Naturais e Ordenamento do Território. Espaço-risco e Interfaces Territoriais na Região Centro. In: CONGRESSO DE GEOGRAFIA PORTUGUESA, 7, 2007, Lisboa. **Anais...** Lisboa: APG, 2007. p. 1-12.

UBIRAJARA, C. R. **Região de Garanhuns-PE**: dinâmica sócio-espacial e a difusão da função turística. Recife: UFPE, 2001. 219 f.

## **Agradecimentos**

Ao Grupo de Pesquisa em Geoecologia e Planejamento Territorial (GEOPLAN), e em especial a professora Rosemeri Melo e Souza (UFS) e ao professor Jurandyr Luciano Sanches Ross (USP).