

Universidade Portucalense – Infante D. Henrique

Departamento de Inovação, Ciência e Tecnologia

Ano Lectivo de 2008/2009

Relatório de Estágio

A tecnologia SIG em Sistemas de Apoio à Decisão em Situações Críticas

Estagiário:

Renato Marcos Guerra de Oliveira, n.º 21524 – Informática Ramo Software

Porto, Outubro de 2009

Ficha Identificadora

Projecto

Estágio académico: **A tecnologia SIG em Sistemas de Apoio à Decisão em Situações Críticas** – *avaliação e controlo de danos provocados por desastres naturais tipo furacões/tempestades*

Supervisor de Estágio

Sr. Eng. Dario Fernandes de Morais Carreira

E-mail: darioc@uportu.pt

Orientador de Estágio

Sr. Eng. Dario Fernandes de Morais Carreira

E-mail: darioc@uportu.pt

Estagiário

Renato Marcos Guerra de Oliveira, n.º 21524

E-mail: t.unisel@gmail.com

Local de Estágio

Universidade Portucalense

R. Dr. António Bernardino de Almeida, 541

4200 072 – Porto

Telefone: 22 557 20 00

Índice

Ficha Identificadora	2
Lista de abreviaturas.....	8
1. Introdução	9
2. O cenário proposto.....	11
3. <i>Workflow</i>	12
3.1. Definição (clara) do problema – descrição do cenário	12
3.2. Os <i>deliverables</i>	14
3.3. Identificar, recolher, organizar e examinar os dados necessários.....	14
3.4. Organizar e documentar o trabalho.....	17
3.4.1. Examinar a estrutura de directórios	17
3.4.2. Criar um processo sumário	18
3.4.3. Documentar os mapas	19
3.4.4. Adaptar, harmonizar, normalizar e preparar o ambiente de trabalho	20
3.5. Análise	24
3.5.1. Criar um mapa base da costa do Mississippi com elevação, batimetria e hidrografia	25
3.5.2. Realizar a análise espacial.....	27
3.5.2.1. Calcular a zona de terrenos inundados	27
3.5.2.2. Reclassificar a utilização do solo	28
3.5.2.3. Isolar os tipos de solo inundados	30
3.5.2.4. Etiquetar os tipos de solo inundados	30
3.5.2.5. Determinar a percentagem de tipos de solo inundados.....	31
3.5.2.6. Graficar a percentagem de solos inundados por tipo de solo	32
3.5.2.7. Criar a zona de evacuação	32
3.5.2.8. Converter a zona inundada para polígonos	33
3.5.2.9. Converter os tipos de solo inundados para polígonos.....	33
3.5.2.10. Incluir as percentagens de solo inundado e não inundado no <i>raster zona_inundada</i>	33
3.5.2.11. Calcular os custos de reparação das habitações nas localidades	33

3.5.2.12. Preparar um mapa que mostre a destruição nas infra-estruturas e equipamentos de socorro, emergência e saúde	36
3.5.2.13. Calcular a área dos tipos de solo inundados	38
3.5.2.14. Completar a tabela <i>relandcover</i>	40
3.5.2.15. Criar uma rede de estradas principais.....	40
3.5.2.16. Intersectar as estradas principais inundadas com um tipo de solo inundado	41
4. Produzir os <i>deliverables</i> , extrair as conclusões e apresentar os resultados	43
4.1. Os tipos de solos.....	43
4.2. As infra-estruturas.....	45
4.2.1. Totais de infra-estruturas	46
4.2.2. Infra-estruturas totalmente inundadas	54
4.2.3. Infra-estruturas parcialmente inundadas.....	62
4.2.4. Infra-estruturas totalmente contidas na zona de evacuação.....	66
4.2.5. Infra-estruturas parcialmente contidas na zona de evacuação	73
4.2.6. Infra-estruturas seguras.....	78
4.3. Cálculo das melhores rotas	82
4.4. A intersecção das estradas principais com um tipo de solo inundado.....	85
4.5. Considerações finais.....	85
5. Desafios emergentes em Investigação e Desenvolvimento em SIGs para crises e emergências.....	88
6. Conclusão.....	91
Anexos.....	93
1. Anexo I – Análise dos dados originais.....	94

Índice de figuras

Figura 1: o ArcCatalog.....	15
Figura 2: dados <i>vector</i>	16
Figura 3: dados <i>raster</i>	16
Figura 4: estrutura de directórios do projecto	18
Figura 5: propriedades do mapa <i>USA_Costa_Sul_1.mxd</i>	20
Figura 6: definição do sistema de coordenadas	22
Figura 7: ambientes da ArcToolbox – <i>General Settings</i>	23
Figura 8: ambientes da ArcToolbox – <i>Raster Analysis Settings</i>	24
Figura 9: <i>deliverable</i> 1 – mapa base da costa Sul do Mississippi.....	26
Figura 10: as 16 categorias de tipos de solo na <i>feature class landcover</i> original.....	29
Figura 11: estatísticas dos tipos de solo inundados	31
Figura 12: o conceito de <i>buffer</i>	32
Figura 13: <i>deliverable</i> 2.....	34
Figura 14: <i>deliverable</i> 3.....	35
Figura 15: <i>deliverable</i> 4.....	37
Figura 16: <i>deliverable</i> 5.....	39
Figura 17: <i>deliverable</i> 6 – rede de estradas e melhores rotas.....	41
Figura 18: <i>deliverable</i> 6 – estradas que intersectam o solo lagunar inundado.....	42
Figura 19: área total da zona em estudo em km ²	43
Figura 20: exemplo dos dados estatísticos da população total das localidades em Hancock	48
Figura 21: exemplo das estatísticas da distância em milhas que pode ser percorrida nos caminhos-de-ferro de Harrison	52
Figura 22: detalhe do aeroporto de Harrison no mapa <i>USA_Costa_Sul_3.mxd</i>	76
Figura 23: detalhe do aeroporto de Hancock no mapa <i>USA_Costa_Sul_3.mxd</i>	77
Figura 24: detalhe do aeroporto de Jackson no mapa <i>USA_Costa_Sul_3.mxd</i>	78
Figura 25: cálculo da rota 1 (a lilás) após remoção das barreiras, mapa <i>USA_Costa_Sul_5.mxd</i>	83
Figura 26: cálculo da rota 2 (a lilás) após remoção da barreira, mapa <i>USA_Costa_Sul_5.mxd</i> ...	84
Figura 27: direcções da rota 1.....	85

Índice de tabelas

Tabela 1: a reclassificação de <i>landcover</i>	30
Tabela 2: valores obtidos do quinto <i>deliverable</i> arredondados a duas casas decimais.....	39

Lista de abreviaturas

- ESRI – *Environmental Systems Research Institute*
- EUA – Estados Unidos da América
- SI – Sistemas de Informação
- SAD – Sistemas de Apoio à Decisão
- SIG – Sistema de Informação Geográfica
- UPT – Universidade Portucalense

1. Introdução

Este relatório tem como objectivo documentar a execução das tarefas do projecto realizado no âmbito de estágio académico em Informática – Ramo de Software na Universidade Portucalense, e segue-se, para tal, o processo descrito no respectivo plano de projecto.

Os Sistemas de Apoio à Decisão são uma das áreas bem conhecidas no âmbito geral das aplicações dos Sistemas de Informação (SI). Há muitas definições e âmbitos de aplicação dos SAD, sendo no entanto geralmente aceite que estes sistemas se focam em decisões específicas e no suporte, mais do que na substituição, do processo de decisão dos clientes/utilizadores.

Essas definições de SADs enfatizam sobretudo a necessidade de apoiar a resolução de problemas, especialmente aqueles do tipo semi-estruturado e mesmo não estruturado, onde situações de preparação e resposta a situações de emergência se encaixam.

Na realidade, o desafio no desenvolvimento de aplicações para a preparação e resposta a situações de emergência, focaliza-se principalmente na preocupação com a interacção entre os humanos e o seu ambiente, sob condições caracterizadamente perigosas, quer à vida quer ao habitat. Este desafio é não só multifacetado, como o seu título insinua, como também cobre uma vasta gama de desastres, muitos com processos subjacentes fundamentalmente diferentes (como terremotos, furacões e fogos incontrolláveis).

Embora os processos de “gestão de desastres” possam ser fundamentalmente diferentes, as técnicas para avaliar riscos, estimar a preparação e auxiliar à resposta, parecem ter muito em comum e podem partilhar e beneficiar dos avanços na ciência e tecnologia.

Em particular, no caso da proeminência dos SAD, mais particularmente a partir dos anos 80, houve de facto um crescimento considerável na importância dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG)¹, reflectindo a diminuição dos custos da tecnologia exigida e a disponibilidade crescente de dados espaciais aos diferentes níveis:

- a. Ao nível da aquisição, acesso, integração, domínio e pertença de dados, bem como aspectos de responsabilidade e interoperabilidade, onde os SIGs têm particular utilidade na modelação e análise, transcendendo “fronteiras” e fornecendo a estrutura necessária para apoiar a implementação de políticas e gestão, em áreas de jurisdição e/ou administrativas;
- b. Ao nível dos perigos e riscos associados às possíveis consequências desde, por exemplo, os diferentes tipos de utilização de solo, até às infra-estruturas e bens patrimoniais afectados, bem como, sobretudo, os efeitos na sua recuperação e o custo e impacto na sociedade.

¹ GIS – *Geographic Information System* na terminologia anglo-saxónica.

Na realidade, enquanto os cataclismos não diferenciam os tipos de utilização do solo, já a sua recuperação e o custo e impacto na sociedade, são grandemente afectados por essa diferenciação. Por vezes o próprio “acidente” é modificado e muitas vezes ampliado para ambientes e utilizações de solo heterogéneos, semelhantes àqueles encontrados onde os humanos interagem com a natureza.

Em ambos os níveis, torna-se difícil o desenho e mapeamento das situações e ocorrências, sendo sobretudo virtualmente impossível de modelar, sem o recurso a conceitos, ferramentas e tecnologias do âmbito dos SIG.

Deste modo, por forma a avaliar e mitigar o risco, quer de vidas humanas, quer de bens e património, e para responder com a eficácia devida, temos que desenvolver modelos preditivos e operacionais devidamente integrados no software SIG.

A ideia base deste trabalho de estágio, é assim apresentar um cenário com representação o mais próxima possível da realidade, e resolver situações tirando partido da tecnologia SIG, sobretudo na sua capacidade acrescida de análise espacial na resolução de problemas críticos, através da utilização de software comercial ArcGIS, da ESRI.

2. O cenário proposto

Acidentes, desastres naturais e actos terroristas, podem protagonizar situações caóticas ao nível da Protecção Civil e Emergência e Segurança, que requerem uma resposta coordenada, baseada em informação actualizada, correcta e oportuna.

O cenário escolhido da Costa do Golfo do México, corresponde a um dos ecossistemas mais frágeis da costa sul dos EUA. As ilhas barreira, o solo lagunar costeiro e a floresta lagunar, jogam cada um deles um papel crítico no ambiente. As ilhas barreira evitam a invasão da ondulação provocada por tempestades e a intrusão de água salgada no solo. A zona lagunar costeira fornece habitat para mamíferos e aves aquáticas enquanto que também serve como lugar privilegiado para o desenvolvimento da indústria pesqueira e náutica do golfo. As florestas lagunares fornecem os recursos renováveis para a indústria da madeira e do papel.

Em 2005, o Furacão Katrina destruiu casas, escritórios, infra-estruturas e recursos naturais ao longo do Golfo e costas do Atlântico. No resultado das tempestades e da ondulação e marés geradas, da ordem dos 15 pés de altura, as entidades ao nível Nacional, Regional e Local, bem como Organizações e Serviços do Estado e do sector privado, foram respondendo e ajudando a reconstruir as áreas devastadas e a restabelecer as economias locais. Os SIG ajudaram as equipas de resposta a avaliar os danos, monitorar a meteorologia, coordenar esforços de socorro e o rastreio dos perigos sanitários, entre muitas outras tarefas críticas, fornecendo dados pertinentes e oportunamente disponíveis, em mapas e imagens. No âmbito deste projecto de estágio, utilizar-se-ão dados que suportaram algumas das decisões mais críticas. Criar-se-ão também mapas de elevação e batimetria, análise das áreas inundadas e dos efeitos das ondas provocados pela tempestade, bem como se definirão as infra-estruturas mais vulneráveis. Os SIGs, quando aplicados com eficácia nestes casos, podem ajudar a salvar vidas e infra-estruturas.

3. *Workflow*

O cenário proposto constitui uma oportunidade para desenvolver e aperfeiçoar a destreza do pensamento nas situações críticas e de stress onde, como acontece na realidade na maior parte das situações, haverá mais do que uma única solução, pelo que interessa decidir qual a considerada melhor apropriada para solucionar o problema.

A aproximação à resolução dos problemas seguirá uma metodologia lógica e coerente, tal como especificado no plano de projecto, que envolve os seguintes pontos a serem desenvolvidos no presente documento:

1. Definir o problema ou cenário.
2. Identificar os *deliverables* (a maioria deles em mapas) necessários ao suporte à decisão.
3. Identificar, recolher, organizar e examinar os dados necessários ao enquadramento do problema.
4. Organizar e documentar o trabalho:
 - a. Criar um processo sumário;
 - b. Documentar os mapas utilizados e a criar;
 - c. Adaptar, harmonizar, normalizar e preparar o ambiente de trabalho.
5. Análise:
 - a. Criar um mapa base ou um mapa de localização inicial;
 - b. Realizar a análise espacial.
6. Produzir os *deliverables*, extrair as conclusões e apresentar os resultados.

3.1. Definição (clara) do problema – descrição do cenário

Em primeiro lugar, os responsáveis pela gestão das crises e emergências necessitarão de decidir onde alocar melhor os recursos para ajuda ao combate às áreas mais afectadas pela catástrofe. Avaliar-se-á a dimensão da área afectada relativa aos diferentes tipos de solo abrangidos, especialmente aqueles que ficaram submersos. Para isso serão necessários mapas com informação importante sobre a zona em questão, tais como a escala a representar, bem como rodovias, hidrografia, elevações, batimetria, etc. Também será necessário avaliar o impacto em infra-estruturas, pelo que o suporte em mapas adequados permitirá uma melhor e mais rápida avaliação dos danos causados, nomeadamente em locais de socorro e emergência, para se poder orientar os esforços de reconstrução e reactivação, naqueles considerados de maior urgência.

Deve também dar-se prioridade às localizações para apoio ao desastre, justificadas pelos dados fornecidos e pelos mapas, gráficos e tabelas produzidas.

Como em várias situações da realidade, não há uma única e óptima solução para os problemas encontrados. Contudo, algumas respostas são melhor suportadas e justificadas que outras.

Para se aplicar SIG ao problema em questão, é crucial ter-se uma clara compreensão do problema ou cenário. Para isso, é muito útil começar por responder a 4 questões, as quais testam a compreensão e estruturam e dividem o problema em “pedaços mais pequenos”, que são mais fáceis de resolver:

1. Qual a área geográfica a estudar e analisar?

Será estudada a costa Sul do Estado Mississippi, nos EUA, nomeadamente os concelhos de Hancock, Harrison e Jackson, que incluem as ilhas barreira.²

2. Que decisões é necessário tomar de imediato?

É necessário alocar adequadamente os recursos às áreas mais afectadas pela catástrofe, de forma a melhor ajudar no combate à situação. Para tal, há que estabelecer de imediato uma zona segura de evacuação e avaliar a dimensão da área afectada relativamente aos tipos de solos abrangidos e danos causados em infra-estruturas.

3. Que informação ajudaria para a tomada das decisões?

Toda a informação relativa a rodovias, localidades, infra-estruturas, hidrografia e batimetria da área em análise e informação relativa à inundaçã, quer a nível de solos quer das infra-estruturas afectadas; esta informação é apresentada através dos *deliverables*, que foram indicados no plano de projecto e serão listados no ponto 3.2 deste relatório.

4. Quais são os *stakeholders* chave para este problema?

Os *stakeholders* chave para este problema são as entidades ao nível nacional, regional e local, bem como organizações e serviços do Estado e do sector privado.

² A nível de curiosidade, a área a ser analisada neste projecto, corresponde a cerca de 4711,03 km². Isso significa que a área de Portugal é aproximadamente 19 vezes maior do que a área total a ser analisada!

3.2. Os deliverables

Tal como foi identificado no plano de projecto, os *deliverables* que ajudam a resolver o problema são os seguintes:

- a. Um mapa mostrando a elevação/batimetria da costa Sul do Estado Mississippi com localidades, tipos de água (lagos, zonas lagunares, etc), ilhas barreira e hidrografia;
- b. Um mapa dos terrenos e localidades inundadas bem como uma zona de evacuação da costa do Mississippi, depois do tufão Katrina;
- c. Um gráfico de barras mostrando a percentagem total dos terrenos inundados, face ao tipo de utilização/cobertura do solo;
- d. Um mapa que mostre infra-estruturas e “facilidades” de emergência, socorro e de saúde em risco, face à ondulação e subida das marés subsequente, bem como as localizadas na zona de evacuação;
- e. Uma tabela mostrando vários tipos de solo inundados, medidos em hectares, quilómetros quadrados e milhas quadradas;
- f. Um mapa mostrando uma rede de estradas principais, com exemplos de caminhos alternativos e estradas que intersectam um determinado tipo de solo inundado.

3.3. Identificar, recolher, organizar e examinar os dados necessários

Neste passo identificam-se, recolhem-se e examinam-se os dados e as diferentes camadas de dados necessárias para análise.

Os dados SIG são compostos por três componentes básicos: Geografia (a representação espacial dos elementos), atributos (características descritivas dos elementos) e regras de comportamento (instruções que orientam o que os elementos podem ou não fazer).

Os dados do projecto, fornecidos e indicados pelo coordenador e supervisor do estágio, encontram-se armazenados numa *geodatabase* com o nome *katrina.gdb*. Uma *geodatabase* (*geo* – dados espaciais e *database* – base de dados como repositório de dados) é uma base de dados que nos permite guardar, analisar e manipular informação geográfica e dados espaciais, quer num ambiente desktop, quer num servidor ou ambiente móvel. Nesta base de dados geográfica está centralizada a informação utilizada no processo de análise deste estágio.

Para analisar os dados utiliza-se o ArcCatalog, uma aplicação que faz parte do ArcGIS e nos permite explorar a hierarquia de pastas e ficheiros geográficos bem como outros tipos de ficheiros (Excel, Word, .pdf, etc) e outros dados disponíveis em bases de dados georreferenciadas, tendo uma funcionalidade semelhante à do explorador do Windows mas

orientada para a informação geográfica. É possível manipular ficheiros, *geodatabases*, pastas, etc, bem como pré-visualizar dados e examinar os respectivos metadados (informação acerca de dados). Metadados incluem a descrição dos dados, de onde eles provêm, uma definição de cada campo de atributos e outra informação útil.

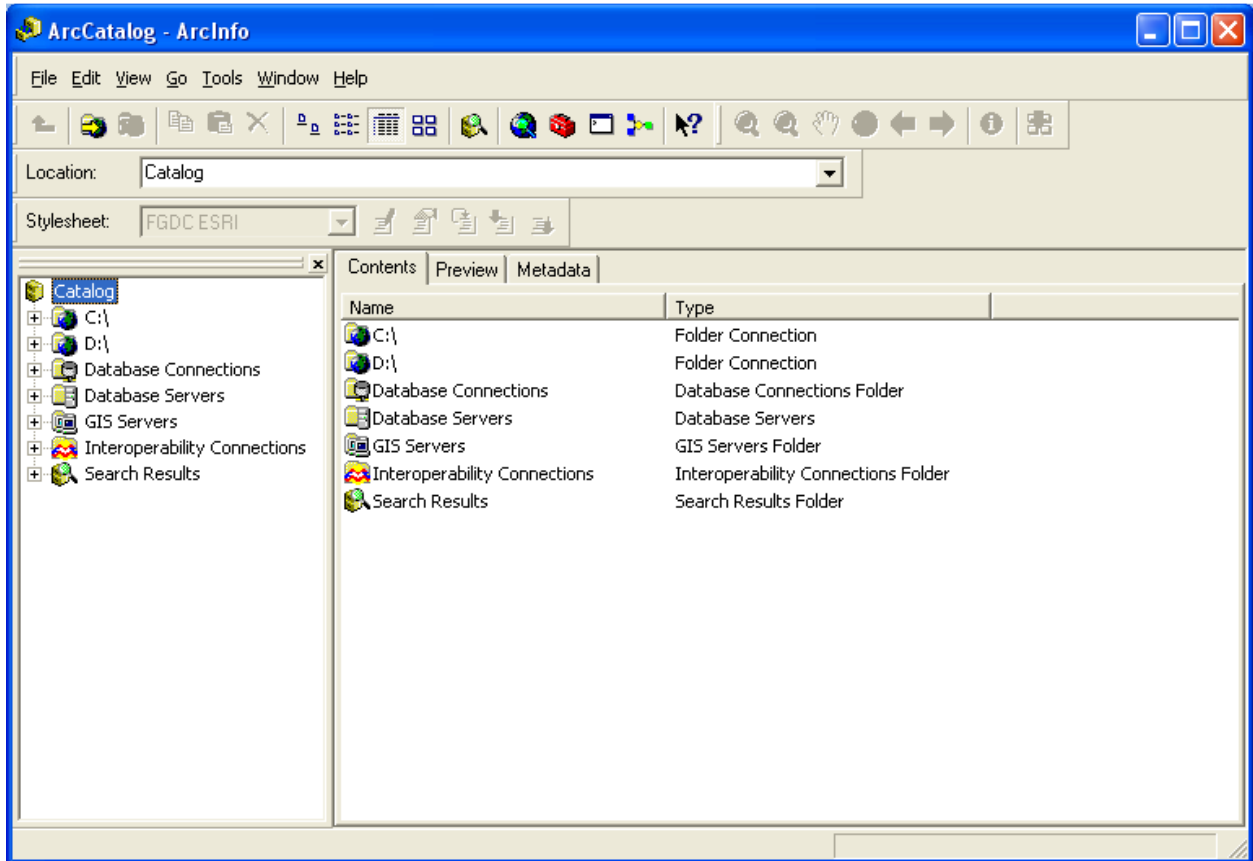


Figura 1: o ArcCatalog

Os dados originais presentes na *geodatabase katrina.gdb* organizam-se em *feature classes* (classes de elementos).

O termo *feature class* é uma coleção de elementos com o mesmo tipo de geometria, sendo usado para identificar qualquer agrupamento individual de elementos geográficos base (pontos, linhas ou polígonos) independentemente do formato de armazenamento dos dados, permitindo assim agregar elementos semelhantes numa única unidade.

Estas *feature classes* são utilizadas para agrupar características homogêneas que representam um determinado conjunto de elementos geográficos semelhantes, como por exemplo estradas, hospitais, igrejas, etc.

Nesta *geodatabase* existem ainda dois tipos distintos de *feature class* – *vector* e *raster*. É importante distinguir estes dois tipos de modelos de dados.

O modelo vectorial usa coordenadas discretas (pares de coordenadas x,y) para representar os elementos geográficos base.

Cada ponto é representado como um par de coordenadas único, enquanto que linhas e polígonos são representados através de vectores de coordenadas. Os atributos relacionam-se com cada vector. Este tipo de modelo de dados geográficos é bastante flexível porque representa dados através de vectores calculados matematicamente, o que significa que é possível aumentar o detalhe dos dados (através de zoom) sem perda de qualidade, apesar de ser mais exigente a nível de recursos de hardware, já que é necessário estar constantemente a calcular a representação.

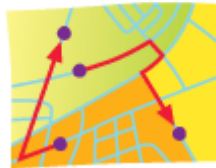


Figura 2: dados vector

O modelo *raster* usa células quadradas de tamanho igual para representar elementos, organizadas em linhas e colunas (píxeis), e compostas por uma ou múltiplas bandas; o nível de detalhe depende do tamanho das células.

Cada célula contém um atributo de valor e coordenadas de localização. Grupos de células com o mesmo valor representam o mesmo tipo de elemento geográfico (por exemplo, células com o valor 1 representam um dado tipo de solo, células com o valor 2 representam outro tipo de solo, etc). Os dados *raster*, ao contrário dos *vector*, não têm a vantagem de manter um aspecto de boa qualidade independentemente da resolução a que são visualizados, perdendo qualidade com resoluções não óptimas. No entanto, como são estáticos, exigem pouca capacidade de processamento e são desenhados instantaneamente. Além disso, permitem distinguir facilmente entre diferentes elementos dentro de um conjunto mais global, como é o caso de definir diferentes tipos de solos através de um conjunto de células com o mesmo valor, e apresentando outras vantagens na análise espacial, como no cálculo de distâncias de caminhos óptimos e proximidade, etc.

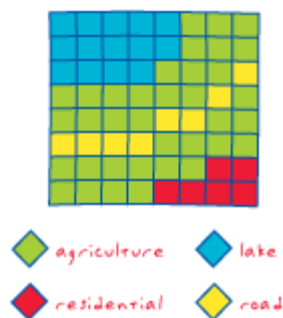


Figura 3: dados raster

Como foi indicado, cada um dos modelos de dados tem as suas vantagens e desvantagens: os dados vectoriais têm custos elevados de processamento e baixos custos de armazenamento; para os dados *raster* a situação é inversa, com baixos custos de processamento e grandes custos no armazenamento. Dever-se-á, por isso, escolher um tipo de dados adequado ao processo físico que se quer modelar (por exemplo, a representação geográfica dos valores da precipitação é mais adequada a um modelo *raster* enquanto que os dados recolhidos num levantamento topográfico são mais adequados a uma representação vectorial).

Posto isto, o sistema de coordenadas espacial (que determina as posições dos pontos no espaço, em duas ou três dimensões), a resolução dos dados e os atributos, são todas peças importantes de informação acerca de cada *feature class*. É necessário investigar cuidadosamente as diferentes camadas de dados disponibilizadas, para compreender como elas podem ajudar à análise da resolução do problema. Felizmente os metadados permitem aceder a essa informação. De notar que os metadados podem estar, por vezes, incompletos.

É importante ter os dados armazenados numa estrutura de directórios compacta e facilmente identificável. Todos os dados geográficos originais se encontram em ...\\estagio09\Projecto\dados.

No anexo I está exposta a informação obtida desta análise.

3.4. Organizar e documentar o trabalho

Após examinar e explorar os dados disponíveis e antes de se dar início à análise, foi necessário definir uma estrutura de directórios, criar um processo sumário, documentar o projecto e adaptar, harmonizar e normalizar o ambiente de trabalho.

3.4.1. Examinar a estrutura de directórios

Uma estrutura de directórios é muito importante, para ser facilmente identificável e para organizar devidamente a informação, desde os directórios para os ficheiros de vários tipos, até às *layers* e *feature classes* e base de dados geográfica, bem como dos mapas respectivos.

Neste projecto utilizou-se a seguinte estrutura:

- estagio09 é a pasta raiz;
- estagio09\Projecto é a pasta onde se vão encontrar as pastas relativas aos dados, documentação e resultados do projecto;
- estagio09\Projecto\dados é a pasta que contém os dados originais fornecidos pelo coordenador e supervisor do estágio, com excepção da *feature dataset rodovias_principais_katrina* (que será explicada mais à frente neste documento);

- estagio09\Projecto\documentos é a pasta que contém a documentação realizada no projecto e de apoio ao mesmo;
- estagio09\Projecto\resultados é a pasta que contém os resultados do projecto (como mapas), e contém uma *geodatabase projecto_results.gdb*, onde se armazenaram as *feature classes* que foi necessário criar durante a elaboração do trabalho.

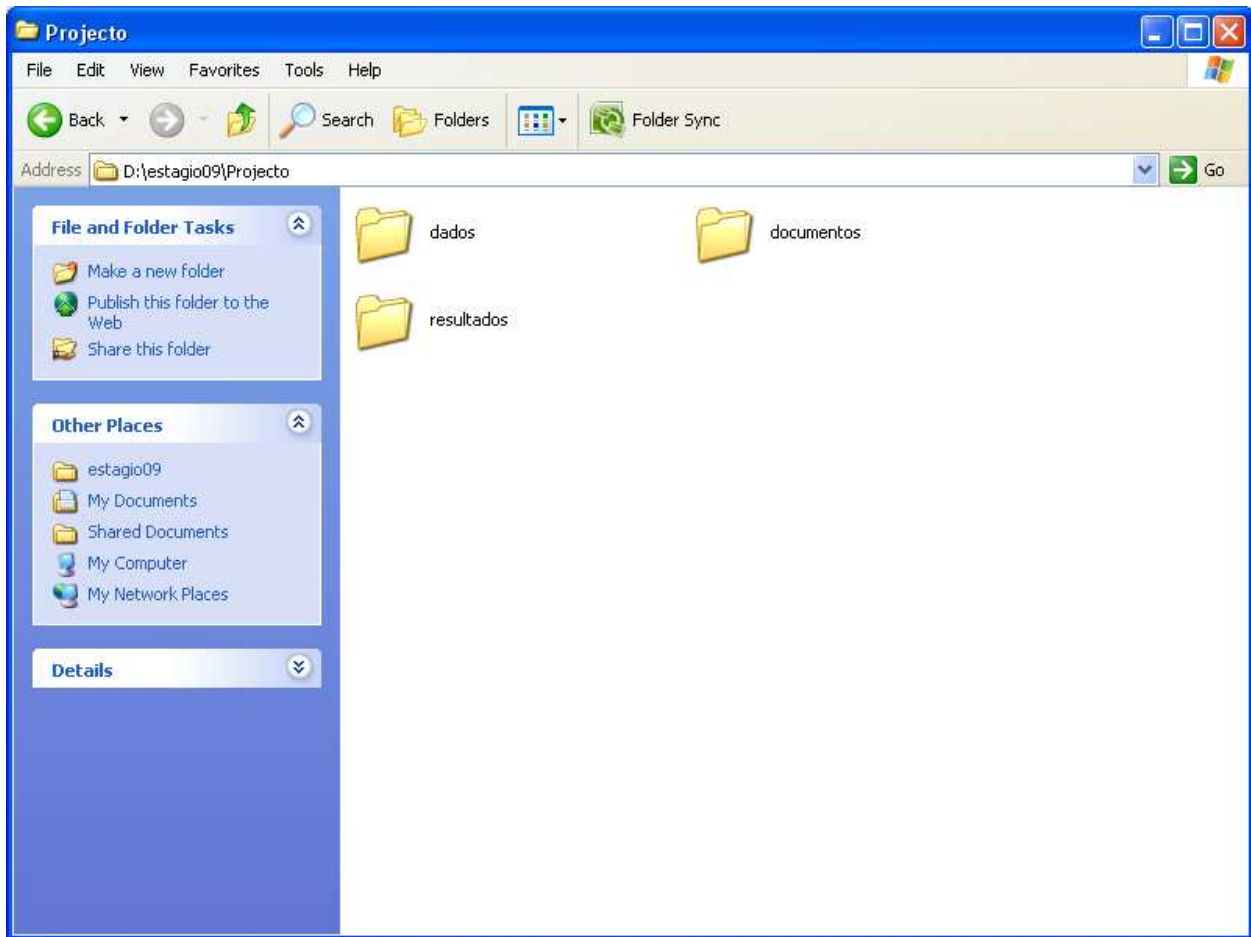


Figura 4: estrutura de directórios do projecto

3.4.2. Criar um processo sumário

O processo sumário corresponde a uma lista sucinta de passos dados para fazer a análise espacial respectiva. Eis o processo sumário deste projecto:

1. Explorar os dados existentes e conhecidos;
2. Organizar e documentar o trabalho;
3. Produzir um mapa base da região com elevação, batimetria, concelhos do Estado Mississippi, localidades e ilhas;

4. Alterar a elevação de metros para pés;
5. Isolar os terrenos inundados;
6. Reclassificar a utilização do solo, reduzindo-o a 6 categorias;
7. Multiplicar a zona inundada pelos tipos de solo reclassificados;
8. Criar uma simbologia apropriada para os tipos de solo reclassificados e gravá-la numa *layer*;
9. Calcular a percentagem de solo inundado (relativamente à área total inundada) por tipo de solo;
10. Mostrar a informação da área inundada num mapa e num gráfico de barras;
11. Criar uma zona de evacuação;
12. Criar um mapa que mostra infra-estruturas e “facilidades” de emergência, socorro e de saúde em risco, face à ondulação e subida das marés subsequente (na zona inundada e zona de evacuação);
13. Calcular a área do tipo de solo inundado em hectares, quilómetros quadrados e milhas quadradas;
14. Criar um *network dataset* das estradas principais fornecidas na *geodatabase katrina.gdb*;
15. Criar um mapa que mostre caminhos alternativos e intersecção de estradas com um determinado tipo de solo inundado;
16. Extrair resultados.

3.4.3. Documentar os mapas

Neste passo torna-se necessário acrescentar propriedades descritivas a todos os mapas produzidos, nomeadamente: nome do mapa, título, assunto, autor, categoria, palavras-chave e alguns comentários.

Além disso deverá ter-se especial atenção na definição de caminhos relativos para a fonte dos dados, por forma a que a ferramenta aplicacional possa encontrar automaticamente os dados relevantes, mesmo que se altere o directório raiz do projecto para uma nova localização ou computador.

Fazer isto envolve criar um determinado mapa no ArcMap. O ArcMap é uma aplicação que faz parte do ArcGIS onde se manipulam dados geoespaciais utilizando ficheiros apropriados, que lidam com informação espacial, como *feature classes*.

Depois de se criar um novo mapa, dando-lhe um nome (neste caso *USA_Costa_Sul_X.mxd*, onde X é o número do mapa criado) e colocando-o na pasta de resultados, é importante ir à opção *Document Properties*, no menu *File* do ArcMap, e preencher os campos indicados.

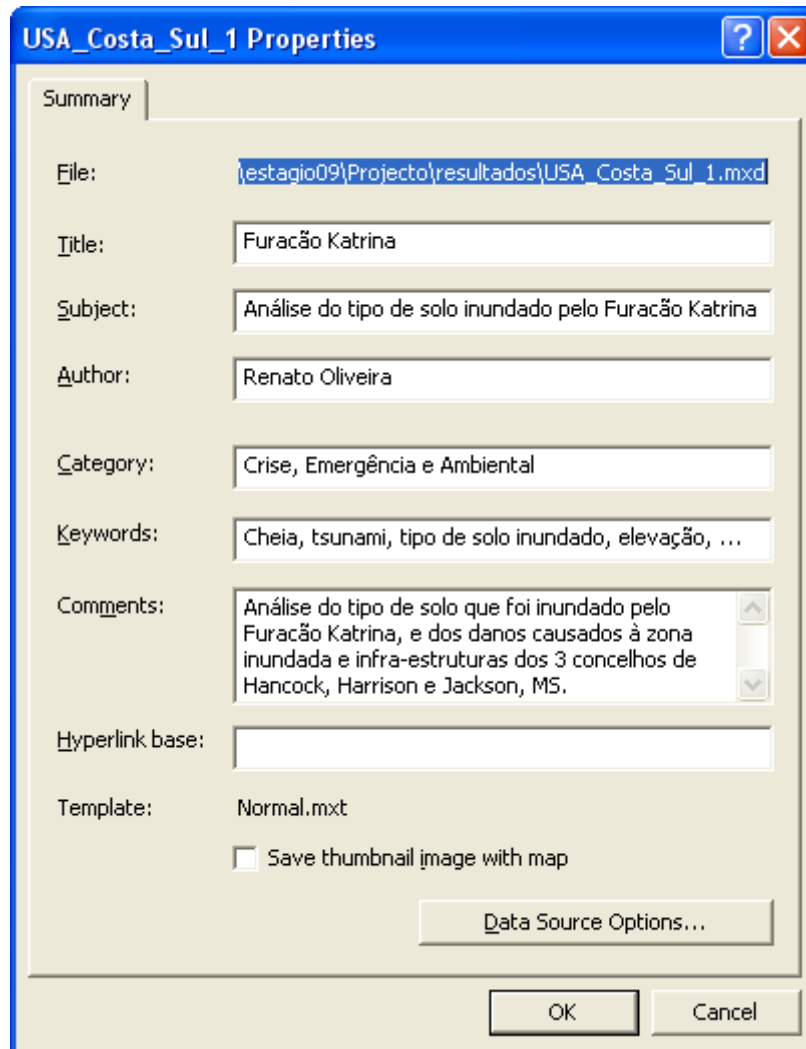


Figura 5: propriedades do mapa *USA_Costa_Sul_1.mxd*

No menu *Data Source Options* deve-se escolher utilizar caminhos relativos pelas razões já apresentadas. Já que todos os mapas criados se referem ao problema do furacão Katrina, todos eles contêm a mesma informação nas propriedades do documento.

3.4.4. Adaptar, harmonizar, normalizar e preparar o ambiente de trabalho

Em análise de SIG, trabalha-se frequentemente com dados de várias fontes e estes podem estar em escalas e sistemas de coordenadas ou de projecção diferentes. Na utilização de diversas facilidades de cálculo, como por exemplo, cálculos de distância e área, é vantajoso trabalhar com sistemas de unidades familiares (milhas vs. quilómetros ou metros vs. pés). Os dados em sistemas de coordenadas geográficas não projectadas, têm unidades de graus decimais que são difíceis de interpretar, pelo que será muito melhor se todas as *feature classes* envolvidas estiverem todas no mesmo sistema de projecção de mapas. Felizmente, a

ferramenta ArcMap do ArcGIS pode fazer muito deste trabalho, desde que se adoptem certas variáveis e se moldem apropriadamente algumas propriedades, o que foi desenvolvido durante o trabalho nos vários mapas criados.

Para mostrar correctamente os dados e resultados do trabalho, foi necessário escolher o sistema de coordenadas para a *frame*³ de dados respectiva. Se houver necessidade de acrescentar dados geográficos, provindos de sistemas de coordenadas já definidos, o mesmo ArcMap resolverá automaticamente o problema, adaptando essa projecção à da *frame* de dados original. O mesmo se passa se se adicionarem camadas (*layers*⁴) subsequentes, que tenham um sistema de coordenadas diferente da *frame* original, pois serão automaticamente projectadas (*on-the-fly*) para o sistema de coordenadas da *frame* de dados original.

Para este trabalho utilizou-se o sistema de coordenadas do ficheiro *landcover* da *geodatabase katrina.gdb*, já que este tem o sistema NAD_1983_Albers projectado, que tem como unidade linear o metro.

³ *Data Frame* – uma *Data Frame* é um contentor para *layers*. Um mapa é o documento que armazena as *Data Frames*, as *layers* e quaisquer elementos cartográficos tais como gráficos e texto. Um mapa pode conter várias *Data Frames*.

⁴ Uma *layer* é uma referência para um dado ficheiro de dados geográficos, como por exemplo *feature classes* de uma *geodatabase*, que define como a informação deve ser representada; por exemplo, representar localidades através de pontos de uma dada cor. Esta simbologia pode ser guardada quer no mapa – ficheiro *.mxd* –, quer num ficheiro *layer* – extensão *.lyr*.

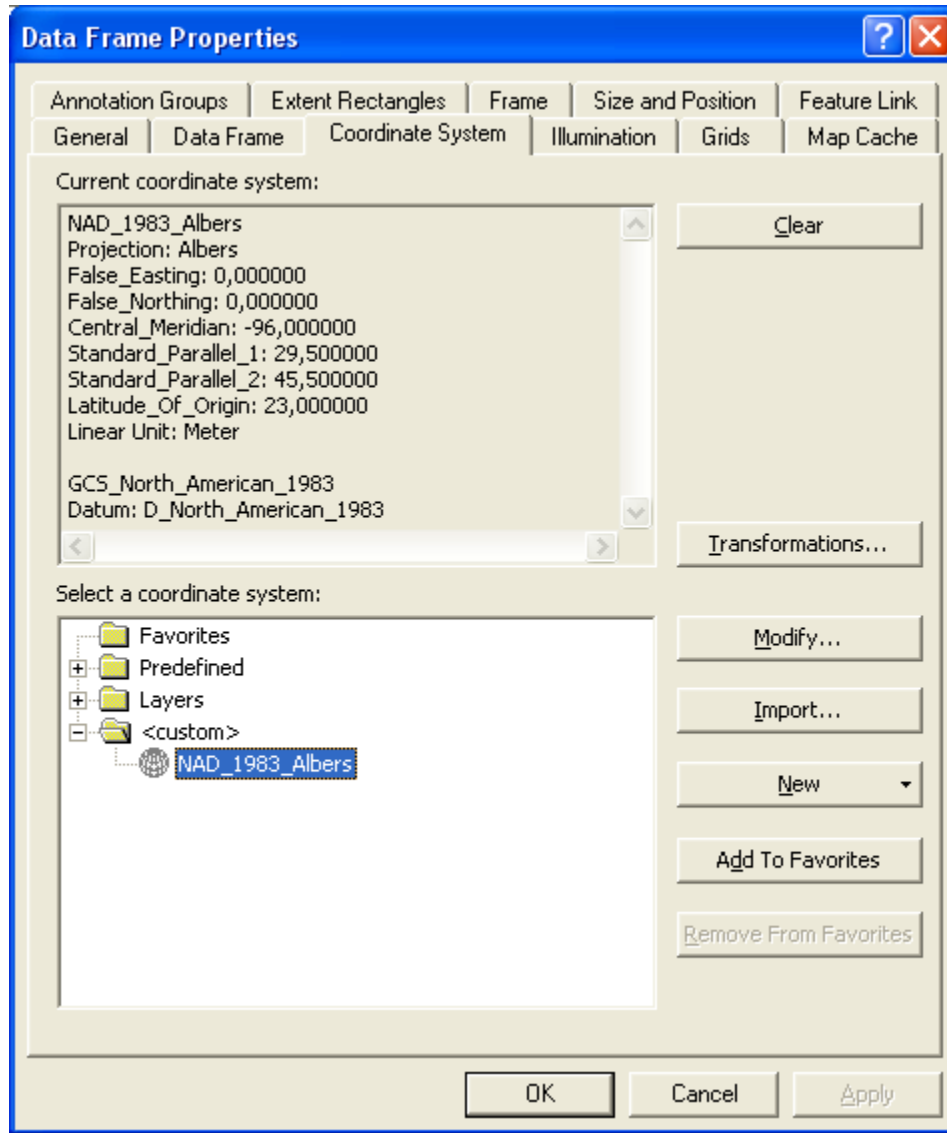


Figura 6: definição do sistema de coordenadas

Neste trabalho utilizam-se também várias ferramentas de geoprocessamento para executar diversas tarefas como cálculos, conversões, etc. Estas ferramentas encontram-se na ArcToolbox, aplicação que as permite gerir.

Antes de se utilizar as ferramentas da ArcToolbox, contudo, devem estabelecer-se alguns parâmetros genéricos que se aplicam a todas essas ferramentas. O Ambiente da Análise (*Environments*) inclui o espaço de trabalho (*Workspace*) onde os resultados serão colocados e a dimensão, tamanho das células e sistema de coordenadas para os resultados.

Para tal, basta abrir a ArcToolbox e seleccionar *Environments* no menu contextual dessa janela. As opções alteradas são as seguintes:

- *General Settings*

- *Current Workspace* – *geodatabase* onde se encontram os dados que foram utilizados (dados originais);
- *Scratch Workspace* – *geodatabase* dos resultados (assim, qualquer operação preenche de imediato este campo com o local adequado, que é a *geodatabase projecto_results.gdb*);
- *Output Coordinate System* – *Same As Display*, para utilizar o mesmo sistema de coordenadas já definido.

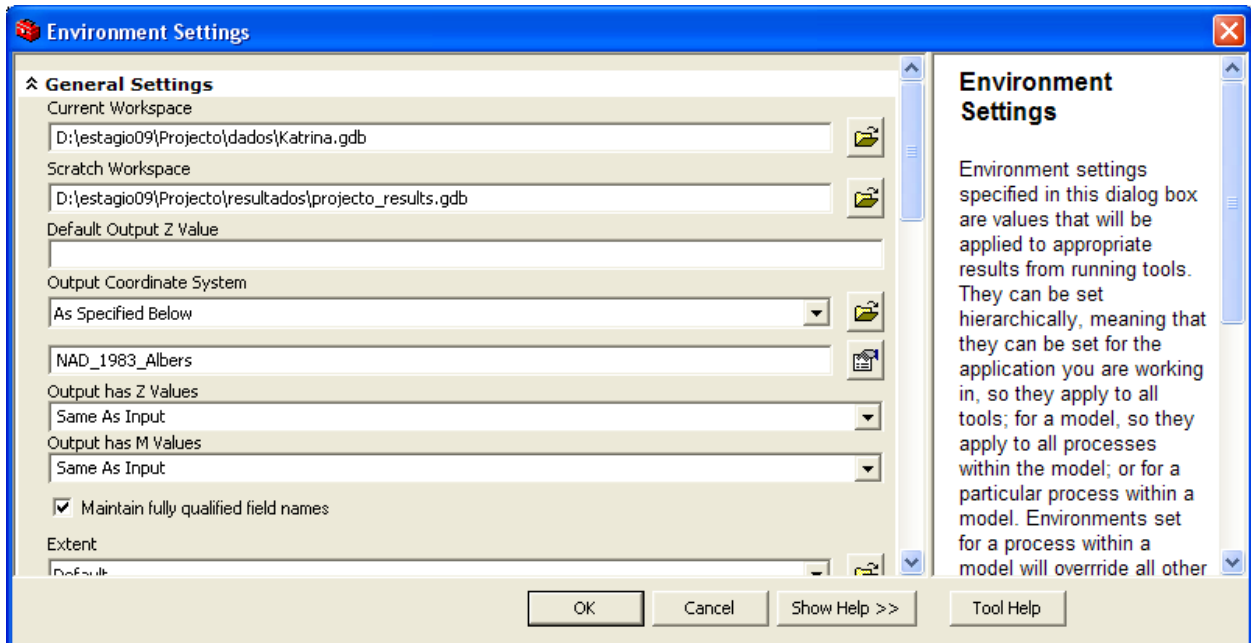


Figura 7: ambientes da ArcToolbox – *General Settings*

- *Raster Analysis Settings*
 - *Cell Size* – 30. Este tamanho diz respeito aos *rasters* utilizados, que têm 30x30 píxeis como tamanho/resolução. Assim sendo, esta opção é importante para garantir a correcta aplicação de operações aos dados *raster*.
 - *Mask* – esta opção limita a análise a um conjunto de elementos estipulado. Neste caso, pretende-se focar a análise nos concelhos de Hancock, Harrison e Jackson da costa Sul do Mississippi, pelo que se define a *feature class* que os representa – denominada *counties* – como máscara.

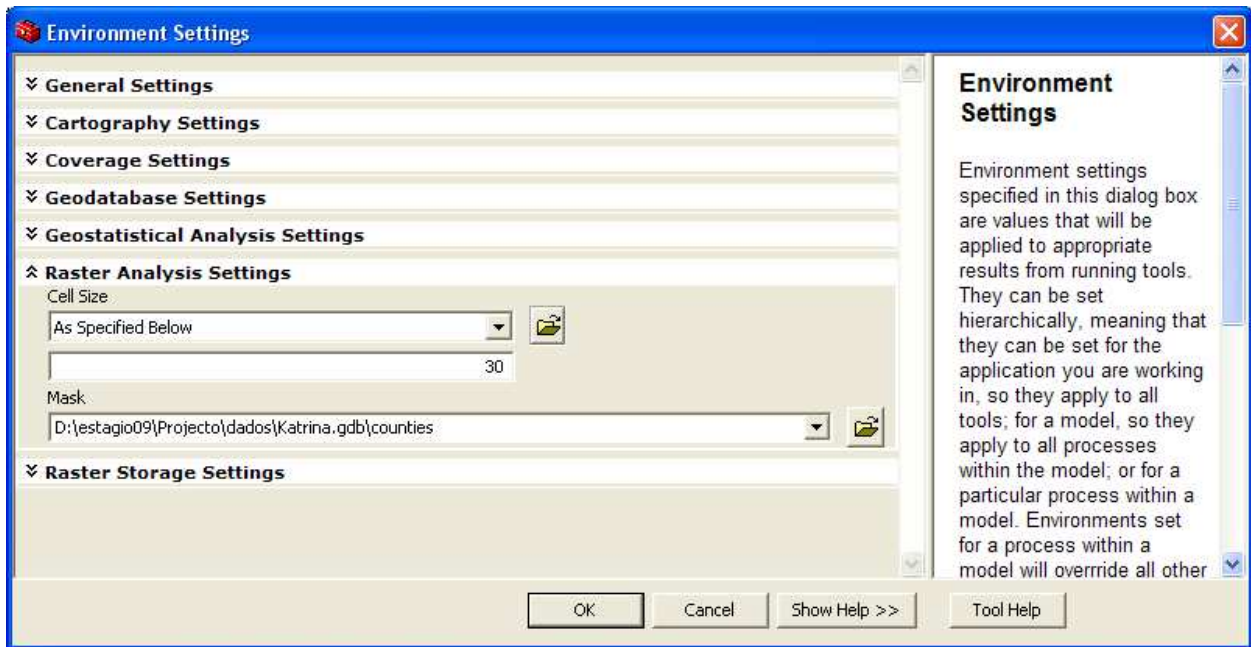


Figura 8: ambientes da ArcToolbox – Raster Analysis Settings

3.5. Análise

Uma vez examinados os dados, completada a documentação dos mapas e adaptado e normalizado o ambiente de trabalho, pode iniciar-se a análise e preparar os *displays* necessários à resolução do problema em questão. Para o efeito, aplicaram-se diferentes técnicas e ferramentas geoespaciais aos dados e informação geográfica tratada e compilada até aqui. Estas ferramentas incluem a selecção por atributos ou pela localização, a classificação, a interpolação, o mapeamento algébrico, a medição de áreas e outras variedades de técnicas. O essencial desta análise é produzir os *deliverables* identificados anteriormente, os quais se apresentarão como boa ajuda à solução do problema definido (e esclarecido). Como acontece muitas vezes, o primeiro conjunto de ferramentas de análise, pode não fornecer todos os resultados para a resolução do problema, pelo que pode haver necessidade, ao longo do trabalho, de refinar a análise e tentar outras ferramentas ou técnicas e, eventualmente, recuar à própria identificação dos *deliverables*, ajustando-os melhor à realidade concreta. De facto, mesmo no caso de se ter sido muito cuidadoso e meticuloso no planeamento do incidente, sabe-se que os dados geográficos nunca perdem uma boa oportunidade de nos surpreender. De seguida, detalham-se os passos seguidos para efectuar a análise espacial relativa ao problema proposto e criar os *deliverables* indicados.

3.5.1. Criar um mapa base da costa do Mississippi com elevação, batimetria e hidrografia

Uma boa forma de começar qualquer análise SIG é produzir um mapa local (mapa base) para compreender melhor a distribuição das *features* na área geográfica que se está a estudar. Assim produziu-se em primeiro lugar um mapa base da Costa Sul do estado do Mississippi, mostrando a elevação (cota) do terreno e as batimétricas do mar envolvente.

Um mapa base deverá conter tipicamente as características geográficas de interesse mais relevante, como neste caso os concelhos, as ilhas barreira, as localidades, os tipos de solo, zona aquífera e rios. Isto constitui de facto uma boa prática aquando da resolução de problemas geoespaciais como este, onde por exemplo, o sentido de escala se torna importante no estudo da área do incidente, bem como as diferentes *features* que podem dominar e influenciar a área geográfica. Este mapa base é o primeiro *deliverable* deste trabalho.

Para criar o mapa base, utilizou-se o mapa *USA_Costa_Sul_1.mxd*. Adicionou-se o ficheiro *raster elev* ao mapa. A *feature class elev* mostra a elevação acima do nível do mar, e a batimetria abaixo do nível do mar. Simbolizou-se o *raster* com cores a começar em amarelo, passar por verde e acabar em azul-escuro, conforme a ordem decrescente da elevação/batimetria (amarelo: alta elevação, azul: baixa batimetria). Deste *raster*, sabe-se que a batimetria atinge o seu ponto mais baixo a Sul, com o valor de 7,9928 metros negativos, e o seu ponto mais alto a Norte, atingindo os 103,082 metros. É importante realçar que a nível batimétrico, a costa do Golfo é pouco profunda.

Em seguida adicionaram-se os concelhos (*counties*) ao mapa, visualizando-os com 50 % de transparência e activando a sua etiquetagem por nome de concelho. De Oeste para Este, identificam-se 3 concelhos: Hancock, Harrison e Jackson. Jackson é o maior, seguido por Harrison e, por fim, por Hancock.

Adicionaram-se depois as localidades (*places*), identificadas com círculos, e ilhas (*islands*), etiquetando estas; também se adicionaram os elementos de água (*water*), simbolizando-os pelo tipo. Por fim, adicionaram-se os rios (*rivers*), colorindo-os a azul.

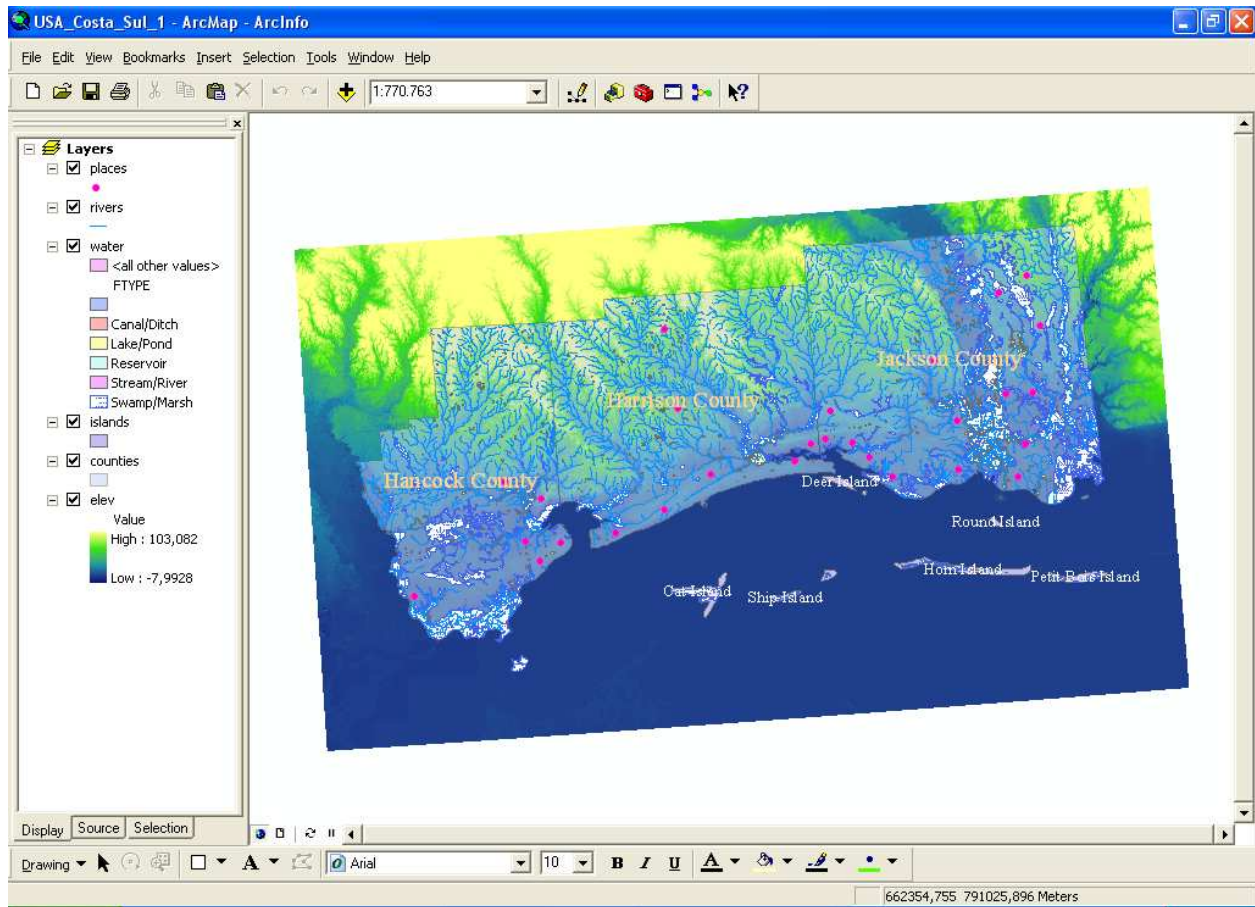


Figura 9: *deliverable 1* – mapa base da costa Sul do Mississippi

Este *deliverable*, agora completo, permite-nos compreender melhor a organização da área em estudo.

Existem baías e uma forte concentração de pântanos e rios na costa (destaque-se que a um nível mais abrangente, um elemento interessante neste mapa é a rede de rios geral, que apresenta um nível de ramificação muito elevado). Grande parte das localidades está também concentrada na costa. Esta distribuição geográfica é preocupante porque a área é susceptível de ser fortemente atingida, no caso da ocorrência de um furacão que cause inundação. Dos três concelhos, é em Jackson que se encontra a maior parte das localidades.

Existem 6 ilhas barreira ao largo da costa do Golfo (4 mais afastadas da costa – Cat Island, Ship Island, Horn Island e Petit Bois Island – e 2 mais próximas – Deer Island e Round Island), mas a sua baixa elevação não transmite uma grande confiança no caso duma possível inundação. Outro problema diz respeito ao concelho de Hancock, que não dispõe de ilhas barreira a sul, como acontece com os concelhos de Harrison e Jackson.

Os concelhos de Hancock e Jackson têm uma grande concentração de pontos relevantes, no que respeita ao equilíbrio natural do ambiente e áreas que garantam a sustentabilidade e sobrevivência das populações. É de destacar a forte presença de pântanos

em Hancock, bem como a igualmente forte concentração de pântanos, lagos, rios e ribeiros, e localidades em Jackson. Estes elementos levam a que se devam considerar relevantes planos de contingência que dêem prioridade a estes dois concelhos, sem no entanto descurar a importância da protecção do concelho de Harrison, particularmente no que diz respeito às localidades.

3.5.2. Realizar a análise espacial

Com o primeiro *deliverable* completo, pode iniciar-se a análise qualitativa do problema. Os passos seguintes (de 3.5.2.1 a 3.5.2.4), orientaram essa análise, através da identificação dos terrenos mais afectados pela inundação, provocada por grandes ondas e marés, e do seu tipo de utilização/cobertura.

3.5.2.1. Calcular a zona de terrenos inundados

O mapa é agora o *USA_Costa_Sul_2.mxd*. A este mapa foi também adicionado o *raster elev*. A partir deste ponto utiliza-se sobretudo a ferramenta Spatial Analyst, pelo que é importante referir a sua utilidade na análise geoespacial.

O Spatial Analyst é uma extensão do ArcGIS que permite realizar ou modelar, de uma forma simples, análises espaciais complexas. Esta ferramenta permite responder a uma vasta gama de questões como identificar relações espaciais, encontrar localizações óptimas e calcular o custo acumulado e ponderado de deslocação entre diferentes pontos.

Como foi referido anteriormente, os dados *raster* contêm informação nos valores das suas células, por isso, a execução de operações nestes dados diz respeito à manipulação desses valores. O Spatial Analyst é uma das ferramentas especializadas para trabalhar com dados *raster* facilmente, permitindo criar, inquirir e analisar dados *raster* (matriciais) e efectuar análises integradas de dados *raster* com dados vectoriais e, neste trabalho, isso é fundamental para se executar um conjunto de tarefas como converter determinadas medidas para outras, encontrar a zona inundada, reclassificar informação de modo a simplificar a sua visualização, etc. Nos passos subsequentes estas etapas vão ser detalhadas.

Os dados nas células da camada *elev* estão em metros, mas os dados disponíveis que medem a altura das ondas provocadas pelo furacão são fornecidos em pés (15 pés), sendo por isso necessário converter metros em pés. Para isso utilizou-se a ferramenta *Math* do Spatial Analyst e fez-se a conversão através da ferramenta *Times*.

Um metro é igual a 3,28 pés, pelo que basta utilizar o *raster elev* fornecido e multiplicar por 3,28, para fazer a operação célula a célula. Visto que os valores foram convertidos de metros para pés, o *raster* importante passou a ser o agora criado (*elev_pes*), e o

valor batimétrico mais baixo é agora 19,8383 pés negativos e o valor de elevação mais alto é 269,651 pés.

Estando as medidas coerentes com o pretendido, pôde-se então obter a zona inundada. Para tal, utilizou-se uma outra ferramenta, *Less Than Equal*, também da ferramenta *Math* do Spatial Analyst.

De facto, esta ferramenta permitiu isolar a área inundada pela ondulação; utilizou-se para o efeito o *raster elev_pes*, criado no ponto anterior, e o valor constante 15 que interessa à operação (já que foi esse o valor em pés indicado da altura das ondas); obteve-se assim uma nova *feature class* denominada *zona_inundada*. Os valores das células a 1 neste *raster* são as zonas que satisfazem o critério estabelecido, isto é, a zona inundada pelo efeito do furacão (o valor 0 indicará as restantes zonas, isto é, as zonas não inundadas).

Identificada a zona inundada, o objectivo foi depois descobrir o tipo de solo subjacente.

3.5.2.2. Reclassificar a utilização do solo

Adicionou-se o *raster landcover* ao mapa. Este *raster* tem 16 tipos ou categorias de utilização de solo, os quais são demasiado específicos para as necessidades desta análise, pelo que foi necessário agrupar alguns deles pelas suas similitudes e assim reduzi-los a 6 categorias.

Para tal, simbolizou-se *landcover* por valores únicos, e utilizou-se uma outra ferramenta própria para o efeito do Spatial Analyst: *Reclassify* de *Reclass*.

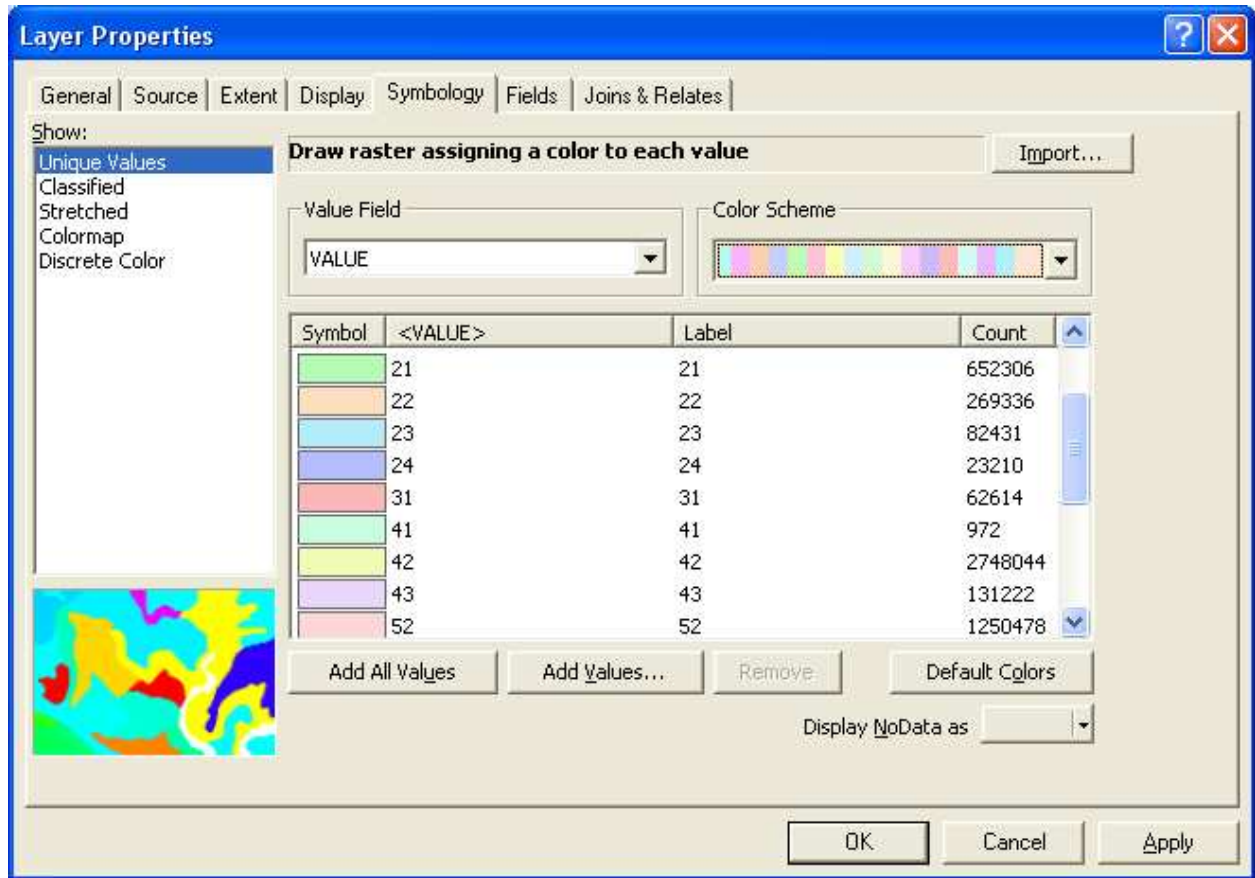


Figura 10: as 16 categorias de tipos de solo na *feature class landcover* original

Utilizou-se o *raster landcover*, reclassificando-o nas novas 6 categorias, de acordo com a seguinte tabela:

Tabela 1: a reclassificação de *landcover*

Valores Originais	Tipo de Solo	Valores Reclassificados	Tipo de Solo reclassificado
11	Água	1	Água
21	Construção, espaço aberto	2	Construção
22	Construção, Baixa Intensidade	2	
23	Construção, Média Intensidade	2	
24	Construção, Alta Intensidade	2	
31	Terreno Árido	3	Terreno Árido
41	Floresta folha caduca	4	Floresta
42	Floresta folha persistente	4	
43	Floresta mista	4	
52	Pequenos arbustos	5	Agricultura
71	Prado/herbáceo	5	
81	Pastagens/forragens secas	5	
82	Terreno Agrícola	5	
90	Solo lagunar arborizado	6	Solo lagunar
95	Pastagem lagunar emergente	6	
127	No Data	0	No Data

O raster de output é *reclandcover*.

3.5.2.3. Isolar os tipos de solo inundados

Para calcular as áreas dos terrenos inundados e classificá-las pelos valores reclassificados, foi necessário isolar as áreas inundadas. Para tal, tirou-se mais uma vez partido da manipulação de dados em *raster*, multiplicando a *zona_inundada* por *reclandcover*, utilizando-se novamente a ferramenta *Times* do Spatial Analyst. Obteve-se por fim um *raster* a que se chamou *tipo_solo_inundado*.

3.5.2.4. Etiquetar os tipos de solo inundados

Antes de etiquetar os solos, o *raster tipo_solo_inundado* acabado de criar, apenas continha os valores numéricos reclassificados (de 1 a 6, conforme a tabela 1), que, apesar de importantes (como se irá ver), não identificavam com clareza o tipo de solo. Para o efeito, acrescentou-se então na tabela de atributos deste *raster* um novo campo (UTI_SOLO),

do tipo *text*, acrescentando-se a cada tipo de solo a sua classificação tal como indicada na tabela 1. Em seguida simbolizou-se esta *layer* por valores únicos, utilizando o novo campo UTI_SOLO com cores apropriadas; o valor 0 não tem qualquer cor já que, como foi referido, representa a área não inundada. Esta simbologia foi útil para se utilizar num *deliverable* posterior, pelo que se guardou essa informação num ficheiro *tipo_solo_inundado.lyr*.

Adicionaram-se em seguida os concelhos, as localidades e as ilhas ao mapa.

Agora que se criou a primeira parte do *deliverable 2*, vai-se identificar a extensão dos danos provocados pelas inundações, avaliar quais as áreas mais afectadas e sumarizar os danos provocados aos concelhos e ilhas barreira.

A análise qualitativa realizada é um bom princípio, mas para tomar decisões sobre os danos provocados pelo tufão Katrina, requer-se uma avaliação quantitativa acerca da área de cada tipo de solo afectado pela “onda” de inundação.

3.5.2.5. *Determinar a percentagem de tipos de solo inundados*

Nesta etapa, pretendeu-se criar um gráfico que mostrasse a percentagem de terreno que foi inundado. Os terrenos de construção e residenciais, serão os de maior custo de reconstrução no imediato, mas a destruição das zonas lagunares pode ter um efeito mais duradouro, no que respeita à recuperação da economia e do ambiente.

Para determinar as percentagens, utilizou-se o campo COUNT da tabela de *tipo_solo_inundado*. Este campo é típico em ficheiros *raster* e representa o número de píxeis de cada célula que, neste caso, representa cada tipo de solo, pelo que foi utilizado para medir a área. Através das estatísticas que se podem obter da aplicação, chegou-se à conclusão de que o total (soma) de píxeis inundados é 1380797.

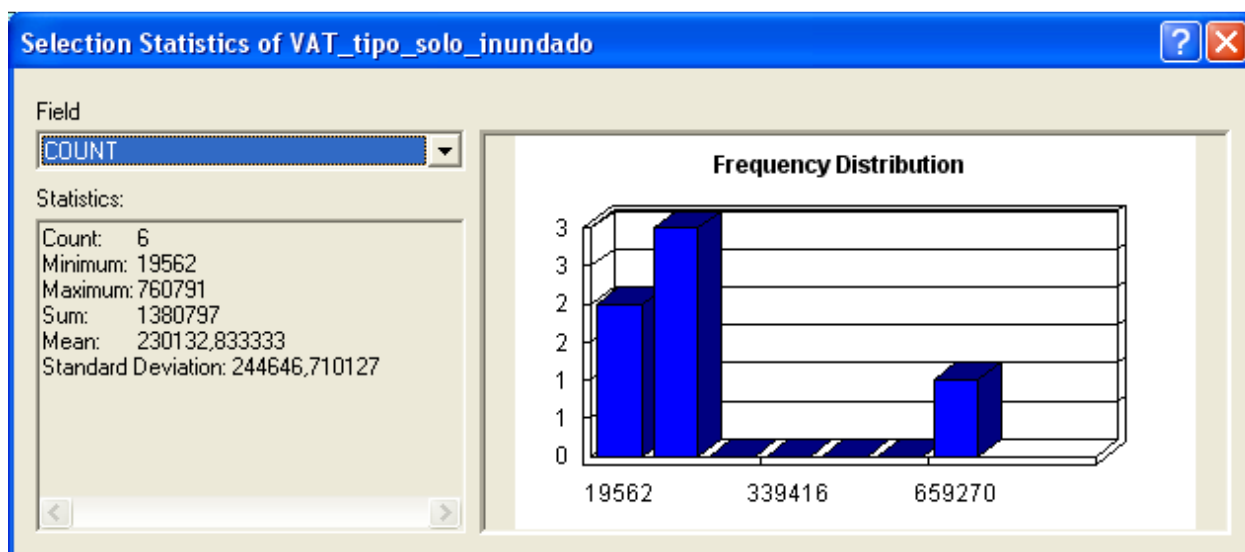


Figura 11: estatísticas dos tipos de solo inundados

Bastou depois acrescentar à tabela de *tipo_solo_inundado* um campo PERCENTAGEM_SOLO, do tipo *float*, e preenchê-lo automaticamente com a ferramenta *Field Calculator*, com os valores de percentagem através da fórmula $COUNT / 1380797 * 100$.

3.5.2.6. *Graficar a percentagem de solos inundados por tipo de solo*

A informação criada no passo anterior permitiu a criação de um gráfico que mostra as percentagens de solos inundados por tipo de solo, através da opção *Create Graph* do ArcGIS. Este gráfico é dinâmico: é possível seleccionar diferentes tipos de solo sozinhos na *layer tipo_solo_inundado* e ele automaticamente se actualiza.

3.5.2.7. *Criar a zona de evacuação*

Neste passo definiu-se uma zona possível de evacuação, que necessita de ser monitorizada, dada a necessidade de garantir segurança face à inundação e, ao mesmo tempo, a sua proximidade à zona inundada.

Para criar esta zona, definiu-se um *buffer* com 650 metros como distância máxima da zona inundada. Um *buffer* é um elemento de análise que delimita uma área na aplicação SIG, de acordo com a distância especificada à *feature* usada como *input*:

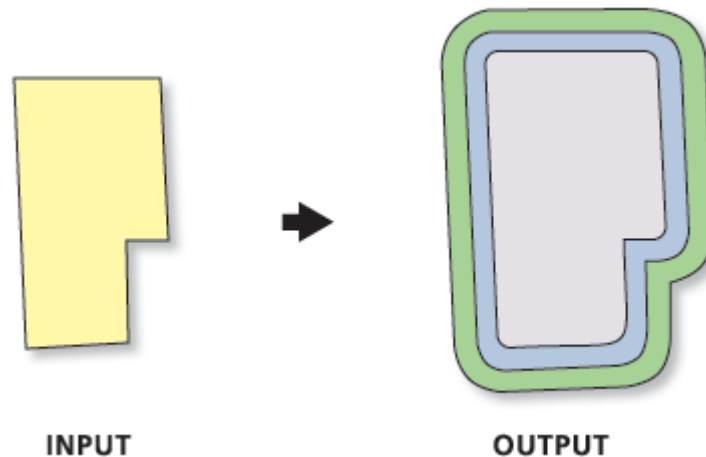


Figura 12: o conceito de *buffer*

O *buffer* inclui todos os elementos entre a zona inundada e os elementos contidos na distância especificada. O *buffer* é uma ferramenta que se encontra na ArcToolbox em *Proximity* de *Analysis Tools*.

Deste modo, criou-se a *feature class Zona_evacuacao*.

3.5.2.8. Converter a zona inundada para polígonos

Neste mapa, várias *layers* foram criadas com a informação de localidades total ou parcialmente inundadas ou na zona de evacuação. Isso foi feito através de ferramentas geoespaciais de selecção por atributos e por localização e foram muito úteis para extrair conclusões que serão apresentadas no último ponto do *workflow*. O *raster zona_inundada*, contudo, não permite utilizar essas ferramentas geoespaciais devido às suas limitações e representação. Assim, foi necessário trabalhar em ambiente vectorial, pelo que se converteu este *raster* em polígonos. O ArcGIS possui uma ferramenta de conversão denominada, precisamente, *Raster to Polygon*, dentro de *From Raster* em *Conversion Tools*.

Antes de se utilizar esta ferramenta, contudo, foi necessário extrair a zona não inundada do *raster* (aquelas células que tinham valor 0), com a ferramenta *Extract by Attributes* de *Extraction* do *Spatial Analyst*.

O *raster* utilizado foi então *zona_inundada*, o qual através de uma *query* permitiu extrair o valor 1, efectivamente correspondente à zona inundada, sendo o *output* criado, *extracao_apenas_zona_inundada*. Este *raster* foi o utilizado na ferramenta de conversão atrás descrita, produzindo a *feature class* pretendida, denominada *zona_inundada_polygon*.

3.5.2.9. Converter os tipos de solo inundados para polígonos

Num dos *deliverables* posteriores fez-se uma análise de estradas que intersectam um dado tipo de solo. Da mesma forma que no passo anterior, foi preciso converter a *layer tipo_solo_inundado* para *tipos_solo_inundados_polygon*, obviamente que, neste caso, com uma *query* diferente na ferramenta de conversão, que inclui os valores de 1 a 6.

3.5.2.10. Incluir as percentagens de solo inundado e não inundado no raster zona_inundada

Esta foi outra informação importante criada para permitir a posterior análise no último ponto do *workflow*. A forma de calcular esta percentagem foi a mesma já descrita para os tipos de solo inundados.

3.5.2.11. Calcular os custos de reparação das habitações nas localidades

Outro elemento importante nestas situações, é a análise financeira relativamente a alguns elementos dos locais inundados; utilizou-se como exemplo para este fim as localidades. Cada localidade possui na sua tabela de atributos um campo (HOUSEUNITS) que indica o número de habitações nessa localidade. Considerou-se que cada habitação custa 100000 euros (valor de exemplo) a reparar, pelo que se adicionou um novo campo à tabela

dessa *feature class*, PRECO_REPARACAO_HABITACOES, em que se multiplica o campo HOUSEUNITS por 100000 para obter o custo total da reparação em cada localidade.

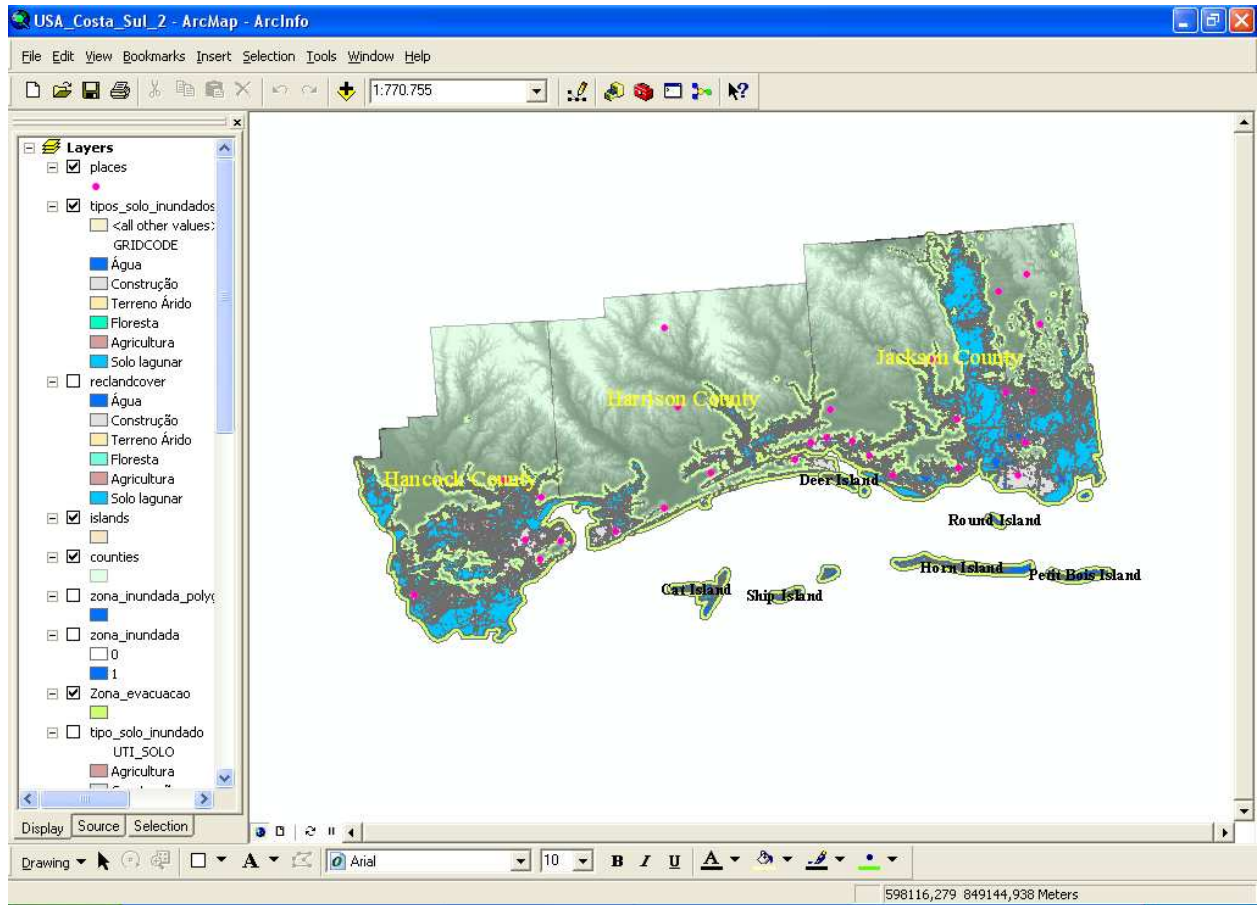


Figura 13: deliverable 2

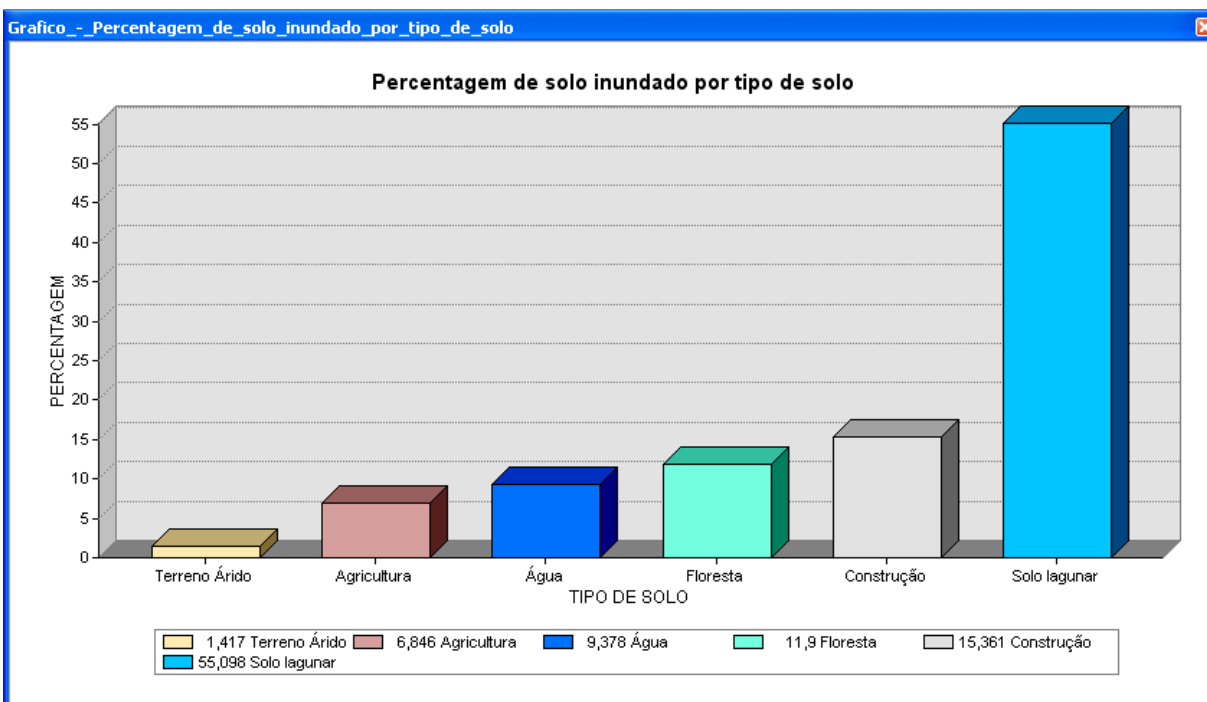


Figura 14: *deliverable 3*

Terminada a criação dos *deliverables* 2 e 3, faça-se agora uma breve análise.

O segundo *deliverable* mostra-nos um mapa da costa do Golfo depois da inundação provocada pelo furacão Katrina. É possível examinar os elementos afectados pela inundação, nomeadamente as ilhas barreira, tipos de solo e localidades.

Tal como previsto, a baixa elevação e pouca profundidade das águas são elementos pouco propensos a uma boa protecção da zona contra inundações. As ilhas barreira ficaram completamente submersas. Os concelhos de Hancock e Jackson foram fortemente afectados pelas cheias, tendo este último sido o mais afectado globalmente (repare-se que a inundação neste concelho também se pode verificar com alguma intensidade na zona Norte, e não só no Sul como acontece com os restantes). Uma grande quantidade de localidades nestes dois concelhos foram atingidas ou encontram-se muito próximas do desastre, tendo algumas ficado completamente isoladas; tal situação dificulta bastante a evacuação no caso de emergências e levanta fortes dúvidas quanto à possibilidade de serem utilizadas como zonas de protecção.

Uma observação dos tipos de solo inundados, deixa claro que o solo lagunar foi severamente afectado. Para uma análise mais concreta desta situação, pode-se recorrer ao terceiro *deliverable*, um gráfico que mostra as percentagens de solo inundado por tipo de solo. O solo lagunar ocupa 55,098 % nos resultados gerais, mais de metade do total; é seguido pelo terreno de construção com 15,361 %, depois pelo solo florestal com 11,9 %, água com 9,378 %, terreno agrícola com 6,846 % e finalmente pelo terreno árido com 1,417 %. A importância de todos estes tipos de solo para a natureza e vida das populações (como por exemplo a pesca e

aquacultura no caso do solo lagunar e agricultura e pecuária no caso do solo agrícola) significa que é imperativo tomar medidas de recuperação e arranjar alternativas, dando prioridade ao solo lagunar, claramente o mais afectado, e prosseguindo pelos restantes de acordo com o gráfico.

As ondas e marés provocadas, afectaram não só as terras lagunares (baixas e húmidas) mas também uma variedade de elementos das infra-estruturas que afectam a economia e o bem-estar das pessoas da região. Assim, no passo seguinte, explorar-se-á a distribuição espacial das infra-estruturas nesta região.

3.5.2.12. Preparar um mapa que mostre a destruição nas infra-estruturas e equipamentos de socorro, emergência e saúde

Como em qualquer desastre natural ou artificial, equipamentos, instalações e infra-estruturas de socorro, emergência e saúde, são críticos e prioritários na evacuação e recuperação.

Utilizou-se aqui um novo mapa, *USA_Costa_Sul_3.mxd*.

Adicionaram-se os concelhos (*counties*) do Mississippi.

Adicionaram-se as estradas (*usa_streets*) e simbolizaram-se apropriadamente – esta *feature class* possuía já um ficheiro *.lyr* com a simbologia apropriada para os diversos tipos de estradas, pelo que foi utilizada; etiquetaram-se em seguida as estradas principais. Estas etiquetas não foram activadas no mapa devido à grande quantidade de elementos presentes e isso causaria confusão; podem, no entanto, ser activadas a qualquer momento.

Adicionaram-se em seguida os caminhos-de-ferro (*railroads*), igrejas (*churches*), hospitais (*hospitals*) e aeroportos (*airports*), todos eles posteriormente simbolizados apropriadamente.

Finalmente, foram adicionadas a *zona_inundada_polygon* e a *Zona_evacuacao*, criadas anteriormente.

De modo semelhante ao *deliverable 2*, também aqui se efectuaram várias operações geoespaciais de selecção por atributos e por localização, para obter os elementos total e parcialmente inundados e na zona de evacuação; esta informação será posteriormente detalhada, no último ponto do *workflow*. Tem-se então criado o quarto *deliverable*.

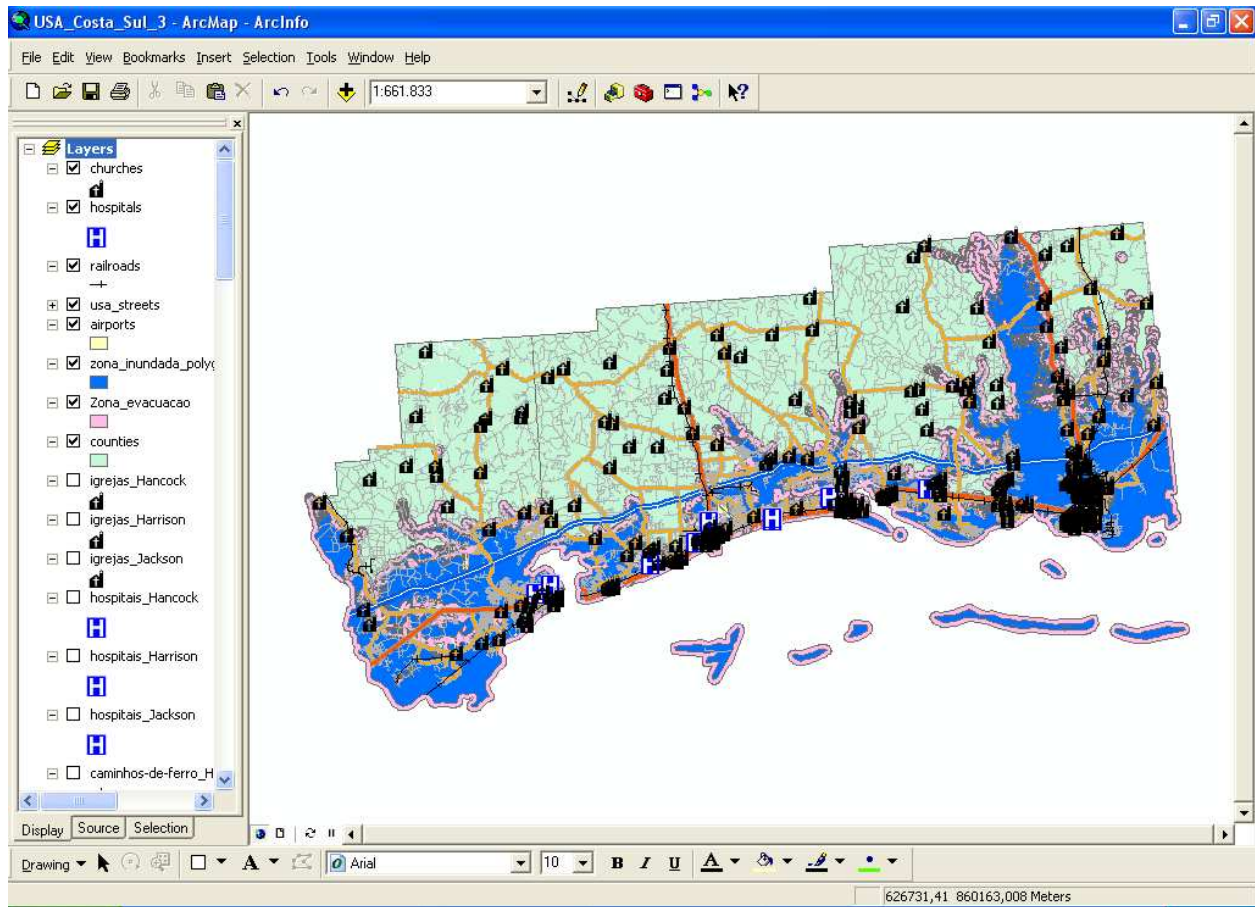


Figura 15: *deliverable 4*

O quarto *deliverable* mostra-nos as infra-estruturas de socorro, emergência e saúde em risco na sequência das tempestades provocadas pelo furacão Katrina.

Todos os hospitais se encontram próximos da costa, e por isso torna-se preocupante o seu estado. É possível identificar dois hospitais em Hancock e dois hospitais em Jackson; todos os outros pertencem ao concelho de Harrison. Apesar de ser possível identificar apenas um hospital completamente inundado (em Hancock), tanto o segundo hospital pertencente ao concelho de Hancock como os dois pertencentes ao concelho de Jackson, encontram-se cercados pelas cheias, estando em locais bastante afectados. Em Harrison os hospitais encontram-se mais próximos uns dos outros e mais livres (não estão completamente cercados como em Hancock e Jackson), o que possibilita uma maior eficácia e rapidez na ajuda às pessoas. Em todo o caso, é importante dar prioridade à situação destas infra-estruturas em todos os concelhos porque, mesmo em Harrison, algumas delas provavelmente só servirão para ajudar as populações mais próximas, devido ao ambiente caótico em redor que não permite concluir facilmente se o acesso aos mesmos é, de todo, simples.

As igrejas existem em maior número, apesar de existir também uma grande concentração na costa. Um caso particularmente notável é a grande concentração de igrejas a

Sul, no concelho de Jackson, que estão completamente cercadas. Apesar disso, nos três concelhos existem várias igrejas que poderão fornecer abrigo, por se encontrarem relativamente livres de perigo. As infra-estruturas mais próximas da costa são as que merecem, definitivamente, maior atenção.

Os caminhos-de-ferro foram também bastante afectados na costa nos três concelhos, especialmente no concelho de Jackson, que regista um número elevado de caminhos-de-ferro afectados. A sua utilização, salvo nas zonas Norte nos concelhos de Harrison e Jackson, é questionável: é necessário tomar atenção a estes elementos porque não será muito aconselhado utilizá-los.

Como aconteceu com as restantes infra-estruturas, a rede de estradas foi bastante afectada próximo da costa em todos os concelhos, e também a Norte no caso de Jackson. A Interstate 10 (I-10, elemento destacado a azul e branco) foi bastante afectada no concelho de Hancock, estando completamente inundada, e nos concelhos de Harrison e Jackson, nas zonas Este. Esta estrada é importante no salvamento, porque estabelece ligações com as restantes estradas principais (destacadas a cores vivas como vermelho e laranja) para Norte onde existe menos destruição. É por isso importante dar prioridade à sua reparação e utilizá-la adequadamente.

3.5.2.13. Calcular a área dos tipos de solo inundados

O próximo passo nesta análise é calcular a área em hectares, quilómetros quadrados e milhas quadradas das áreas inundadas. Esta informação irá permitir às equipas de socorro e emergência, organizações governamentais e privadas de segurança e de seguros, realizar as avaliações de danos.

Utilizou-se um novo mapa neste ponto, *USA_Costa_Sul_4.mxd*. Adicionou-se a ele os concelhos e o *raster tipo_solo_inundado*.

Quando se colocou o sistema de coordenadas do *Data Frame* na *feature raster landcover*, todas as células ficaram com a unidade espacial em metros. Sabe-se que cada célula tem 30x30 metros (cada pixel é um metro). Este conhecimento permitiu facilmente adicionar a informação necessária à tabela *tipo_solo_inundado*. Todos os campos aqui adicionados são do tipo *float* e são calculados apenas para os solos inundados (ou seja, o valor 0 está excluído).

Em primeiro lugar, adicionou-se o campo HECTA. Um hectare corresponde a 10000 m². Cada célula tem 30 * 30 = 900 m². O campo COUNT da tabela de atributos permitiu-nos conhecer a área total (COUNT * 900). Logo, 1 hectare está para 10000 m² assim como x hectares estão para COUNT * 900 m². A fórmula para este campo é, por isso, COUNT * 900 / 10000.

Em seguida, adicionou-se o campo KMQUAD. 1 km² corresponde a 100 hectares, e um hectare corresponde a 0,01 km². Já existe o campo HECTA que possui a área dos tipos de solo inundados em hectares. A fórmula para este campo é, por isso, HECTA * 0,01.

Finalmente, adicionou-se o campo MILHASQUAD. 1 km² corresponde a 0,386102159 milhas quadradas. Já existe o campo KMQUAD que possui a área dos tipos de solo inundados em km². Logo, a fórmula para este campo é KMQUAD * 0,386102159.

Ficou assim completo o quinto *deliverable*.

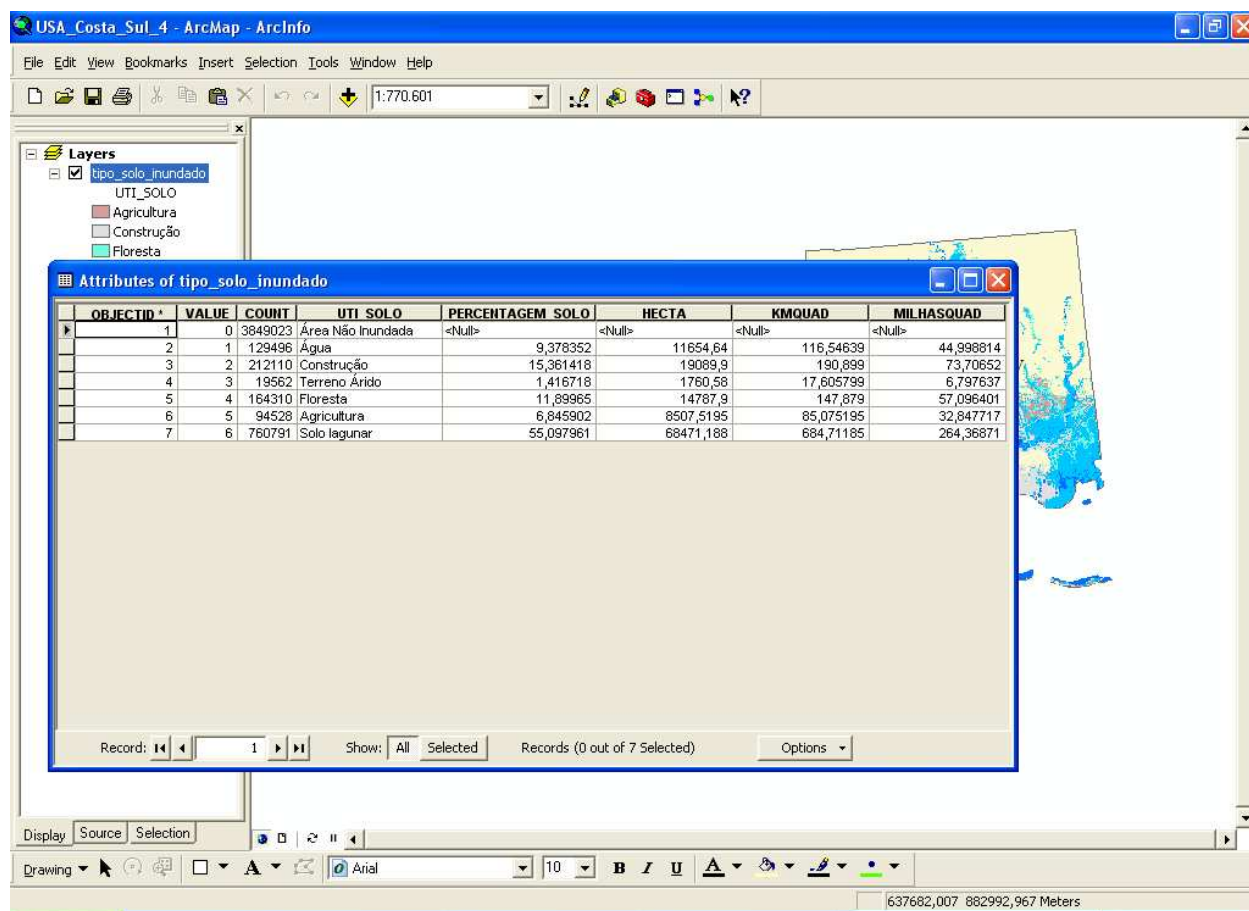


Figura 16: *deliverable* 5

Tabela 2: valores obtidos do quinto *deliverable* arredondados a duas casas decimais

Tipo de solo	Hectares	Quilómetros quadrados	Milhas quadradas
Água	11654,64	116,55	45,00
Construção	19089,90	190,90	73,71
Terreno Árido	1760,58	17,61	6,80
Floresta	14787,90	147,88	57,10
Agricultura	8507,52	85,08	32,85
Solo lagunar	68471,19	684,71	264,37

3.5.2.14. Completar a tabela reclangcover

Para efeitos de posterior comparação e extracção de conclusões, conforme o último ponto do *workflow*, adicionou-se também à tabela do *raster reclangcover* os campos PERCENTAGEM_SOLO, HECTA, KMQUAD e MILHASQUAD, calculados da forma já explicitada anteriormente para o *raster tipo_solo_inundado* (de notar que *reclangcover* representa a totalidade dos solos, pelo que não houve qualquer valor a excluir dos cálculos).

3.5.2.15. Criar uma rede de estradas principais

O último *deliverable* envolve encontrar caminhos alternativos. Para tal, é necessário criar uma rede de estradas (um *network dataset* – colecção de elementos de rede ligados topologicamente, como extremos, junções e curvas utilizada para representar uma rede linear que pode ser “percorrida”), para que possa ser trabalhada com o Network Analyst, ferramenta indispensável para atingir este objectivo.

O Network Analyst é também uma extensão do ArcGIS, que permite criar *network datasets* e fazer análises neles. Com esta extensão é possível executar uma variedade de tarefas incluindo a escolha das melhores rotas com o menor custo (em tempo, distância, fluxo de tráfego, etc) e descobrir locais próximos (uma gasolinera, por exemplo).

Para se criar a rede, utilizou-se um novo mapa, *USA_Costa_Sul_5.mxd*. A este mapa adicionaram-se as estradas (*usa_streets*). Visto que as estradas na totalidade são demasiadas, optou-se por seleccionar, da sua tabela, apenas algumas principais, seleccionando-se por atributos apenas as estradas “HWY”, “STHY” e “USHY” no campo PRETYPE1 e “I” no campo PRETYPE, intersectando-se esta selecção com a *zona_inundada_polygon* para obter apenas as estradas afectadas. Feita esta selecção, foi necessário convertê-la para uma *geodatabase feature class*, caso contrário não seria possível criar o *network dataset*. A conversão foi possível com a ferramenta *Feature Class to Geodatabase (multiple)*, que se encontra na ArcToolbox em *To Geodatabase de Conversion Tools*.

Criou-se assim a *feature class usa_estradas_principais*. Agora foi possível criar um novo *network dataset*. Este *dataset* foi criado nos dados originais, utilizando-se a opção *New Feature Dataset*, em *katrina.gdb*. O *dataset* chama-se *rodovias_principais_katrina* e utiliza o *shape_length* em quilómetros de *usa_estradas_principais* para possibilitar o cálculo do comprimento da estrada nessa medida (e consequentemente escolher a melhor rota baseada nesse parâmetro).

Depois de adicionado o *dataset* ao mapa e simbolizado, bem como os concelhos e a *zona_inundada_polygon*, utilizou-se o Network Analyst para trabalhar nele, definindo-se, em duas rotas, pontos de paragem (por onde é preciso passar obrigatoriamente) e barreiras (para impedir a aplicação de calcular uma rota pela zona inundada).

3.5.2.16. *Intersectar as estradas principais inundadas com um tipo de solo inundado*

Finalmente, adicionou-se ao mapa o *raster tipos_solo_inundados_polygon* para se exemplificar a intersecção entre as estradas principais e um dado tipo de solo inundado.

Em primeiro lugar, foi necessário extrair um tipo de solo da tabela de *tipos_solo_inundados_polygon*. Esta tabela tem um campo GRIDCODE, criado pela aplicação da conversão do *raster* vista anteriormente. Este GRIDCODE é essencialmente o valor do polígono que resultou das células do *raster*. Foi por isso necessário seleccionar por atributos os campos em que GRIDCODE é igual a 6 (código do solo lagunar, aquele que se escolheu extrair). Converteu-se depois esta selecção para uma *geodatabase feature class* utilizando-se a ferramenta *Feature Class to Geodatabase (multiple)*, já descrita anteriormente, dando-se à nova *feature* o nome *Solo_lagunar_inundado*. Por fim, foi apenas necessário seleccionar por localização a intersecção das *usa_estradas_principais* com o *Solo_lagunar_inundado*, criando-se as *usa_estradas_principais_intersectam_solo_lagunar*.

Completo-se assim o sexto e último *deliverable*.

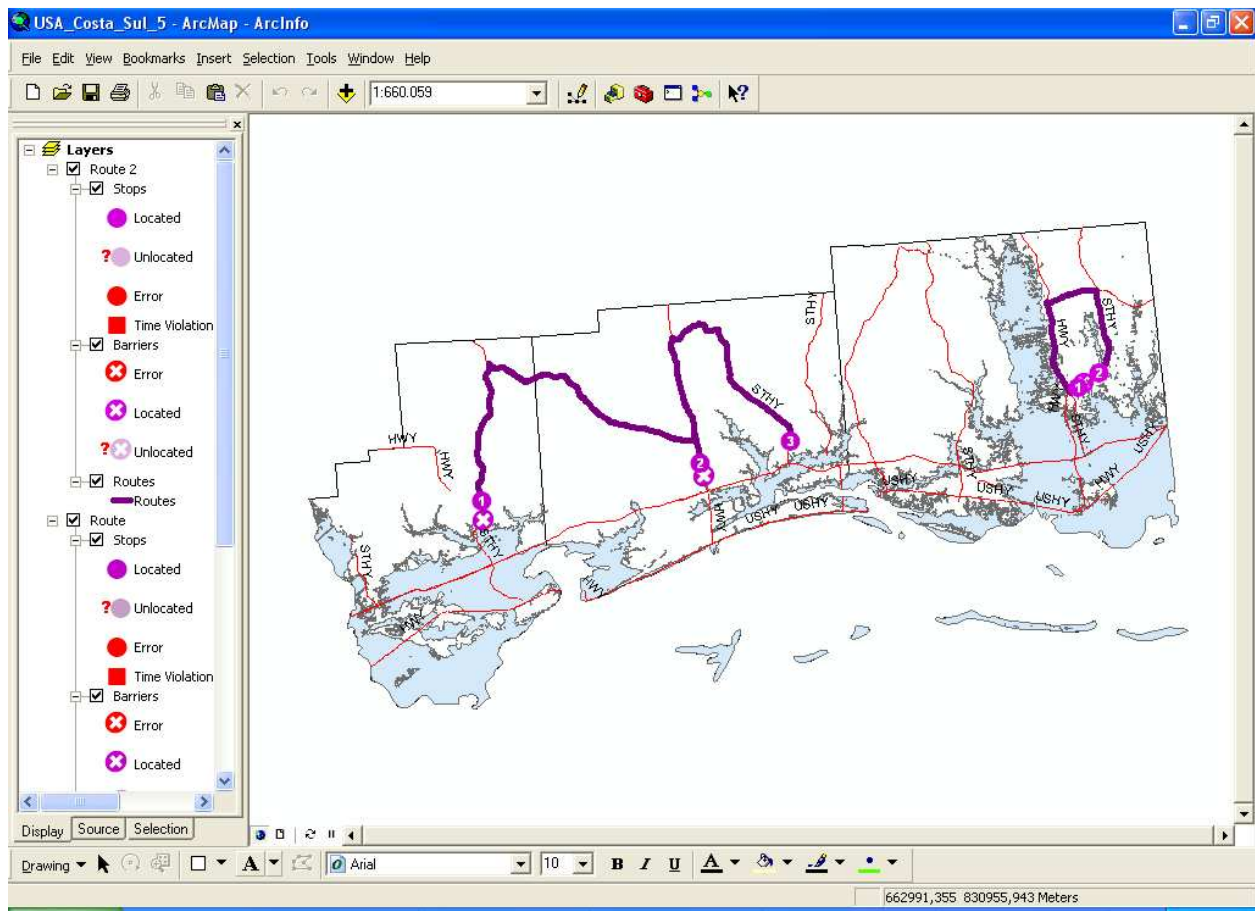


Figura 17: *deliverable 6* – rede de estradas e melhores rotas

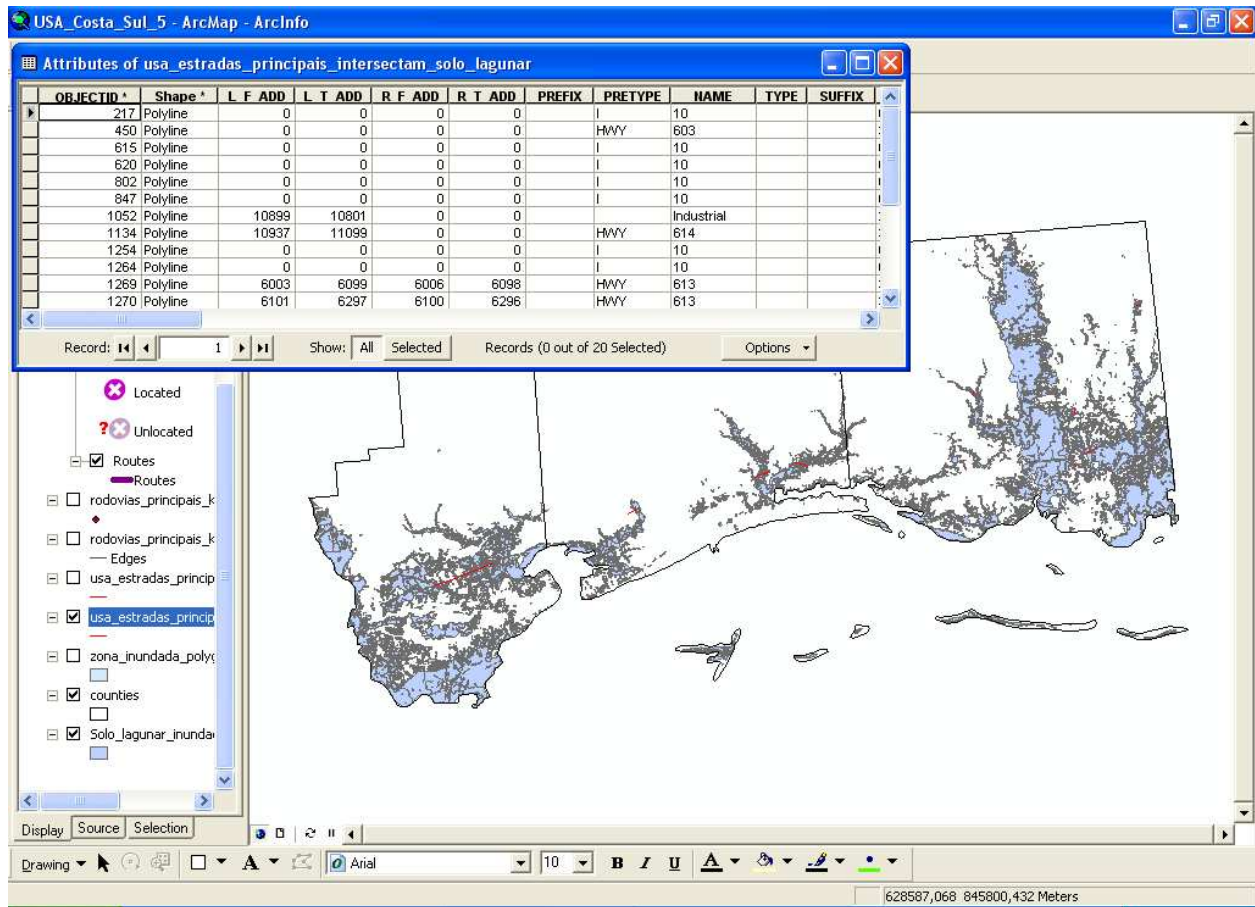


Figura 18: deliverable 6 – estradas que intersectam o solo lagunar inundado

4. Produzir os *deliverables*, extrair as conclusões e apresentar os resultados

Feita a análise, é necessário extrair as conclusões e apresentar à audiência alvo, os resultados a que se chegou.

Em primeiro lugar, todos os *deliverables* criados, são peças importantes na observação e compreensão da zona em estudo, tal como identificado desde o início. Foi possível compreender a organização espacial dos elementos com o primeiro *deliverable* (o mapa base), os tipos de solo e localidades inundadas e na zona de evacuação com os *deliverables* 2 e 3, as infra-estruturas importantes em risco com o *deliverable* 4, o detalhe da área dos tipos de solo inundados para as avaliações de danos com o *deliverable* 5 e formas de se calcular as melhores rotas e analisar o impacto da intersecção de estradas com um tipo de solo inundado com o *deliverable* 6.

Analise-se agora em pormenor os dados concretos extraídos destes *deliverables*. Antes disso, contudo, uma pequena nota: os *print screens* utilizados nesta secção servem apenas como exemplos para demonstrar onde se foi buscar a informação.

4.1. Os tipos de solos

As tabelas e informação das áreas acerca dos tipos de solo criadas ao longo da análise permitem extrair várias conclusões.

A tabela *reclandcover* contém informação dos tipos de solo na totalidade, e abrange toda a área em estudo (cerca de 4711,03 (2 c.d.) km²).

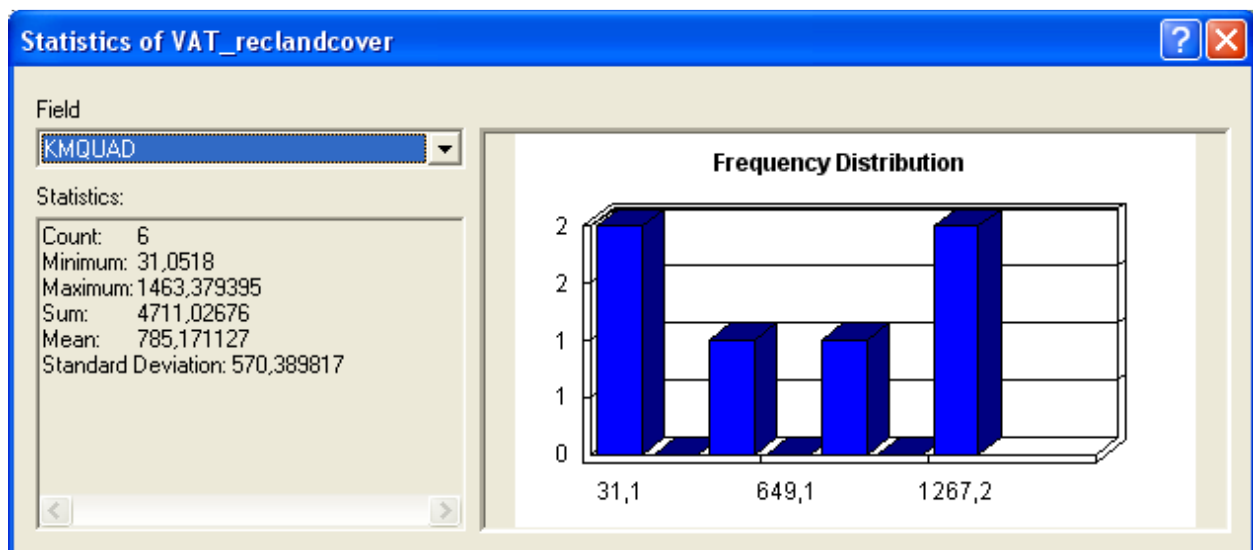


Figura 19: área total da zona em estudo em km²

A tabela *tipo_solo_inundado* contém os solos inundados, de onde se retira que a área total inundada é 1242,72 (2 c.d.) km².

Logo, a área total não inundada da zona em estudo é de 4711,03 - 1242,72 = 3468,31 km².

Estes valores corroboram (aproximadamente) a informação da percentagem da zona inundada e não inundada da tabela *zona_inundada*, respectivamente 26,45 % (2 c.d.) e 73,55 % (2 c.d.).

Pode-se agora analisar cada tipo de solo (utilizando apenas a área em km²):

- Água:
 - Em 143,38 (2 c.d.) km² no total, foram inundados 116,55 (2 c.d.) km², o que constitui cerca de 81,29 % (2 c.d.).
- Construção:
 - Em 598,15 (2 c.d.) km² no total, foram inundados 190,90 (2 c.d.) km², o que constitui cerca de 31,92 % (2 c.d.).
- Terreno Árido:
 - Em 31,05 (2 c.d.) km² no total, foram inundados 17,61 (2 c.d.) km², o que constitui cerca de 56,71 % (2 c.d.).
- Floresta:
 - Em 1420,92 (2 c.d.) km² no total, foram inundados 147,88 (2 c.d.) km², o que constitui cerca de 10,41 % (2 c.d.).
- Agricultura:
 - Em 1054,15 (2 c.d.) km² no total, foram inundados 85,08 (2 c.d.) km², o que constitui cerca de 8,07 % (2 c.d.).
- Solo lagunar:
 - Em 1463,38 (2 c.d.) km² no total, foram inundados 684,71 (2 c.d.) km², o que constitui cerca de 46,79 % (2 c.d.).

Já havia sido concluído, pelo *deliverable* 3, que o solo com maior percentagem de inundação, relativamente à área total inundada, é o lagunar, seguido pelo terreno de construção, depois pelo solo florestal, pela água, pelo terreno agrícola e, por fim, pelo terreno árido. A nova informação acima descrita (análise independente de cada tipo de solo), no entanto, permite saber que, nomeadamente, o solo aquífero, o terreno árido e o solo lagunar, foram extremamente afectados. No que respeita a estes solos e à sua utilização e importância na vida das pessoas, é conveniente importar os alimentos e bens fornecidos por eles enquanto a situação das zonas inundadas não puder ser resolvida com sucesso. Deve-se também, assim que possível, aproveitar o solo de construção para construir eventuais infra-estruturas em zonas mais seguras.

4.2. As infra-estruturas

As infra-estruturas são elementos importantes a ter em conta no desastre.

Existem 6 tipos de infra-estruturas analisados:

- **Localidades:** as localidades contêm habitações, habitantes, zona terrestre e zona marítima (estes valores podem ser consultados nas suas tabelas). São locais onde as pessoas vivem e por isso é importante saber qual o seu estado;
- **Igrejas:** as igrejas servem, neste desastre, como locais de abrigo em segurança, caso seja necessário;
- **Hospitais:** os hospitais são fundamentais para ajudar nas evacuações e pessoas feridas durante o acidente e servem também como locais seguros;
- **Caminhos-de-ferro:** os caminhos-de-ferro permitem a deslocação das pessoas caso seja possível, para uma evacuação mais rápida;
- **Estradas:** como os caminhos-de-ferro, são elementos importantes na evacuação e estabelecem ligações com outras estradas que possibilitam a fuga para zonas seguras;
- **Aeroportos:** os aeroportos são elementos importantes nesta situação de emergência, pois podem servir para evacuar em segurança uma grande quantidade de gente. Sobre a tabela de atributos dos aeroportos, é importante esclarecer que nos permite seleccionar ou o aeroporto no geral ou as suas pistas.

A análise destes elementos passa por 6 etapas: infra-estruturas totais, totalmente inundadas, parcialmente inundadas, totalmente na zona de evacuação, parcialmente na zona de evacuação, e seguras.

Antes de iniciar, é conveniente esclarecer um ponto: na obtenção dos elementos por cada concelho, como foi referido, foram feitas operações geoespaciais de selecção, quer por atributos quer por localização. Quando a informação nos dados originais o permite, é possível tirar partido da utilização de ferramentas do ArcGIS em operações de selecção por atributos em tabelas, nomeadamente através de *Joins* e *Relates*, o que permitiu manipular vários atributos de *features* diferentes, como no caso das igrejas, hospitais e concelhos.

Infelizmente, nem sempre isso acontece, pois há *features* originais que não estão preparadas para *Joins* e *Relates*, como no caso das estradas e caminhos-de-ferro, pelo que não há forma de se saber com precisão, por exemplo, a que concelho(s) pertencem.

Destaca-se também que estas selecções, que possibilitaram a extracção de conclusões mostradas a seguir, estão expostas nos mapas respectivos como *layers* e têm nomes como *localidades_Hancock*, *igrejas_totalmente_inundadas_Hancock*, *hospitais_parcialmente_ZE_Jackson* (ZE é a zona de evacuação), etc, podendo ser consultadas também para obter a listagem dos elementos exactos nessas condições.

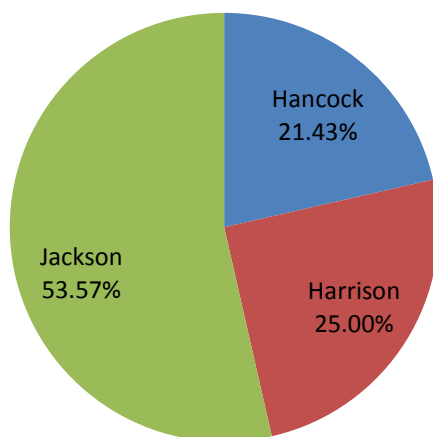
4.2.1. Totais de infra-estruturas

Neste ponto examinam-se os totais de infra-estruturas, quer na área em análise, quer por concelho.

- Total geral:
 - Localidades: 28
 - Igrejas: 265
 - Hospitais: 13
 - Caminhos-de-ferro: 137
 - Estradas: 39972
 - Aeroportos: 6 (3 aeroportos)
- Por concelho:
 - Hancock:
 - Localidades: 6
 - Igrejas: 36
 - Hospitais: 2
 - Caminhos-de-ferro: 22
 - Estradas: 9435
 - Aeroportos: 2 (1 aeroporto)
 - Harrison:
 - Localidades: 7
 - Igrejas: 84
 - Hospitais: 9
 - Caminhos-de-ferro: 41
 - Estradas: 16335
 - Aeroportos: 2 (1 aeroporto)
 - Jackson:
 - Localidades: 15
 - Igrejas: 145
 - Hospitais: 2
 - Caminhos-de-ferro: 68
 - Estradas: 14069
 - Aeroportos: 2 (1 aeroporto)

Analise-se estes dados.

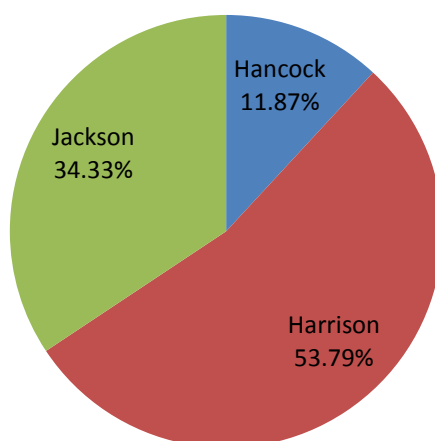
Percentagem de localidades por concelho



Jackson regista mais do dobro do total de localidades, com Hancock e Harrison diferenciados apenas por uma localidade.

Considere-se a distribuição de habitações pelos concelhos:

Percentagem de habitações por concelho



Apesar do concelho de Jackson possuir mais do dobro das localidades, é em Harrison que existem mais habitações. A localidade com mais habitações – 29959 – encontra-se neste concelho de Harrison, como mostram as tabelas e os dados estatísticos; este número de

habitações é quase o triplo do número máximo de habitações presentes em Jackson (10931) e quase o óctuplo do número máximo de habitações presentes em Hancock (3817)! Além disso, existe neste concelho uma outra localidade com 22115 habitações. Esta informação é preocupante porque, como se pode ver em *USA_Costa_Sul_1.mxd*, 5 das 7 localidades em Harrison encontram-se muito próximas da costa.

Considere-se agora a distribuição da população por concelho:

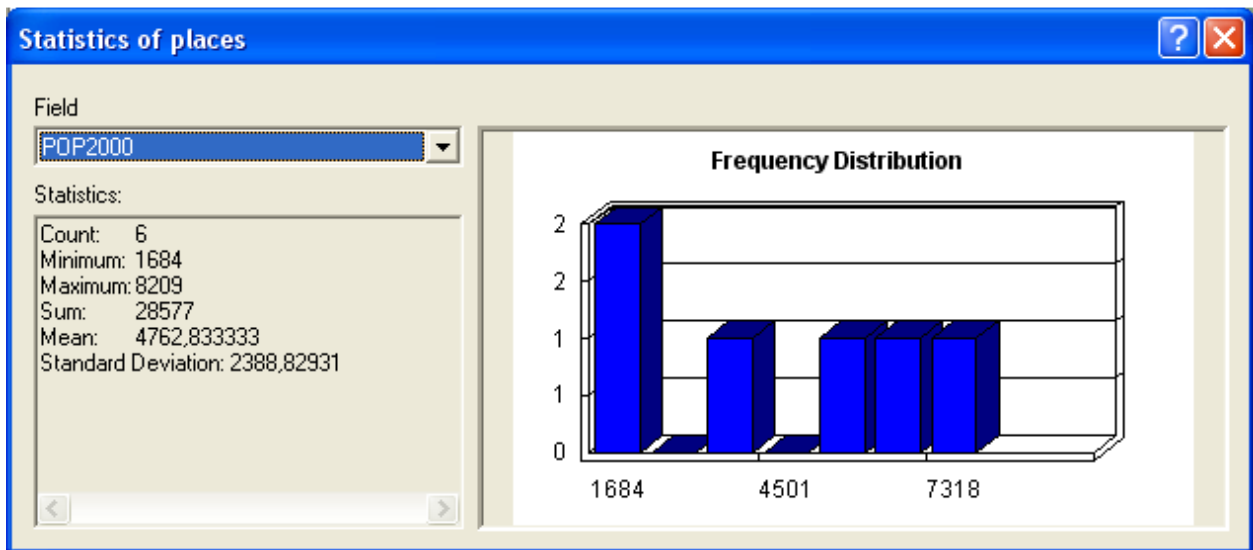
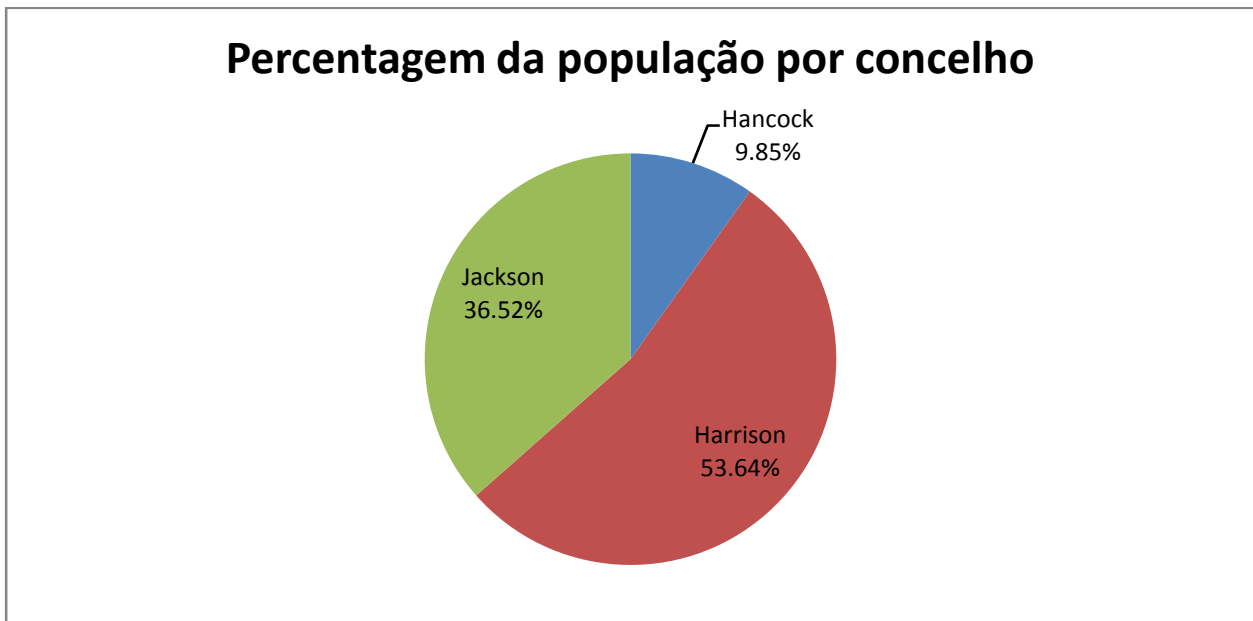


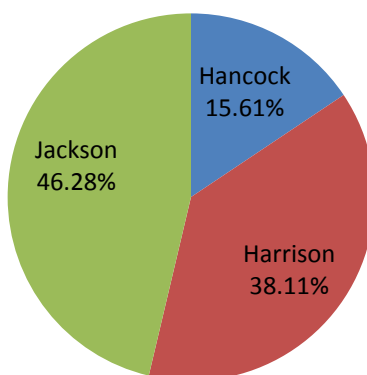
Figura 20: exemplo dos dados estatísticos da população total das localidades em Hancock



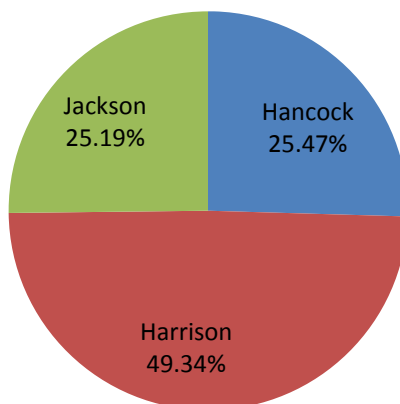
A informação aqui representada não foge da esperada tendo em conta o gráfico anterior com a percentagem de habitações por concelho. A nível estatístico, aplicam-se conclusões semelhantes.

Também importante é a análise da percentagem de área das zonas terrestre e marítima nas localidades, por concelho:

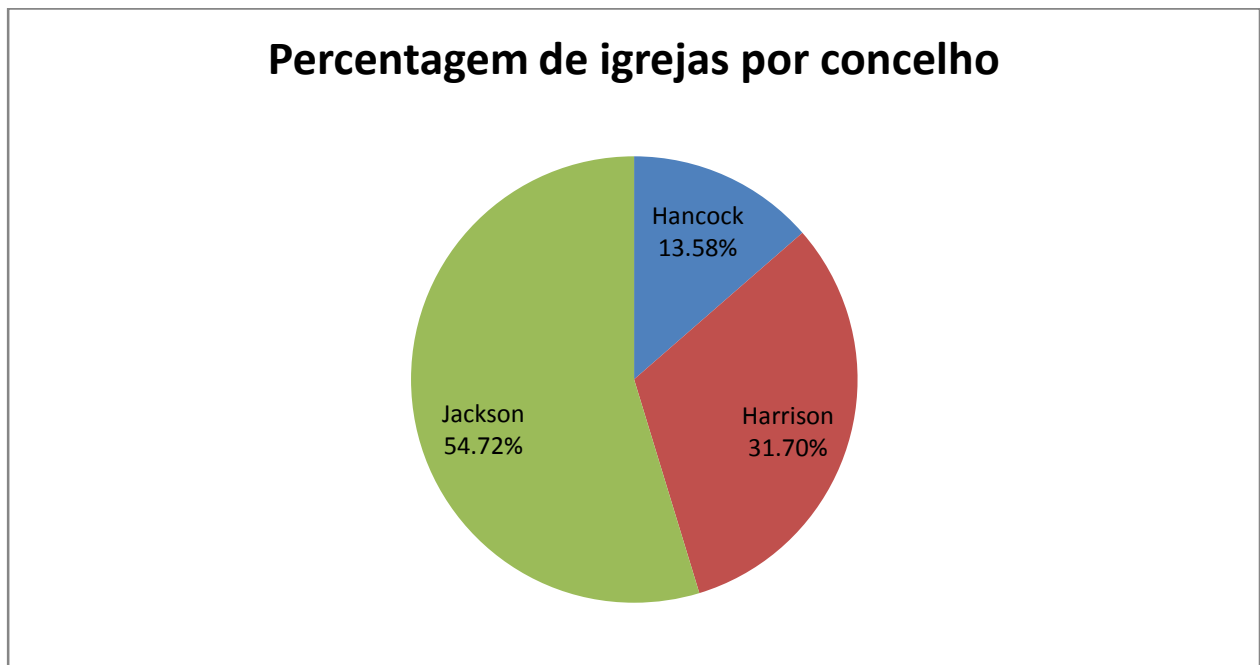
Percentagem da área da zona terrestre nas localidades, por concelho



Percentagem da área da zona marítima nas localidades, por concelho

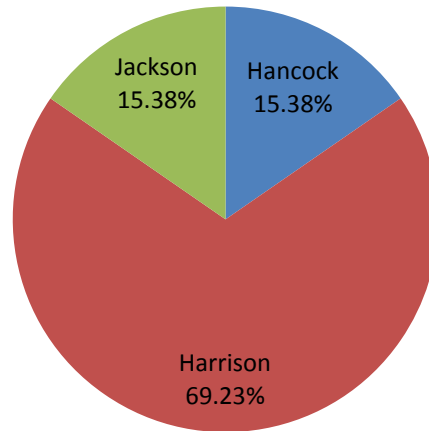


Jackson tem a maior percentagem de área da zona terrestre, enquanto Harrison detém a maior percentagem de área da zona marítima. Os dados estatísticos mostram também que Harrison contém a parcela com a maior área da zona terrestre, com 56,907 milhas quadradas, e Jackson a parcela com a menor área da zona terrestre, com 0,109 milhas quadradas. Já em relação à área da zona marítima, Hancock possui a parcela com a maior área, com 10,743 milhas quadradas, enquanto Harrison e Jackson têm parcelas sem qualquer área da zona marítima, visto que a mesma não existe (das 4 parcelas sem área da zona marítima, 1 pertence a Harrison e as restantes 3 pertencem a Jackson).



Jackson tem o maior número de igrejas, seguido de Harrison e Hancock. Esta distribuição mostra que o concelho de Jackson tem, potencialmente, um maior número de igrejas que pode ser afectado.

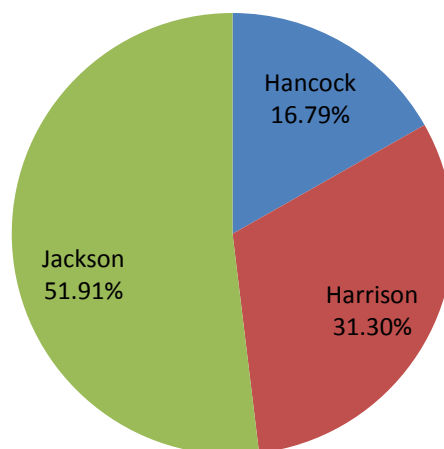
Percentagem de hospitais por concelho



No que diz respeito aos hospitais, a situação é diferente: Harrison tem o maior número de hospitais, e tanto Hancock como Jackson dispõem do mesmo número de hospitais: apenas 2.

Os caminhos-de-ferro, no entanto, permitem obter um outro conjunto de informações interessantes e úteis.

Percentagem de caminhos-de-ferro por concelho



Em relação aos caminhos-de-ferro, Jackson é o concelho que apresenta um maior número deles, seguido por Harrison e Hancock. Em seguida apresenta-se a relação entre a distância total que se pode percorrer através dos caminhos-de-ferro em cada concelho:

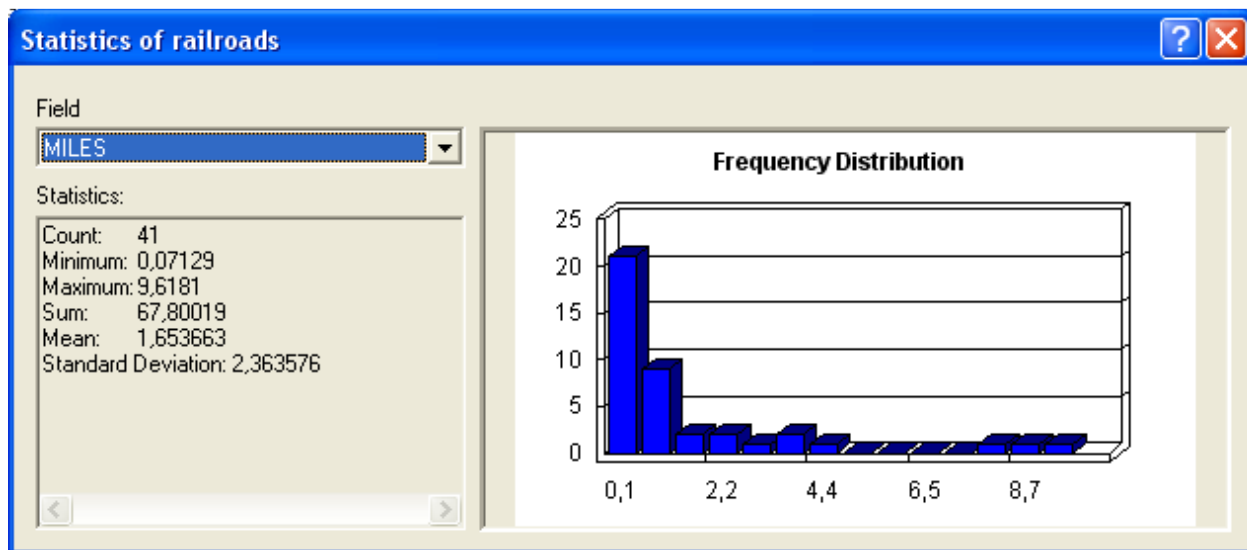
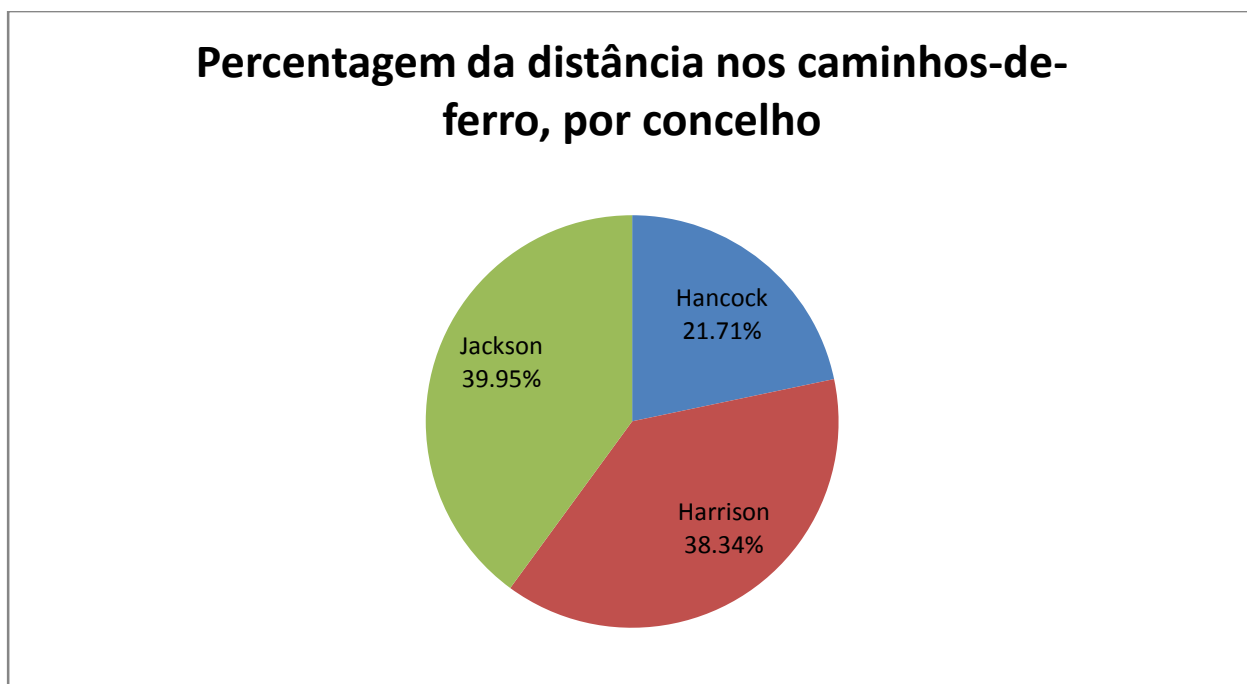


Figura 21: exemplo das estatísticas da distância em milhas que pode ser percorrida nos caminhos-de-ferro de Harrison

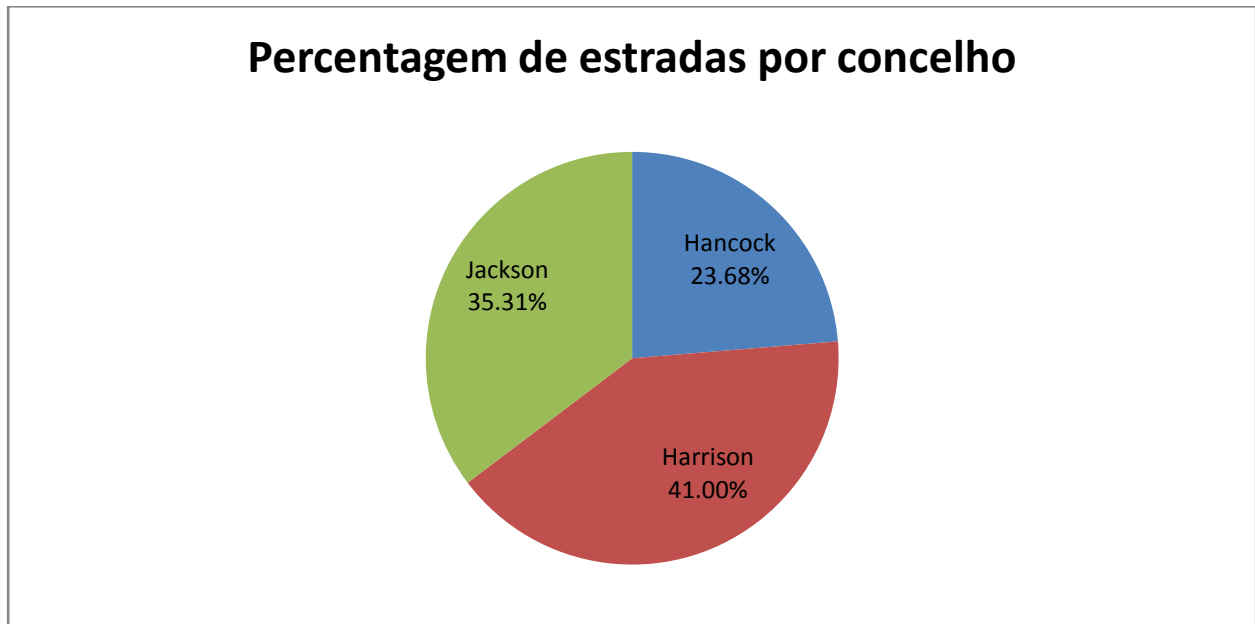


Analisando o gráfico, pode-se concluir que os concelhos de Harrison e Jackson apresentam quase o dobro da distância que é possível percorrer em Hancock pelo mesmo meio; além disso, é interessante verificar que apesar de Jackson possuir mais 27 caminhos-de-ferro do que Harrison, a distância que é possível percorrer varia pouco entre ambos os

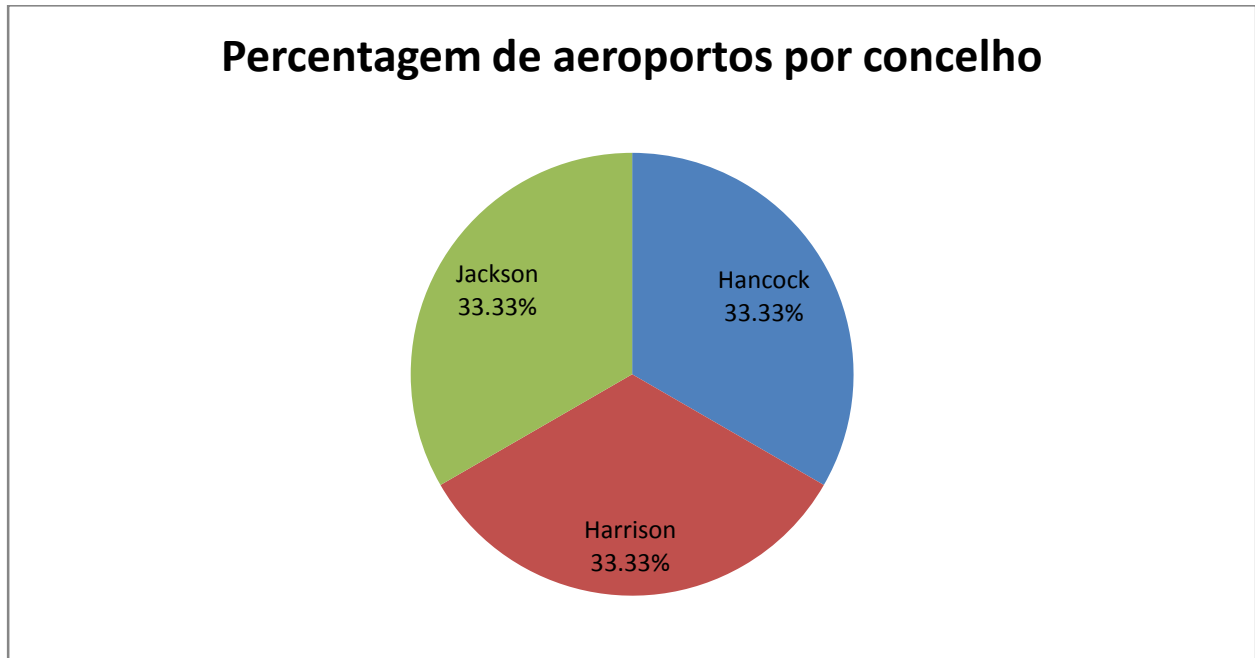
concelhos (1,61 %, que corresponde a $211,83378 * 0,0161 = 3,410523858$ milhas ou, utilizando os valores exactos obtidos das estatísticas, $70,63736 - 67,80019 = 2,83717$ milhas).

A informação estatística apresentada anteriormente a respeito dos caminhos-de-ferro permite também concluir que a maior parte dos caminhos-de-ferro não atravessa grandes distâncias. Harrison e Jackson são os dois concelhos com maior número de caminhos-de-ferro mais longos, com Harrison a vencer Jackson neste campo.

Por fim, extrai-se também que Jackson detém simultaneamente o caminho-de-ferro que atravessa maior distância (10,8209 milhas) e o caminho-de-ferro que atravessa menor distância (0,00877 milhas).



Relativamente às estradas, Harrison contém um maior número delas, seguido por Jackson e Hancock.



Os 3 concelhos contêm 1 aeroporto cada.

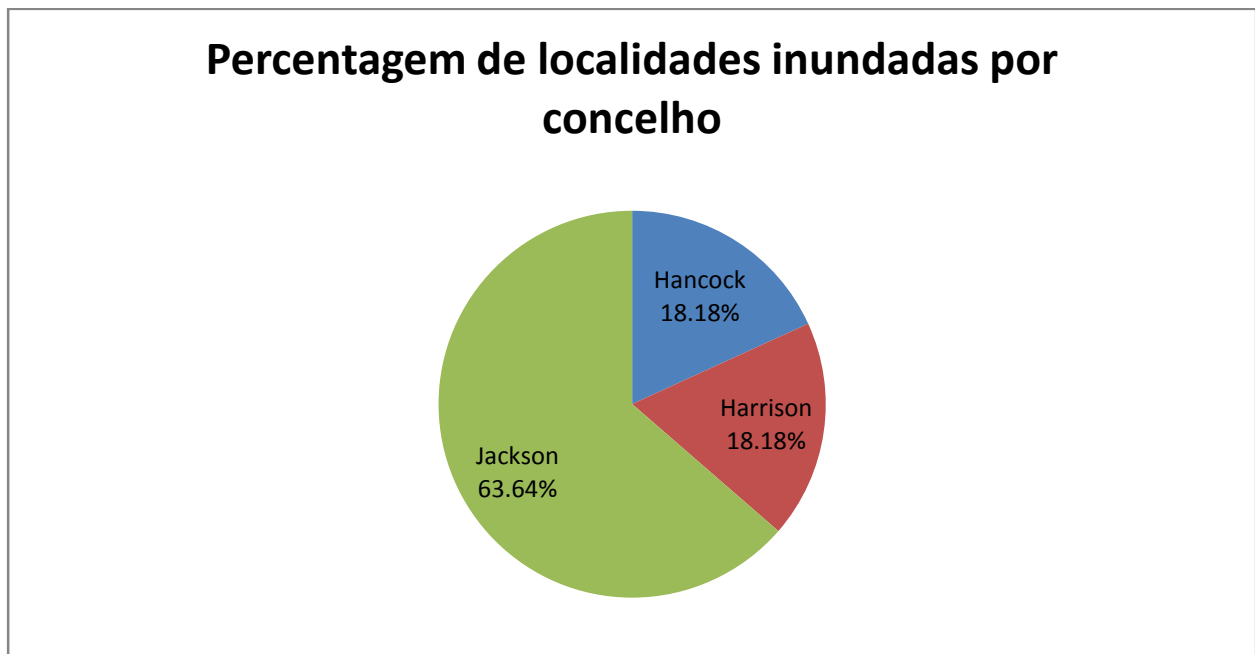
4.2.2. Infra-estruturas totalmente inundadas

Neste ponto examinam-se as infra-estruturas totalmente inundadas, quer na área em análise, quer por concelho. A zona inundada é a zona prioritária em termos de evacuação das pessoas e reparação de elementos importantes. Devem existir equipas especializadas que se ocupem desta zona a tempo inteiro.

- Total geral:
 - Localidades: 11
 - Igrejas: 79
 - Hospitais: 1
 - Caminhos-de-ferro: 42
 - Estradas: 11111
 - Aeroportos: 1 (1 aeroporto)
- Por concelho:
 - Hancock:
 - Localidades: 2
 - Igrejas: 6
 - Hospitais: 1
 - Caminhos-de-ferro: 1
 - Estradas: 3663

- Aeroportos: 0
- Harrison:
 - Localidades: 2
 - Igrejas: 18
 - Hospitais: 0
 - Caminhos-de-ferro: 1
 - Estradas: 2630
 - Aeroportos: 0
- Jackson:
 - Localidades: 7
 - Igrejas: 55
 - Hospitais: 0
 - Caminhos-de-ferro: 40
 - Estradas: 4775
 - Aeroportos: 1 (1 aeroporto)

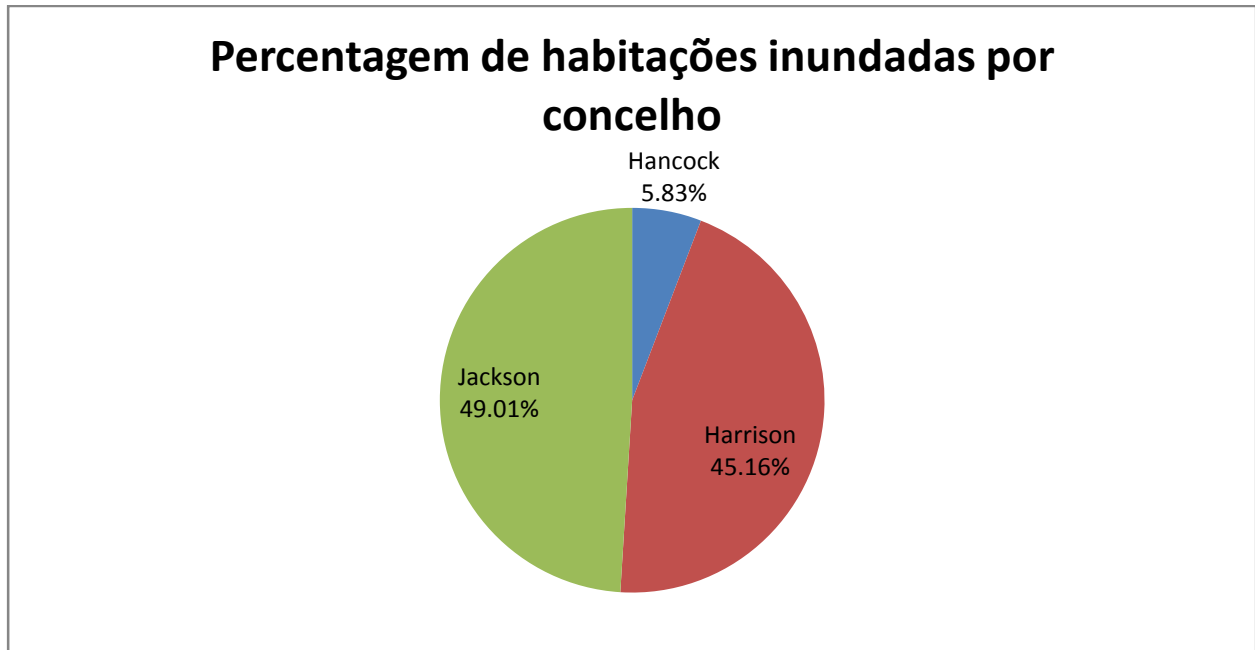
Analistem-se estes dados.



Um total de 11 localidades foram inundadas, e mais de metade destas localizam-se no concelho de Jackson. De facto, (quase) metade das localidades foram afectadas neste concelho: 7 localidades inundadas num total de 15. Hancock e Harrison saíram-se muito melhor, apenas com 2 localidades inundadas em cada concelho. Obviamente, existem localidades, particularmente em Hancock, que apesar de não terem sido inundadas, se

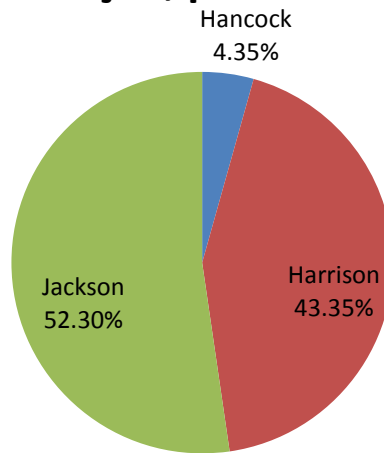
encontram rodeadas pela inundação, pelo que as suas populações e terras não estão completamente livres de perigo e merecem atenção.

Observem-se os resultados obtidos relativamente à percentagem de habitações inundadas em cada concelho:



Apesar de apenas 2 localidades terem sido inundadas em Harrison, comparativamente às 7 de Jackson, a percentagem de ambos difere em somente 3,85 % ($56392 * 0,0385 \approx 2171$ habitações ou, utilizando os valores exactos estatísticos, $27637 - 25466 = 2171$ habitações); a razão disto é que, tal como pode ser observado na tabela de atributos das localidades afectadas em Harrison e nos dados estatísticos, uma das localidades (Biloxi) tem uma grande concentração de habitações e população – esta é, aliás, a segunda localidade mais populada de todas as presentes nos três concelhos, ficando atrás de Gulfport (que não foi inundada), também presente em Harrison. Hancock foi claramente o concelho menos afectado no que diz respeito às localidades. Mas, o que dizer da percentagem da população afectada por concelho?

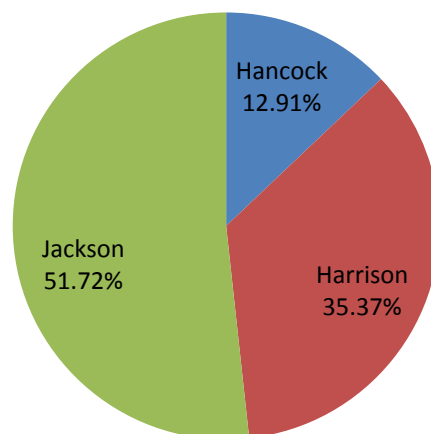
Percentagem da população afectada pela inundação, por concelho

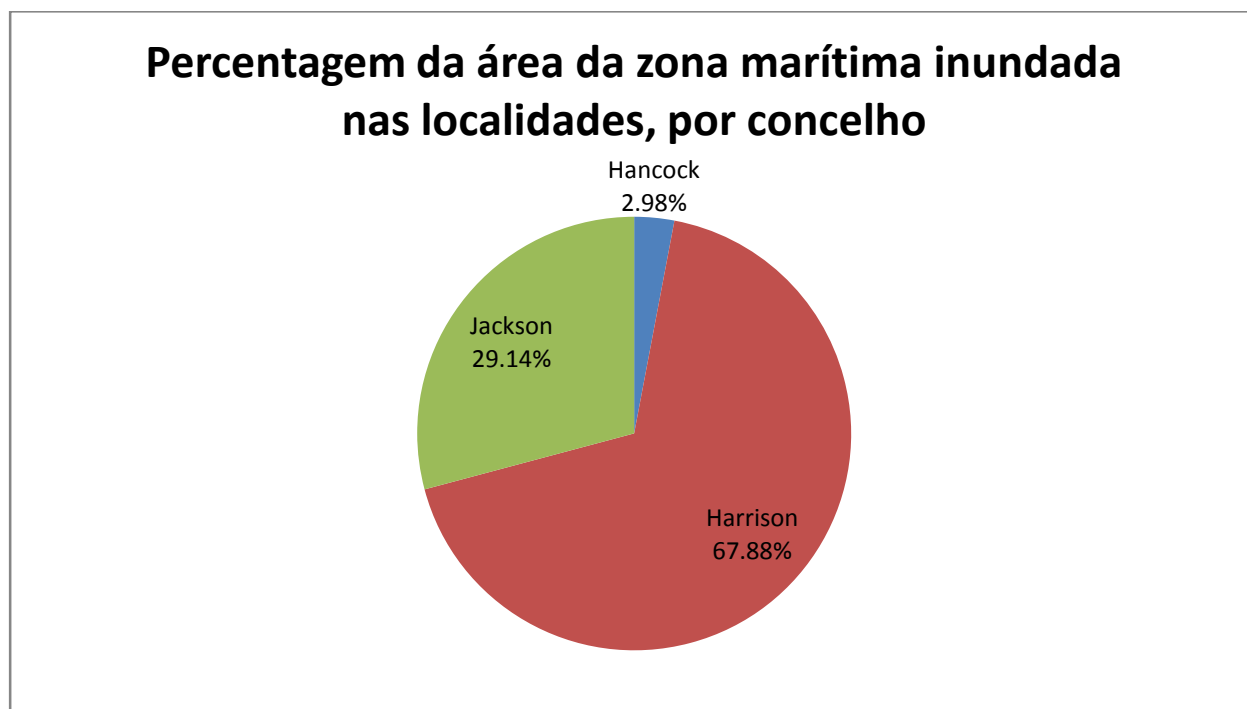


O resultado é o esperado. Apesar de existirem varia es percentuais, as posi es dos três concelhos mant m-se.

Resta por fim analisar o impacto da inunda o nas áreas das zonas terrestres e marítimas dos três concelhos:

Percentagem da área da zona terrestre inundada nas localidades, por concelho





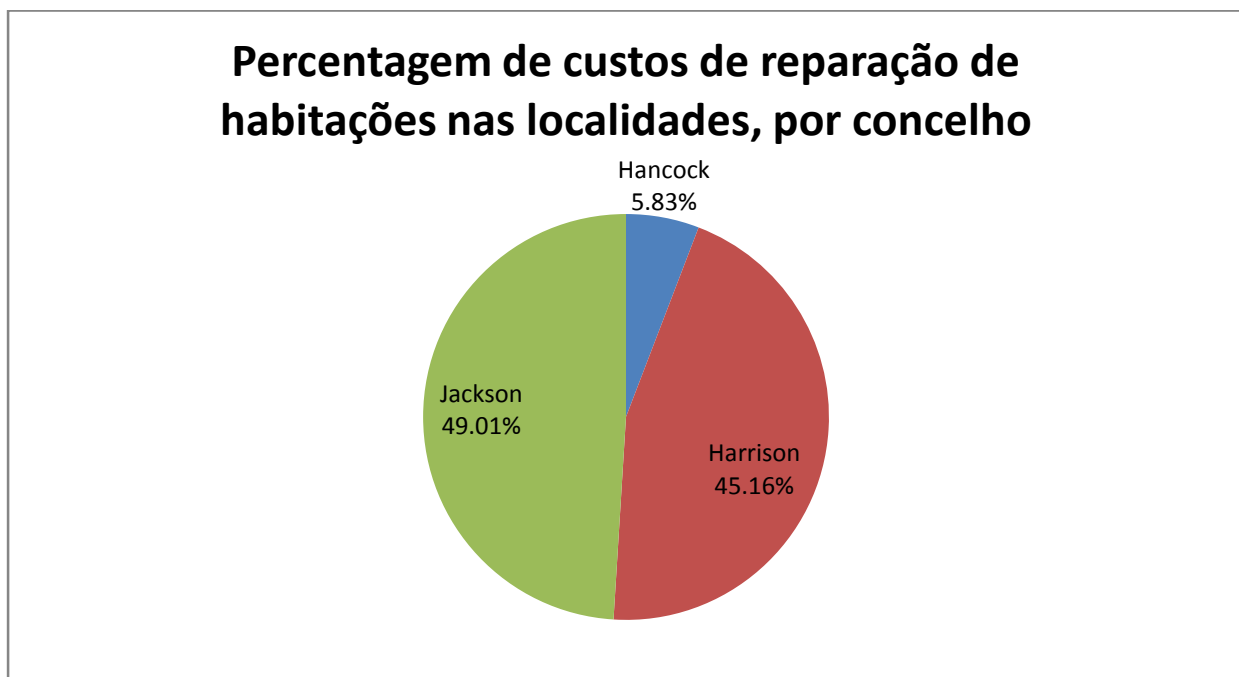
As percentagens da área inundada, tanto da zona terrestre como marítima, mostram que as posições de Jackson e Harrison se mantiveram relativamente ao total de áreas analisado antes da inundação, no que diz respeito à maior percentagem. Jackson foi o concelho mais afectado a nível terrestre e Harrison o mais afectado a nível marítimo, tendo Hancock a menor percentagem de inundação em ambos os casos.

Em termos globais, a informação das localidades permite também concluir que, no que respeita ao número de habitações e pessoas, em Hancock, a localidade mais afectada foi Shoreline Park, com 2459 habitações, 4058 habitantes, 7,839 milhas quadradas de área terrestre e 0,2 milhas quadradas de área marítima, e a localidade menos afectada foi Pearlinton, com 830 habitações, 1684 habitantes, 9,109 milhas quadradas de área terrestre e 0,475 milhas quadradas de área marítima; em Harrison, a localidade mais afectada foi Biloxi, com 22115 habitações, 50664 habitantes, 38,027 milhas quadradas de área terrestre e 8,501 milhas quadradas de área marítima, e a localidade menos afectada foi Pass Christian, com 3351 habitações, 6579 habitantes, 8,422 milhas quadradas de área terrestre e 6,881 milhas quadradas de área marítima; por fim, em Jackson, a localidade mais afectada foi Pascagoula, com 10931 habitações, 26200 habitantes, 15,176 milhas quadradas de área terrestre e 3,047 milhas quadradas de área marítima, e a localidade menos afectada foi Helena, com 280 habitações, 778 habitantes, 2,019 milhas quadradas de área terrestre e 0 milhas quadradas de área marítima.

Como foi também referido anteriormente, outra conclusão pode ser retirada a nível financeiro da reparação necessária de todas estas localidades afectadas. Em baixo faz-se o balanço por concelho:

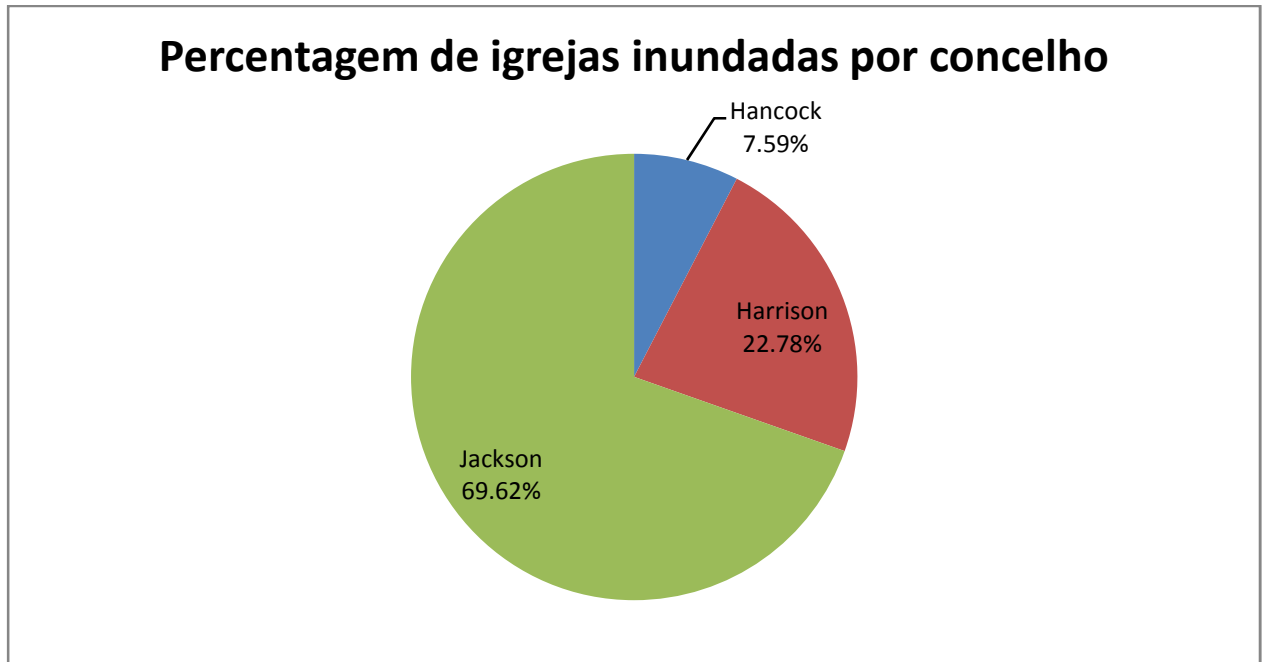
- Hancock
 - 328900000 euros
- Harrison
 - 2546600032 euros
- Jackson
 - 2763700000 euros

Estes valores permitem construir o seguinte gráfico:



O gráfico é, como esperado, igual ao gráfico que mostra a percentagem de habitações inundadas por concelho – isto acontece porque o valor de reparação por habitação é constante e igual para todos os concelhos. Os valores apresentados não contam com vários cenários, como a diferença que pode existir, por exemplo, no grau de devastação em certas habitações, que podem necessitar de uma reparação completa, enquanto outras não – seria necessário que os dados originais contivessem informação relativa aos custos para infra-estruturas, solos, etc, bem como informação que permitisse avaliar questões como o grau de devastação (por exemplo, se se soubesse o material que é utilizado na construção das diferentes habitações, seria possível extrair conclusões mais concretas a este respeito), etc. Esta situação é apenas fictícia, e deve ser encarada como tal. No entanto, o verdadeiro objectivo desta demonstração analítica a nível financeiro é enfatizar a possibilidade de se poder analisar fácil e rapidamente a

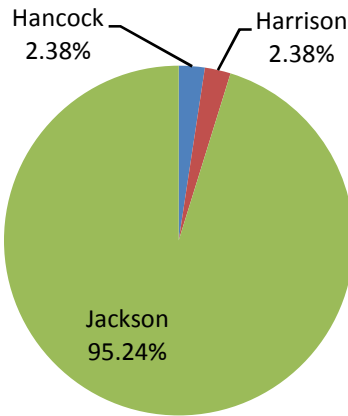
diferente alocação de recursos financeiros nos diferentes elementos, através de um SIG. Estes valores podem facilmente ser alterados e introduzidos e reflectir o verdadeiro impacto financeiro para cada tipo de elemento, se forem disponibilizados valores reais pelas entidades interessadas.



O concelho de Jackson foi o mais fortemente afectado no que respeita ao número de igrejas afectadas, seguido de Harrison e Hancock. Esta situação está de acordo com o previsto anteriormente através da análise global, devido ao número destes elementos em cada concelho e à sua disposição espacial. Existem no entanto muitas igrejas livres de perigo nos três concelhos.

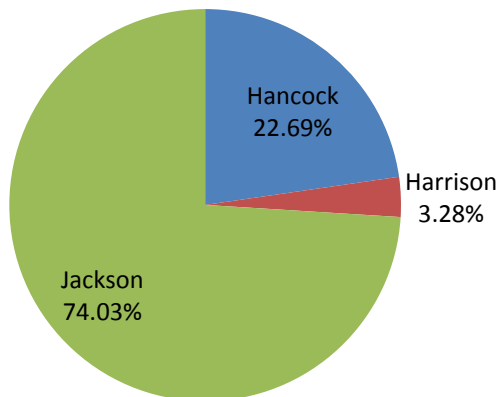
A nível de hospitais, apenas um hospital foi inundado no total, em Hancock. Contudo, e como já foi dito anteriormente, a localização próxima das zonas do incidente dos 4 hospitais em Hancock e Jackson, bem como de alguns outros em Harrison, significa que só o concelho de Harrison dispõe verdadeiramente de (alguns) hospitais não afectados e livres de perigo.

Percentagem de caminhos-de-ferro inundados por concelho



Os caminhos-de-ferro inundados em Hancock e Harrison totalizam 2, um por concelho. Jackson foi claramente o mais afectado a este nível, com 40 caminhos-de-ferro inundados. Considere-se o seguinte gráfico, que evidencia a distância em milhas afectada em cada concelho devido à inundação nos caminhos-de-ferro:

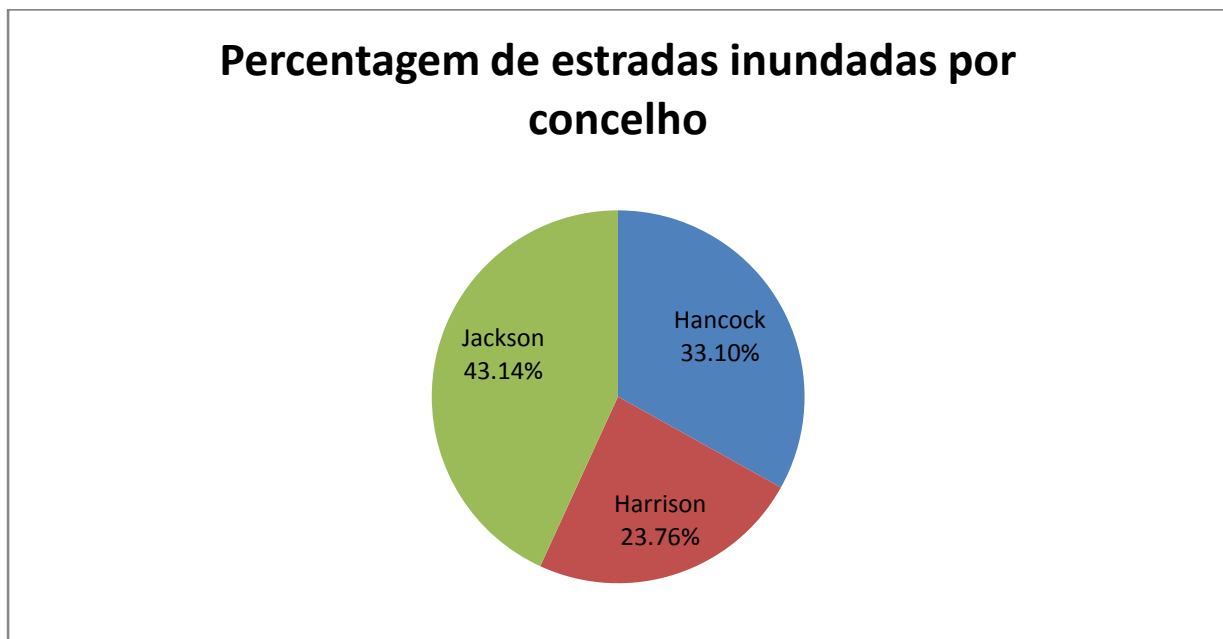
Percentagem da distância nos caminhos-de-ferro inundados, por concelho



Sem surpresas, Jackson é claramente o concelho mais afectado. É importante ver que em Hancock, no entanto, apesar de existir apenas um caminho-de-ferro totalmente inundado, ele ocupa uma percentagem grande da distância total afectada (que   20,26843

milhas), quase 25 %. Este caminho-de-ferro (Louisville and Nashville RR) é o mais longo de todos os inundados no desastre. De facto, em Jackson, a maioria dos caminhos-de-ferro afectados cobre apenas de 0 a 0,5 milhas de distância, como pode ser observado na distribuição de frequências.

Mas esta informação pode ser enganadora se não se tomar atenção ao ambiente global do local. Apesar de só se registarem estes 42 caminhos-de-ferro como inundados, é importante destacar que muitos deles estabelecem ligações com outros. A observação da disposição geográfica destes elementos no ficheiro *USA_Costa_Sul_3.mxd* permite-nos concluir, como foi realçado anteriormente, que muitos dos caminhos-de-ferro a Sul não podem estabelecer ligações devido à inundaçãõ e à sua proximidade a ela.



Relativamente às estradas afectadas, conclui-se que no concelho de Jackson mais estradas foram afectadas, seguido do concelho de Hancock e, por fim, de Harrison. Como acontece com os caminhos-de-ferro, destaca-se que muitas estradas não inundadas nestes três concelhos estão cortadas e próximas da inundaçãõ nas zonas Sul.

Em relaçaõ aos aeroportos, o único concelho com um aeroporto afectado é Jackson. O elemento apresentado diz respeito às pistas do aeroporto.

4.2.3. Infra-estruturas parcialmente inundadas

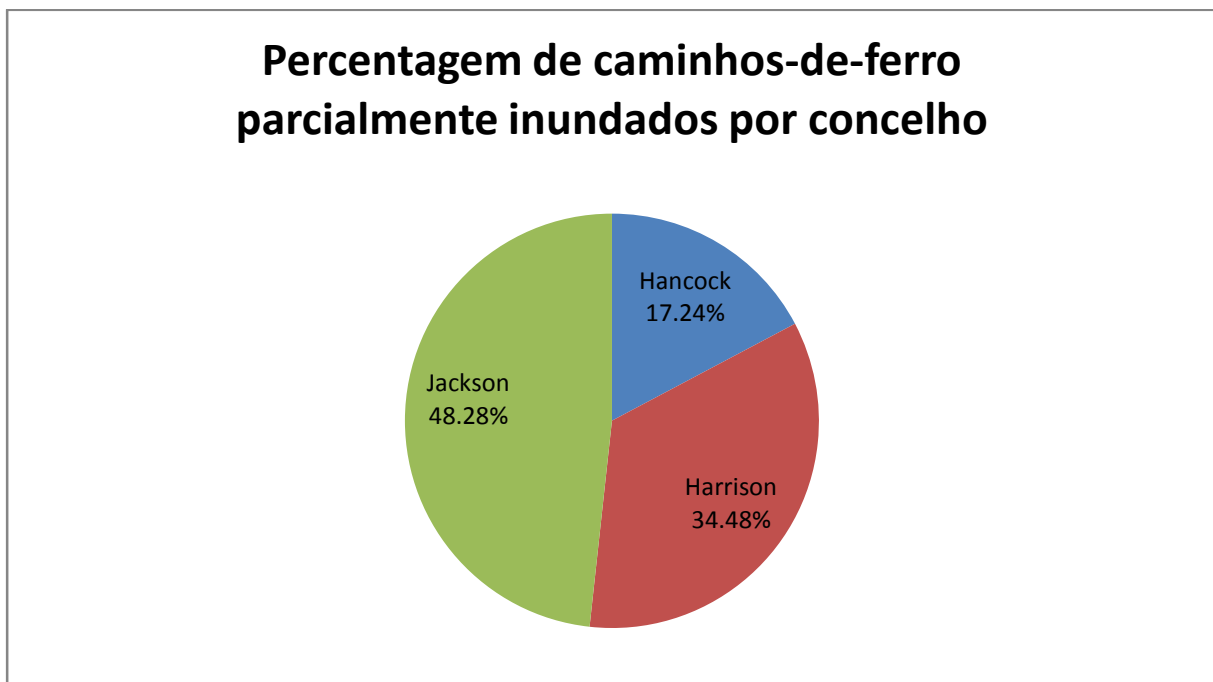
Anteriormente, analisaram-se os elementos inundados nos 3 concelhos. Mas essa análise englobou apenas elementos totalmente inundados. Também é importante verificar

quais os elementos parcialmente inundados. Os elementos nesta zona devem também ser observados por equipas especializadas próprias para esta condição.

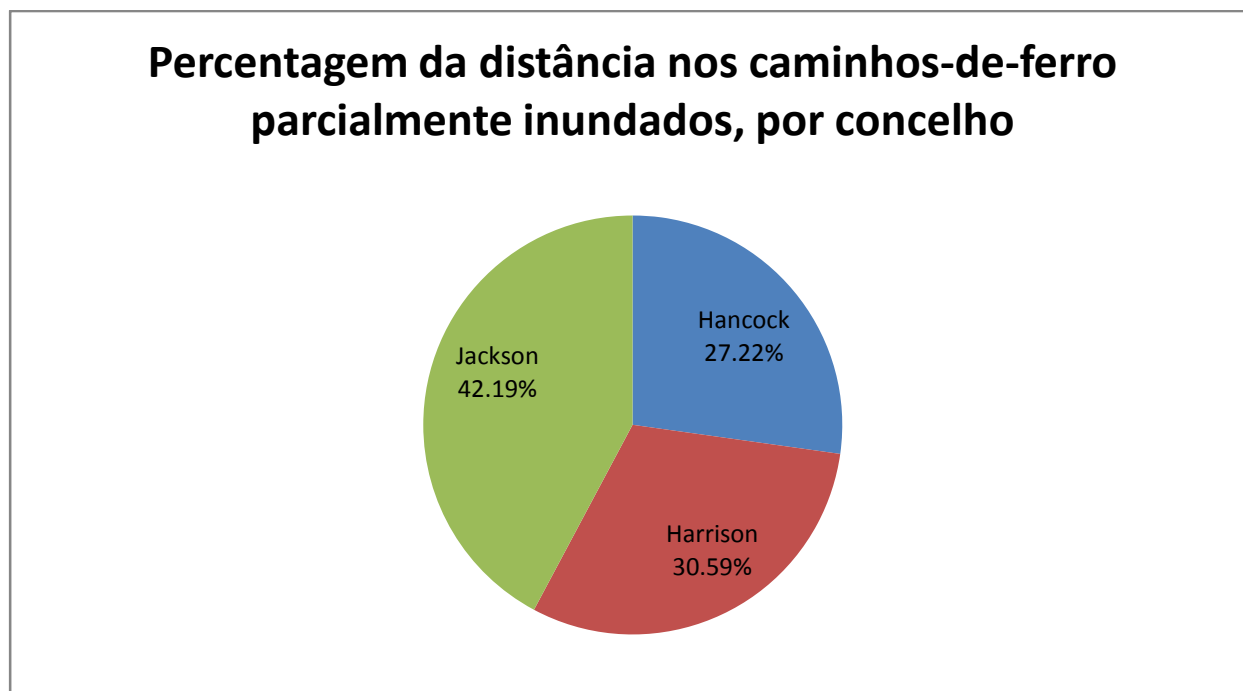
Concluiu-se que apenas 3 tipos de infra-estruturas apresentam essa condição: os caminhos-de-ferro, as estradas e os aeroportos. Vejam-se então os resultados:

- Total geral:
 - Caminhos-de-ferro: 32
 - Estradas: 3403
 - Aeroportos: 5 (3 aeroportos)
- Por concelho:
 - Hancock:
 - Caminhos-de-ferro: 5
 - Estradas: 701
 - Aeroportos: 2 (1 aeroporto)
 - Harrison:
 - Caminhos-de-ferro: 10
 - Estradas: 1049
 - Aeroportos: 2 (1 aeroporto)
 - Jackson:
 - Caminhos-de-ferro: 14
 - Estradas: 1628
 - Aeroportos: 1 (1 aeroporto)

Analise-se estes dados.

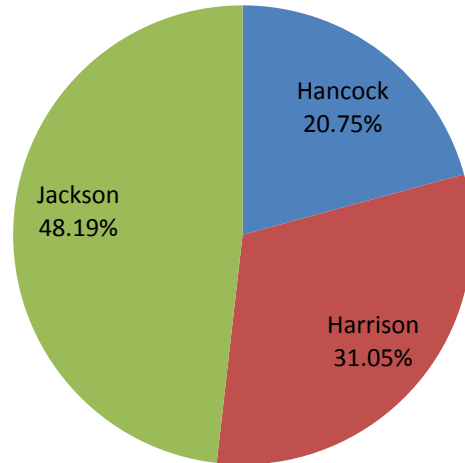


Jackson apresenta um número superior de caminhos-de-ferro parcialmente inundados, e é seguido por Harrison e Hancock.



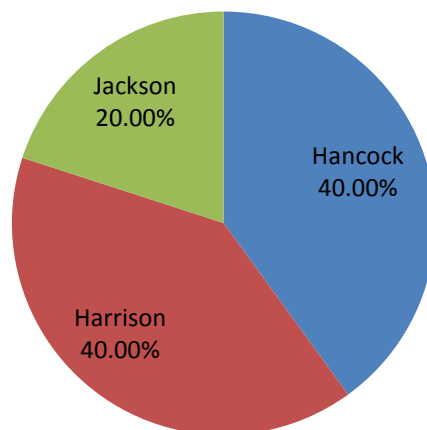
Não existem surpresas nestas percentagens. Os 3 concelhos mantêm as mesmas posições relativamente à análise dos caminhos-de-ferro parcialmente afectados, apesar de Hancock registar uma diferença significativa visto que, apesar de possuir menos caminhos-de-ferro parcialmente inundados, estes são mais longos.

Percentagem de estradas parcialmente inundadas por concelho



Jackson apresenta um número superior de estradas parcialmente inundadas, e é seguido por Harrison e Hancock.

Percentagem de aeroportos parcialmente inundados por concelho



Todos os aeroportos foram parcialmente inundados nos 3 concelhos. Jackson tem menor percentagem porque os 20 % apresentados dizem respeito ao aeroporto no geral, as pistas de aterragem foram totalmente inundadas.

4.2.4. Infra-estruturas totalmente contidas na zona de evacuação

Neste ponto analisam-se as infra-estruturas totalmente contidas na zona de evacuação. Estes elementos necessitam de ser monitorizados constantemente para garantir que estão livres de perigo no rescaldo da inundação: pode haver algum imprevisto e estes elementos acabarem também por sofrer uma inundação, ou, como se tem vindo a referir, serem afectados porque ficaram isolados, o que significa que podem precisar de alimentos, cuidados médicos, etc.

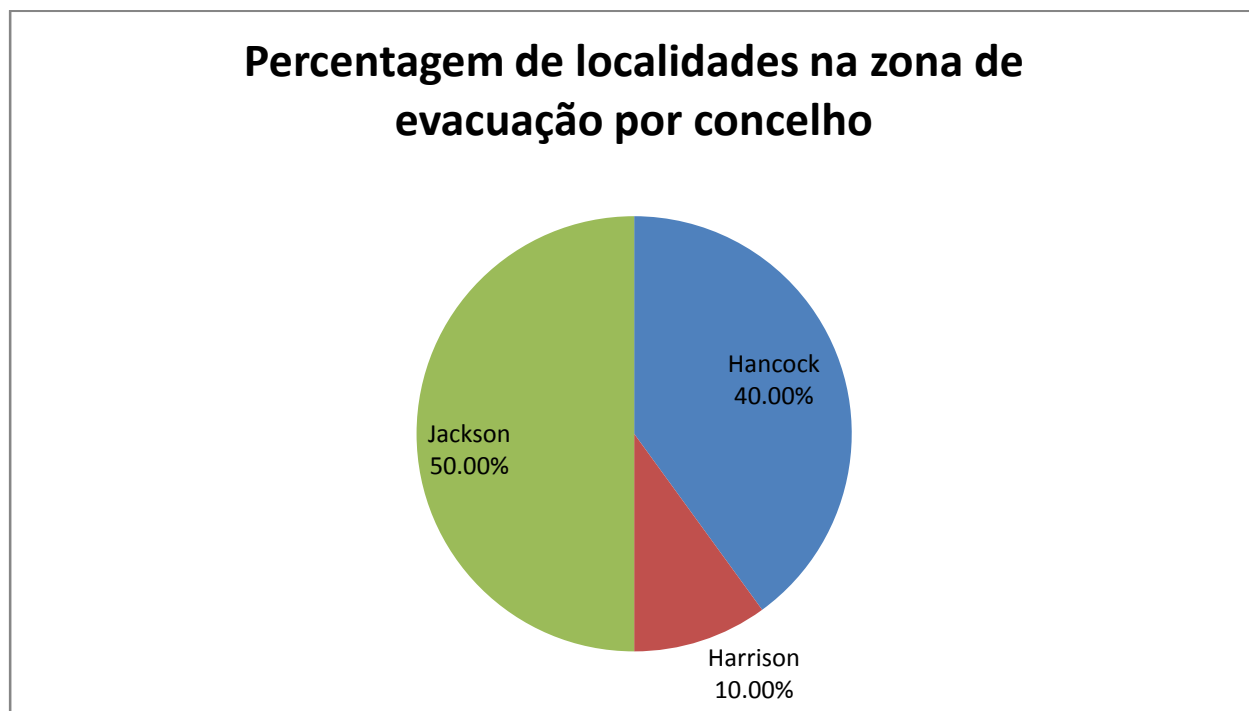
Esta informação é por isso útil para definir um conjunto de equipas (independentes das que lidam com as zonas inundadas) que fará a monitorização destes elementos e acudirá se tal for necessário.

Dos 6 tipos de infra-estruturas analisados, apenas os aeroportos não possuem qualquer “representante” totalmente na zona de evacuação.

- Total geral:
 - Localidades: 10
 - Igrejas: 116
 - Hospitais: 9
 - Caminhos-de-ferro: 34
 - Estradas: 11356
- Por concelho:
 - Hancock:
 - Localidades: 4
 - Igrejas: 15
 - Hospitais: 1
 - Caminhos-de-ferro: 7
 - Estradas: 1807
 - Harrison:
 - Localidades: 1
 - Igrejas: 33
 - Hospitais: 6
 - Caminhos-de-ferro: 12
 - Estradas: 5159
 - Jackson:
 - Localidades: 5

- Igrejas: 68
- Hospitais: 2
- Caminhos-de-ferro: 13
- Estradas: 4371

Analise-se estes dados.

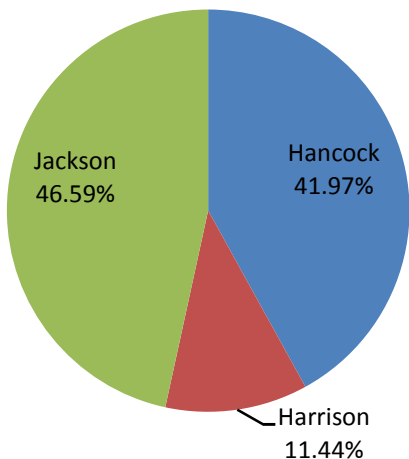


Jackson conta com o maior número de localidades na zona de evacuação, seguido de Hancock e Harrison.

Os valores indicam que das 28 localidades totais na região, apenas 7 estão livres de perigo nestas condições (28 localidades no total – (11 localidades inundadas + 10 localidades na zona de evacuação)), 4 delas em Harrison (7 no total – (2 inundadas + 1 na zona de evacuação)) e as restantes 3 em Jackson. Em Hancock todas as 6 localidades necessitam de atenção, quer devido a inundação, quer devido aos riscos de se encontrarem na zona de evacuação.

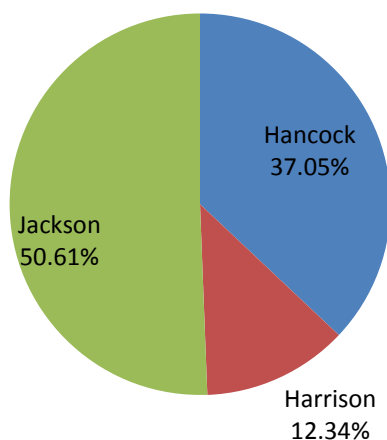
É fundamental vigiar cada uma destas localidades enquanto o perigo não passar.

Percentagem de habitações na zona de evacuação por concelho



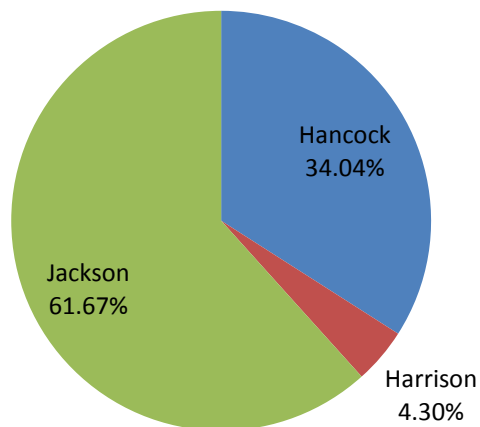
As percentagens de habitações na zona de evacuação por concelho mantêm-se semelhantes às percentagens obtidas no que respeita às localidades, pelo que não há nada a realçar.

Percentagem da população na zona de evacuação por concelho

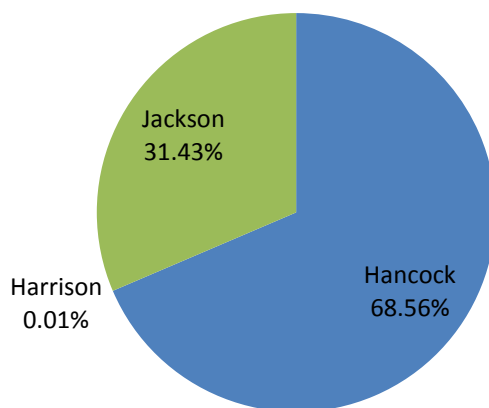


Mais uma vez, as percentagens da população na zona de evacuação por concelho mantêm-se semelhantes às percentagens obtidas no que respeita às localidades, pelo que não há nada a realçar.

Percentagem da área da zona terrestre na zona de evacuação nas localidades, por concelho

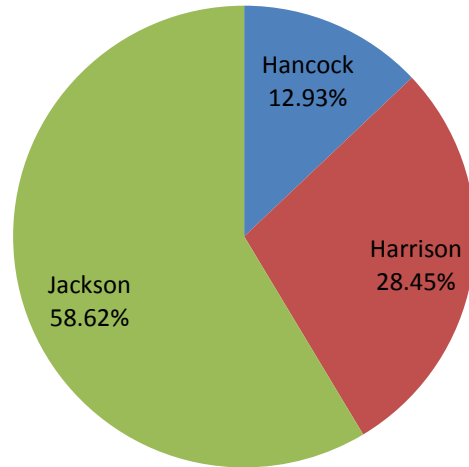


Percentagem da área da zona marítima na zona de evacuação nas localidades, por concelho

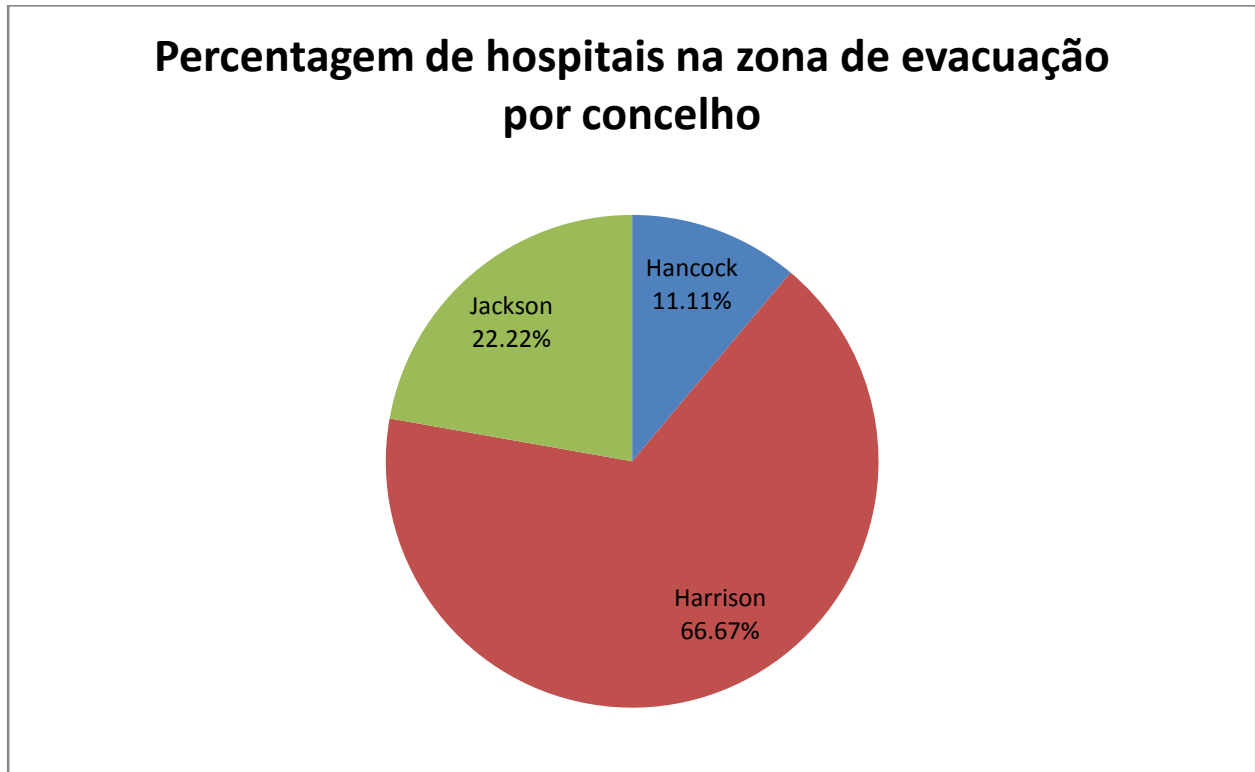


Jackson é o concelho que tem maior área da zona terrestre na zona de evacuação, e é seguido por Hancock e Harrison. No caso da área da zona marítima, Hancock conta com a maior percentagem, seguido de Jackson e Harrison. Destaca-se só que no que diz respeito à área da zona marítima, a única localidade que Harrison tem nesta zona de evacuação quase não possui esse elemento – na totalidade, tem umas ínfimas 0,001 milhas quadradas de água.

Percentagem de igrejas na zona de evacuação por concelho



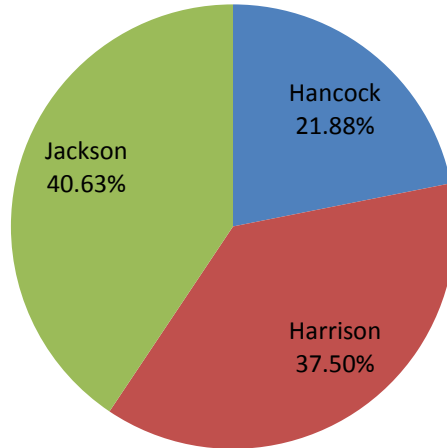
Jackson apresenta mais igrejas na zona a monitorizar do que Harrison, e este mais do que Hancock. Estes valores não são surpreendentes já que a análise do mapa evidencia em Jackson uma grande concentração de igrejas próximas da zona inundada, que como já foi referido, abrange este concelho de Norte a Sul.



Os resultados dos hospitais na zona a monitorizar permitem verificar que nestas condições, apenas 3 dos 13 hospitais no total se encontram livres de perigo, e localizam-se todos em Harrison. Os restantes 6 hospitais do concelho de Harrison encontram-se na zona de evacuação; isso confere-lhe a maior percentagem destes elementos relativamente a Hancock e Jackson, que só possuem 2 hospitais cada, um deles inundado em Hancock como já foi analisado e os restantes em locais pouco favoráveis, próximos da inundaçãõ.

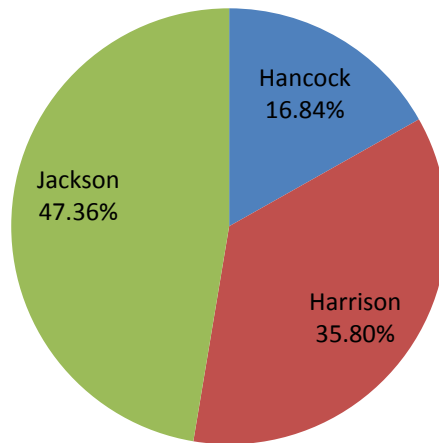
É muito importante estar de olho nestas infra-estruturas já que são poucas e são essenciais para prestar ajuda às populações afectadas.

Percentagem de caminhos-de-ferro na zona de evacuação por concelho

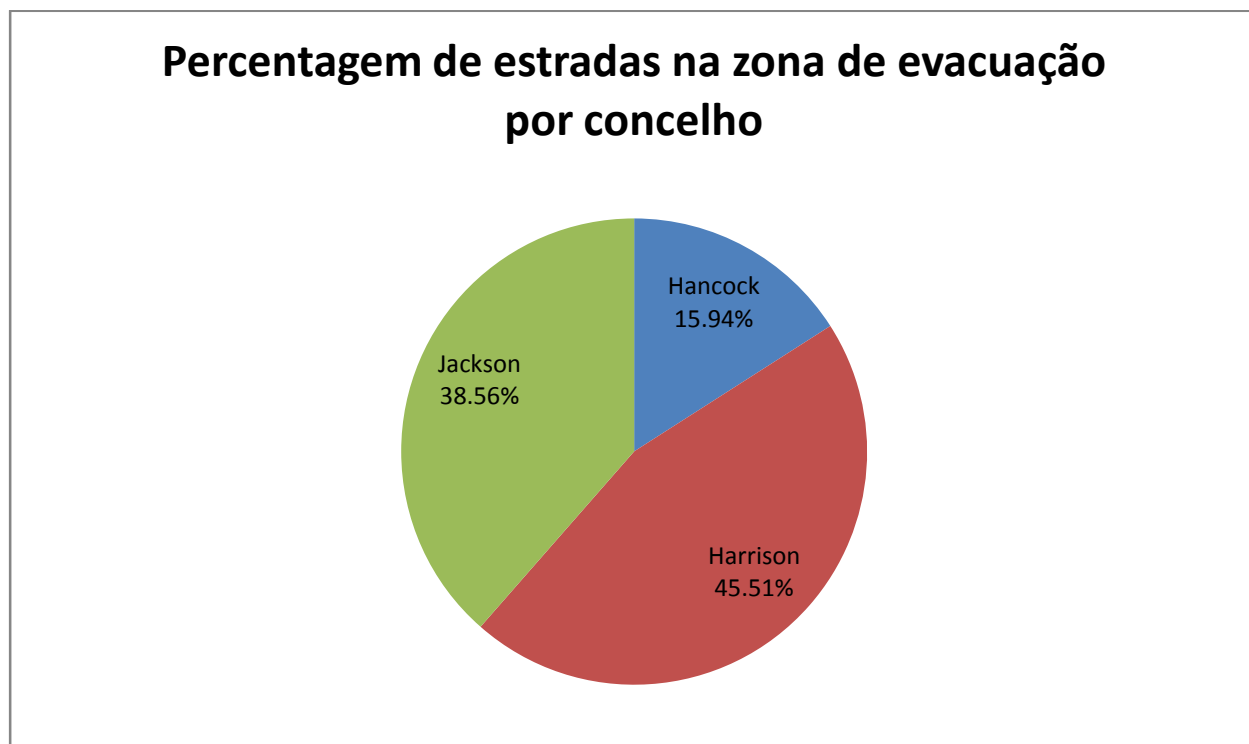


Jackson tem a maior percentagem de caminhos-de-ferro na zona de evacuação, seguido de Harrison e Hancock. Mais uma vez, estes dados não são surpreendentes devido ao arranjo geográfico destes elementos.

Percentagem da distância nos caminhos-de-ferro na zona de evacuação, por concelho



A posição dos 3 concelhos é a mesma no que respeita à distância em milhas nos caminhos-de-ferro na zona de evacuação comparativamente com a posição deles no gráfico respeitante aos caminhos-de-ferro na zona de evacuação. No geral, os caminhos-de-ferro nos três concelhos apresentam distâncias curtas, com Harrison a conter o caminho-de-ferro mais longo (1,33646 milhas).



Relativamente às estradas na zona de evacuação, Harrison possui maior percentagem delas, seguido por Jackson e Hancock.

4.2.5. Infra-estruturas parcialmente contidas na zona de evacuação

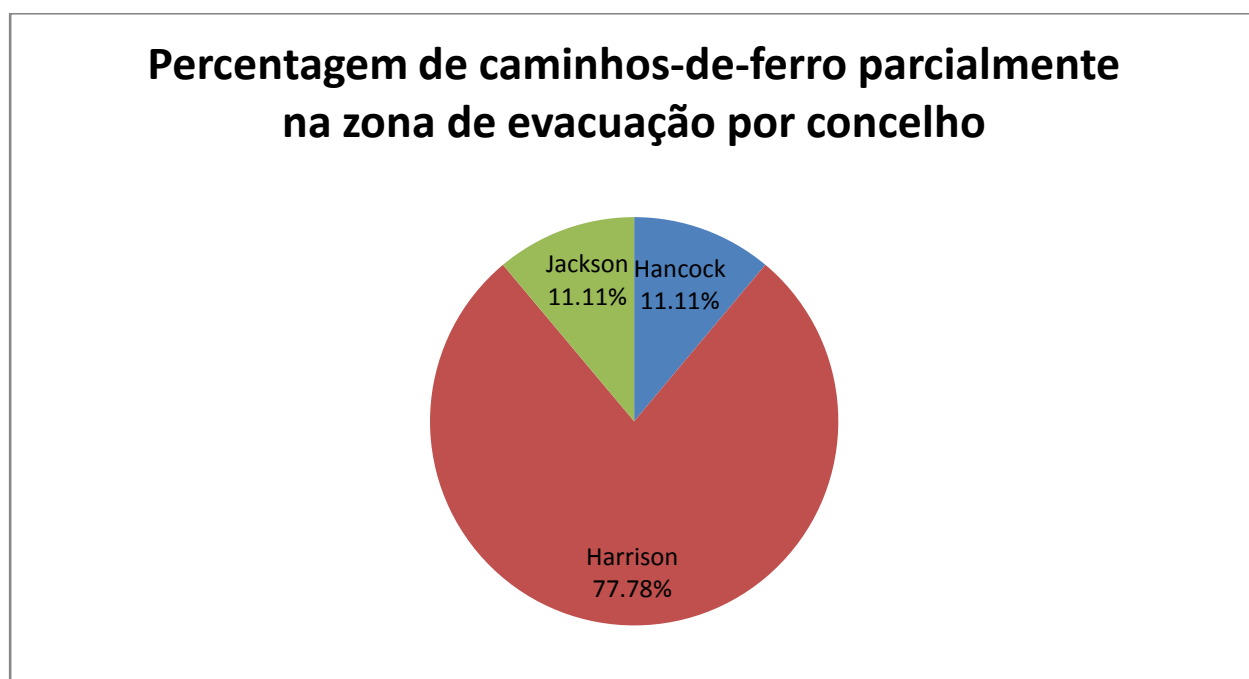
Neste ponto, analisam-se os dados relativos às infra-estruturas que se encontram parcialmente na zona de evacuação, outro dado importante para as entidades ao nível nacional, regional e local.

Apenas elementos dos caminhos-de-ferro e estradas se encontram nesta condição.

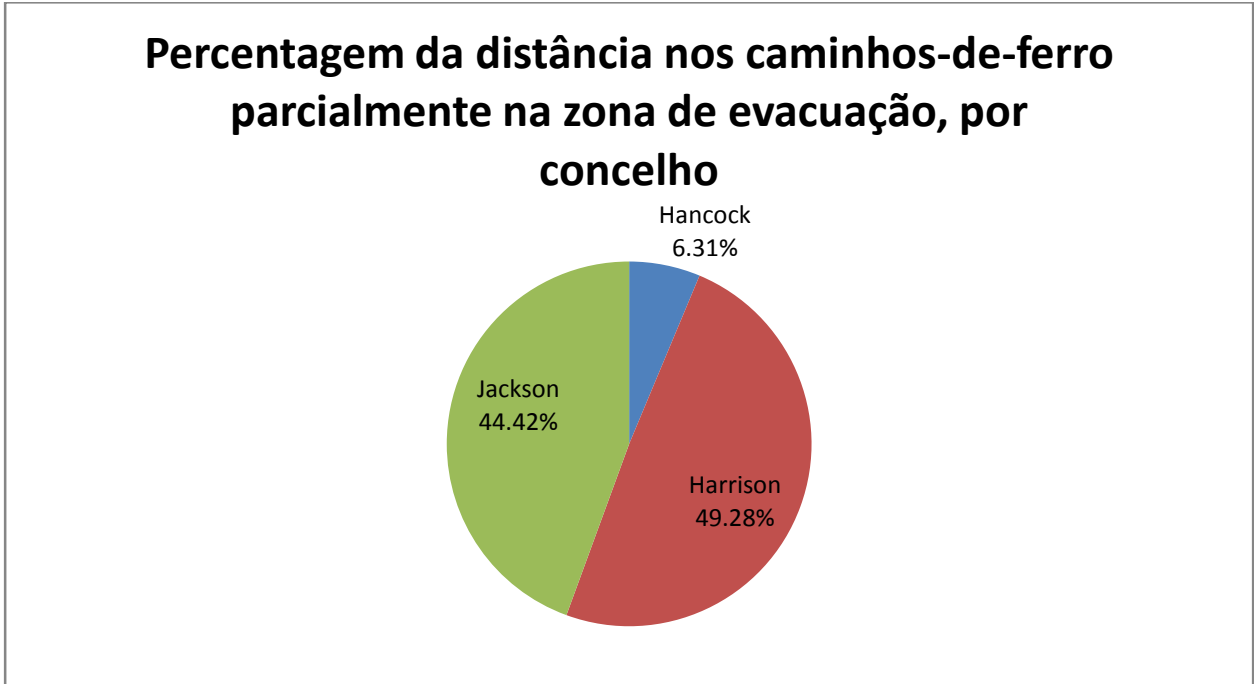
- Total geral:
 - Caminhos-de-ferro: 9
 - Estradas: 1199
- Por concelho:
 - Hancock:

- Caminhos-de-ferro: 1
- Estradas: 220
- Harrison:
 - Caminhos-de-ferro: 7
 - Estradas: 587
- Jackson:
 - Caminhos-de-ferro: 1
 - Estradas: 390

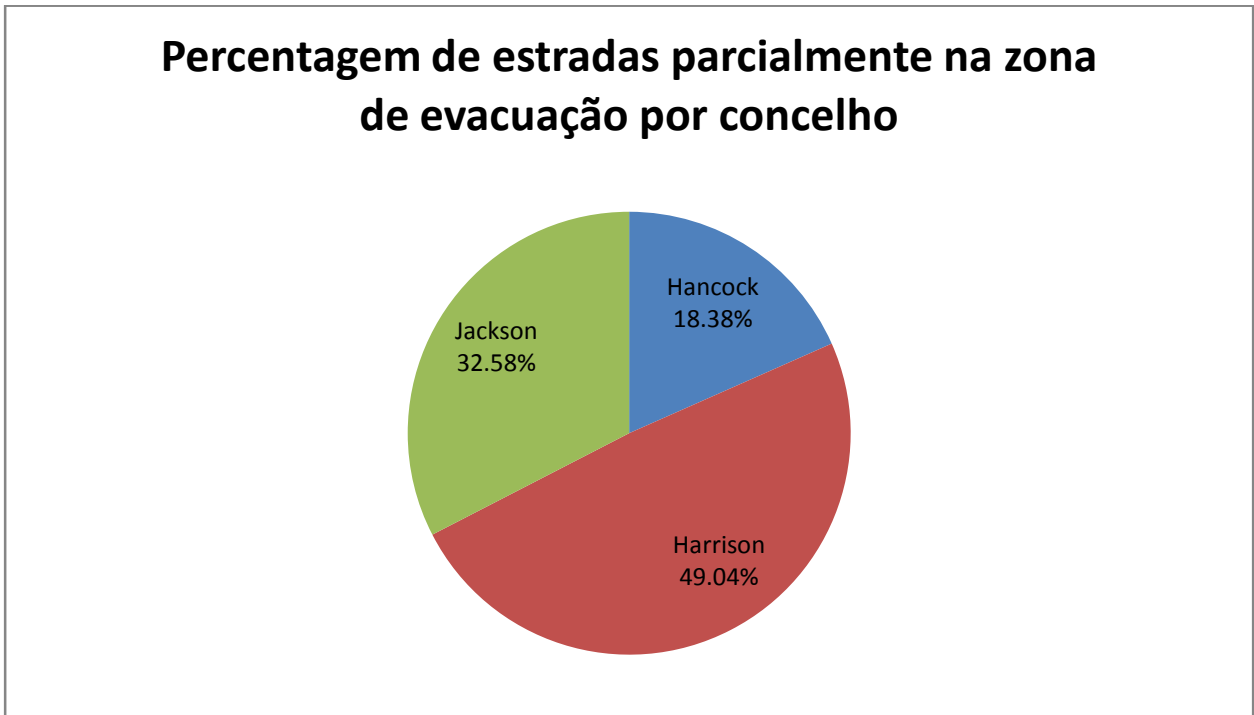
Analise-se estes dados.



Harrison contém o maior número de caminhos-de-ferro que se encontram parcialmente na zona de evacuação, com Hancock e Jackson com um elemento cada.



Harrison mantém-se no topo, relativamente às milhas totais dos caminhos de ferro que se encontram parcialmente na zona de evacuação, mas é interessante ver o caso de Jackson: apesar de ter apenas um caminho-de-ferro nessa situação, a distância em milhas desse caminho quase iguala a totalidade dos 7 de Harrison.



No que se refere às estradas, Harrison possui maior percentagem delas parcialmente na zona de evacuação, seguido por Jackson e Hancock.

É importante neste ponto fazer uma abordagem aos aeroportos devido à sua situação “especial”: os 3 aeroportos podem facilmente ser visualizados no mapa *USA_Costa_Sul_3.mxd* e rapidamente se conclui que, de todos eles, o de Harrison é o menos afectado pela inundação, estando grande parte dele na zona de evacuação.

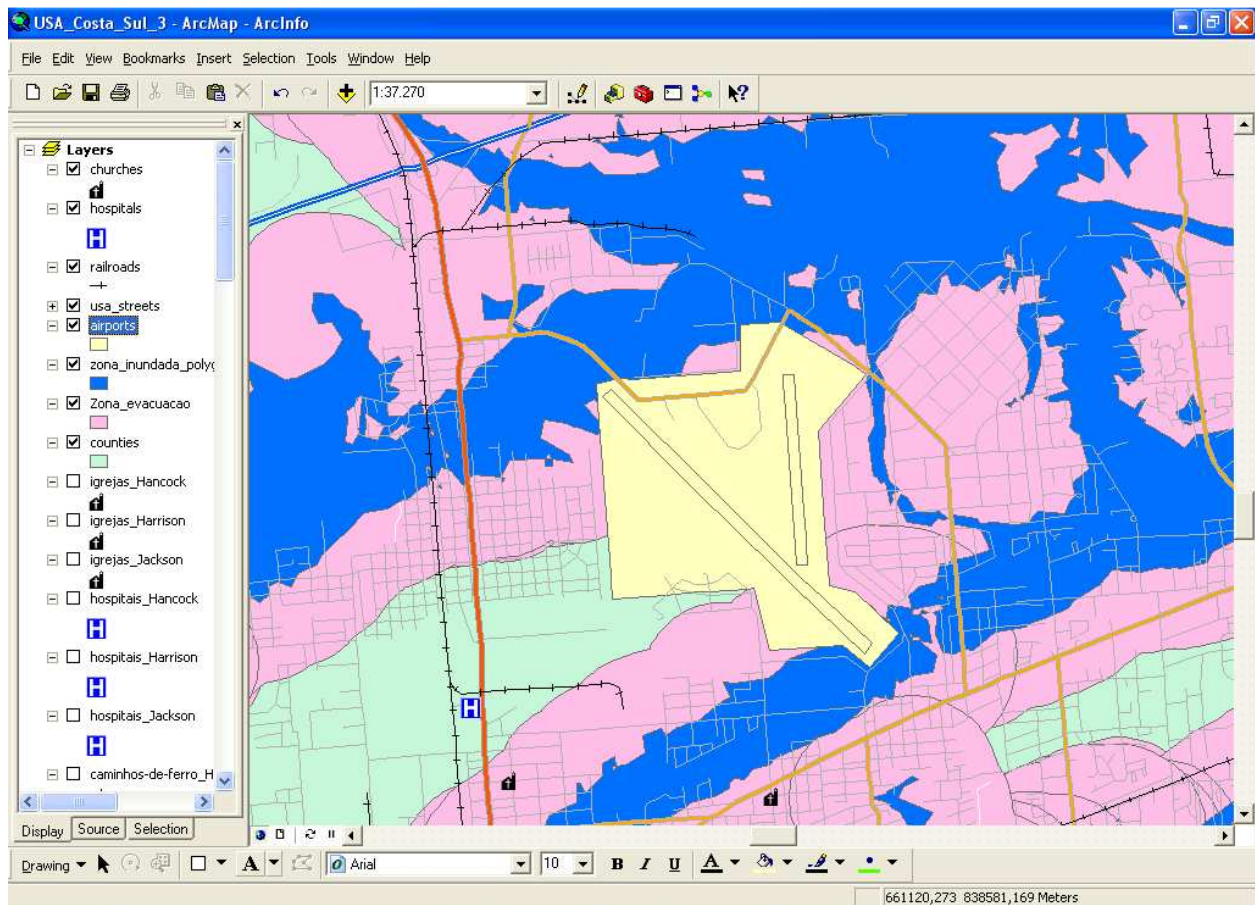


Figura 22: detalhe do aeroporto de Harrison no mapa *USA_Costa_Sul_3.mxd*

Grande parte do aeroporto de Hancock foi inundada e o aeroporto de Jackson foi praticamente inundado na totalidade.

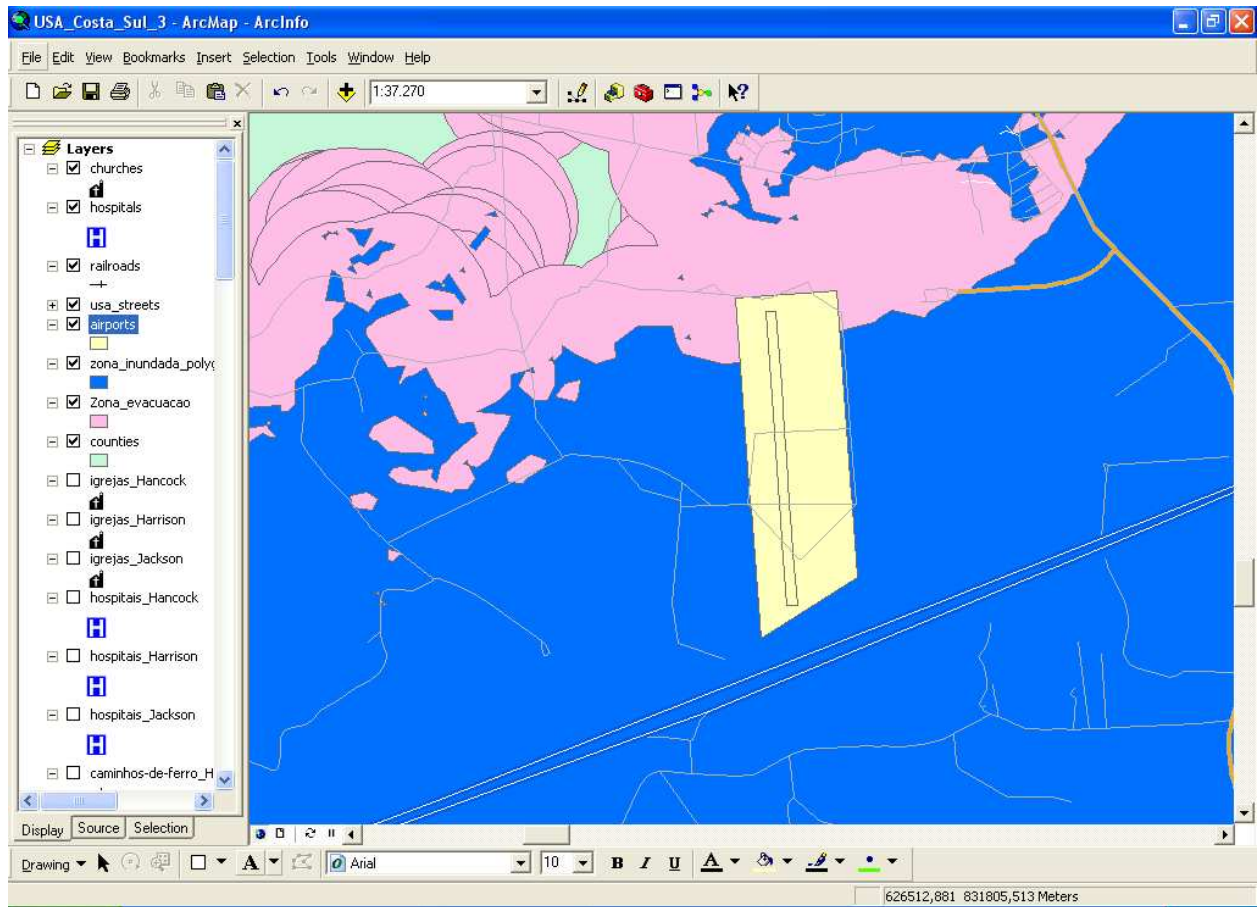


Figura 23: detalhe do aeroporto de Hancock no mapa *USA_Costa_Sul_3.mxd*

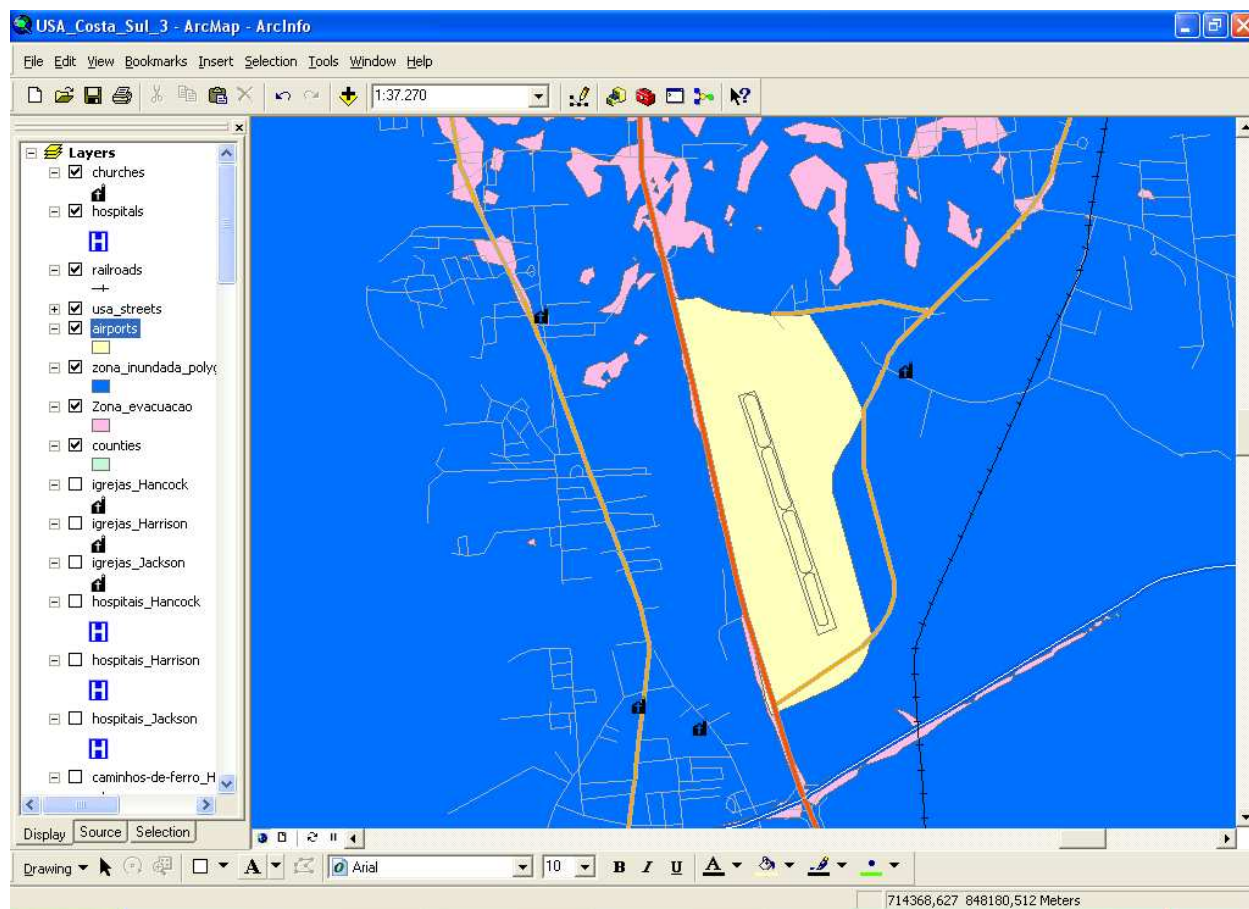


Figura 24: detalhe do aeroporto de Jackson no mapa *USA_Costa_Sul_3.mxd*

Assim sendo, é importante dar prioridade ao aeroporto de Harrison e procurar reparar rapidamente não só os acessos a ele (estradas) como também qualquer estrutura interna, como torres de controlo ou pistas, que impeça o levantamento ou aterragem segura dos aviões, já que o aeroporto é uma peça importantíssima no resgate das pessoas.

4.2.6. Infra-estruturas seguras

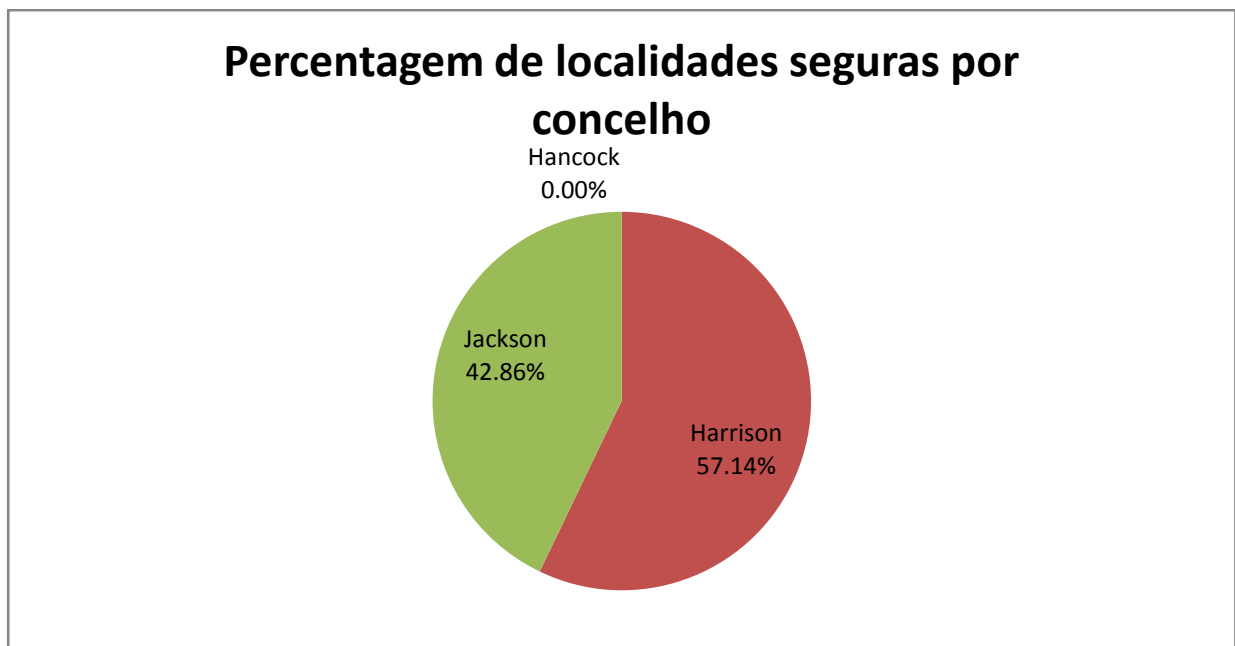
Finalmente, vai-se analisar as infra-estruturas seguras no total e por concelho. Estas infra-estruturas são importantes no resgate e prestação de ajuda às pessoas afectadas, pelo que é importante a sua identificação.

Nenhum aeroporto é, nesta fase, seguro, pelo que este elemento está excluído deste ponto.

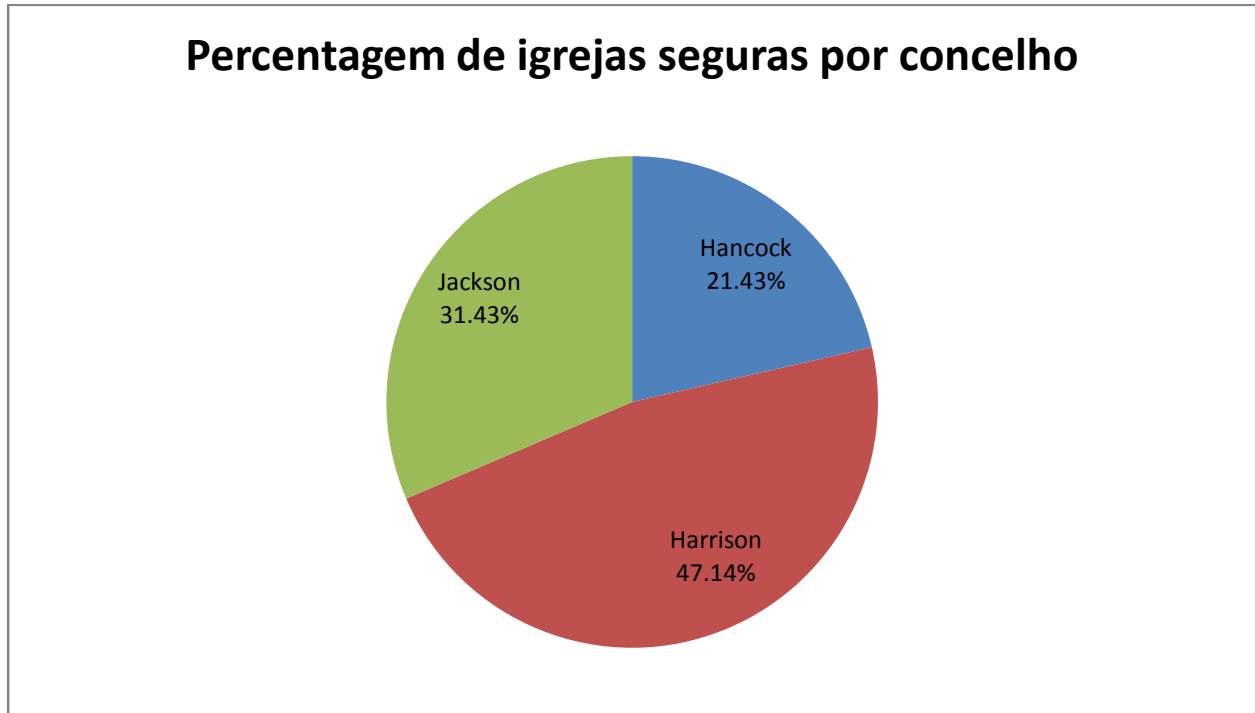
- Total geral:
 - Localidades: 7
 - Igrejas: 70
 - Hospitais: 3

- Caminhos-de-ferro: 20
- Estradas: 12903
- Por concelho:
 - Hancock:
 - Localidades: 0
 - Igrejas: 15
 - Hospitais: 0
 - Caminhos-de-ferro: 8
 - Estradas: 3044
 - Harrison:
 - Localidades: 4
 - Igrejas: 33
 - Hospitais: 3
 - Caminhos-de-ferro: 11
 - Estradas: 6910
 - Jackson:
 - Localidades: 3
 - Igrejas: 22
 - Hospitais: 0
 - Caminhos-de-ferro: 0
 - Estradas: 2905

Analise-se estes dados.



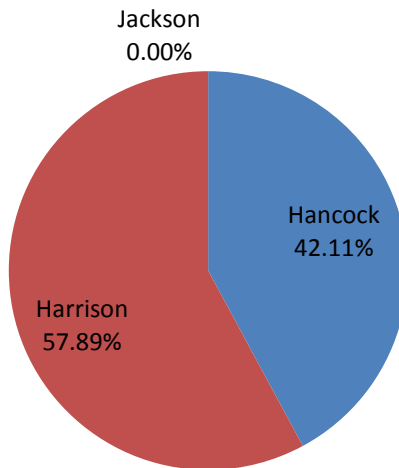
Harrison tem a maior percentagem de localidades seguras, seguido de Jackson. Em Hancock, todas as localidades se encontram ou inundadas ou na zona de evacuação, o que exige um cuidado acrescido nesse concelho para esses elementos.



Harrison tem a maior percentagem de igrejas seguras, seguido de Jackson e Hancock. Estas infra-estruturas seguras, no total, são ainda bastantes, o que é útil para salvaguardar pessoas caso haja necessidade.

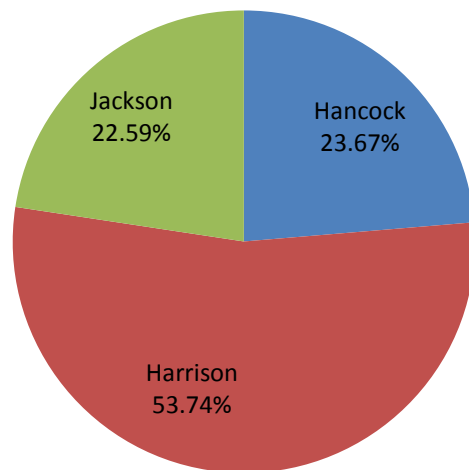
Em relação aos hospitais, e como já foi visto, apenas Harrison tem hospitais totalmente seguros, um total de 3. É importante dar-lhes um bom uso na ajuda às populações afectadas.

Percentagem de caminhos-de-ferro seguros por concelho



Harrison contém a maior percentagem de caminhos-de-ferro seguros, seguido de Hancock. Jackson não dispõe de nenhum caminho-de-ferro seguro. É claro que, mesmo nos outros concelhos, é necessária cautela com os caminhos-de-ferro bloqueados ou que transmitam pouca confiança. A análise global destes elementos, como já foi visto, é pouco encorajadora para um uso extensivo deles como forma de fuga.

Percentagem de estradas seguras por concelho



Relativamente às estradas, mais uma vez é Harrison que possui mais delas seguras, seguido de Hancock e depois Jackson. Também como foi referido, estes elementos são fundamentais na evacuação, especialmente nas ligações que várias estradas mais pequenas têm com as estradas principais, que permitem a fuga para zonas mais seguras (Norte no caso de Hancock e Harrison, mas Jackson tem também uma boa parte de zonas seguras a Norte, apesar de ter sido mais afectado pela inundação).

4.3. Cálculo das melhores rotas

No *deliverable 6* (mapa *USA_Costa_Sul_5.mxd*) estão presentes duas rotas calculadas com a ajuda do Network Analyst, em que se considera existirem pessoas a evacuar. Ambas as rotas têm paragens (*stops*) numeradas para a recolha de pessoas em risco (a paragem 1 é o ponto de partida para as equipas de resgate): a rota 1 tem três paragens e a rota 2 tem duas paragens. O cálculo do melhor caminho (para cada rota) é feito com base na menor distância (em km).

Na primeira rota existem duas barreiras, uma abaixo da primeira paragem e outra abaixo da segunda. O objectivo destas barreiras é impedir a aplicação de calcular uma rota que siga por cima da zona inundada. Como se pode ver no mapa, era mais rápido ir da primeira paragem à segunda pelo Sul onde se encontra a barreira, em vez de seguir pela rodovia a Norte e depois descer. O mesmo pode ser dito da rota desde a segunda à terceira paragens. Contudo, como ambos os caminhos se encontram inundados, é necessário definir barreiras e seguir por rotas alternativas. A figura abaixo mostra o que aconteceria se essas barreiras fossem removidas e a rota recalculada:

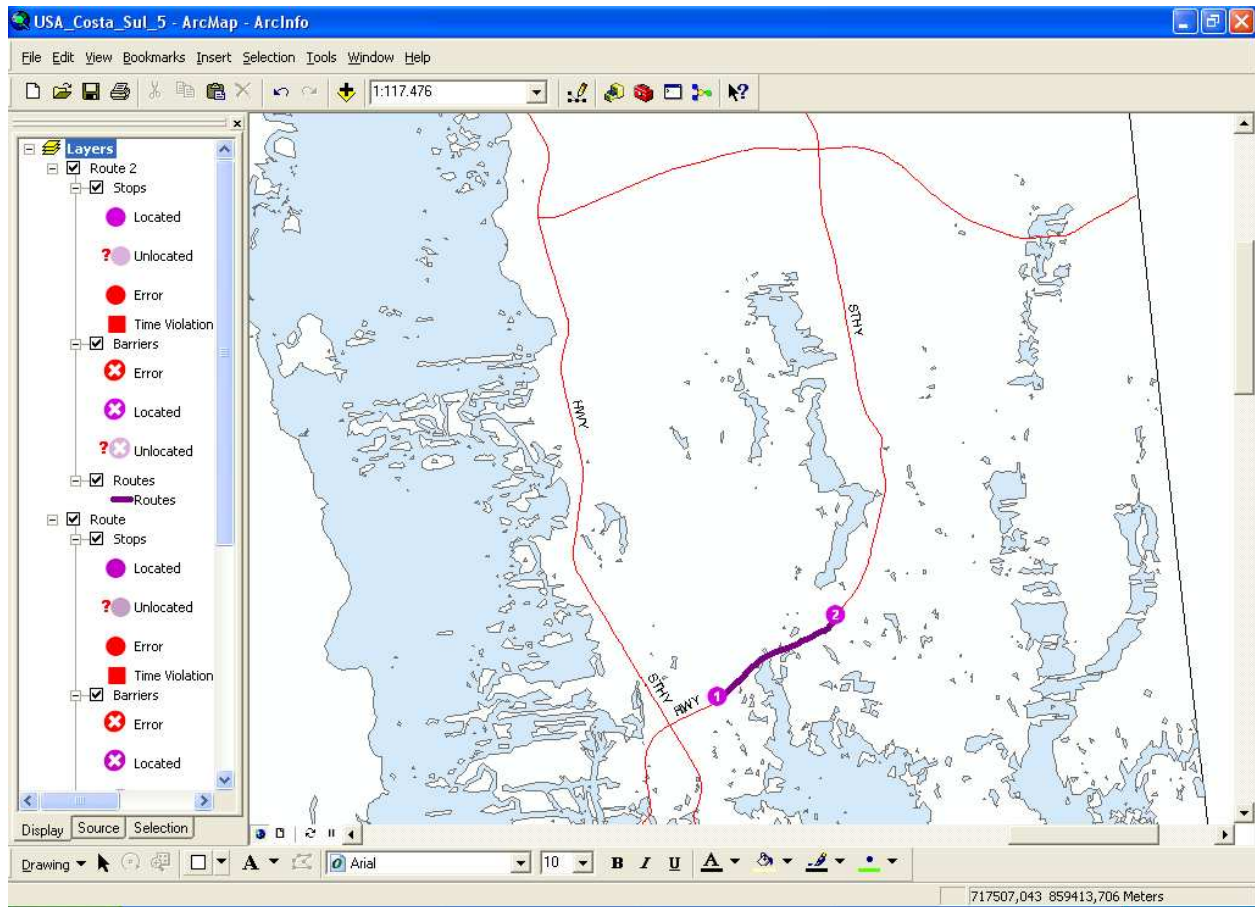


Figura 26: cálculo da rota 2 (a lilás) após remoção da barreira, mapa *USA_Costa_Sul_5.mxd*

Mais uma vez, o caminho é obviamente mais curto, mas a zona inundada tem de ser evitada.

Pode-se também obter as direcções do caminho a percorrer, desde a primeira paragem até à última; a figura em baixo mostra as direcções para a rota 1 (com as barreiras devidamente colocadas):

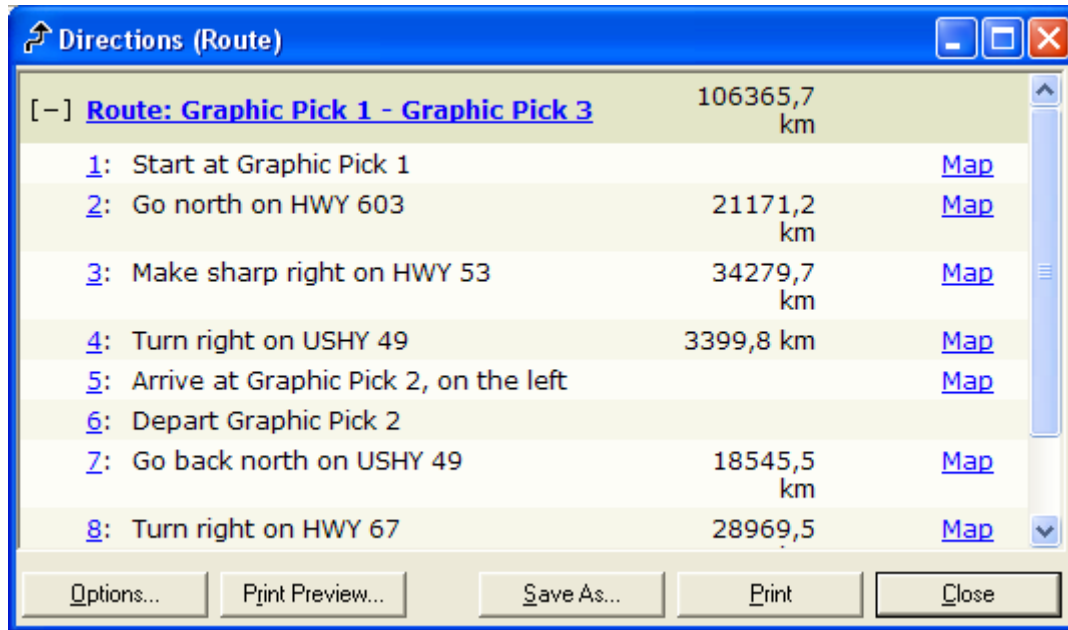


Figura 27: direcções da rota 1

O objectivo destes cálculos é exemplificar a utilidade do Network Analyst na ajuda à evacuação ou outras possibilidades consoante o cenário em análise. Estes exemplos ajudam a evidenciar a facilidade que existe em mapear uma rota alternativa quando uma secção se encontra cortada por qualquer razão. É claro que, feitos estes cálculos, pode-se avaliar se se pode, por exemplo, utilizar um veículo aéreo para chegar mais depressa ao local pretendido, e nestes exemplos, estando essa forma de deslocação disponível, facilmente se conclui que seria mais vantajosa.

4.4. A intersecção das estradas principais com um tipo de solo inundado

Também no sexto *deliverable*, mapa *USA_Costa_Sul_5.mxd*, se faz uma intersecção das estradas principais dos EUA com o solo lagunar inundado. Esta operação pretende exemplificar a fácil extracção de conclusões relativas a estes elementos. Esta informação permite-nos conhecer, por exemplo, e neste caso, quais as estradas principais que possivelmente apresentam um nível de inundação mais elevado devido à ajuda do solo lagunar, que facilita o escape da água para outras áreas próximas.

4.5. Considera es finais

Estas conclusões podem facilmente ser úteis em qualquer uma das vertentes do paradigma dos SIG na resposta a emergências.

Numa investigação feita em altura anterior ao acontecimento do desastre, pode-se determinar, depois desta análise, como proteger quer o ambiente quer as infra-estruturas desta zona. Planos de contingência para evitar uma catástrofe de furacões, como a do furacão Katrina, envolvem:

- Disseminação de informação pelas populações, preparando os cidadãos para a ocorrência de uma eventual catástrofe, acerca de modos de agir, locais de protecção, etc;
- Investir mais na solidez das infra-estruturas – localidades, igrejas, hospitais, caminhos-de-ferro, estradas, aeroportos –, com melhores materiais e verificações periódicas do seu estado;
- Construção de barreiras (muralhas, por exemplo) preventivas, particularmente nas ilhas barreira e na costa, em todos os concelhos, como protecção adicional contra uma inundaçãõ que provoque ondas mais fortes e mais altas;
- Considerar a hipótese de criar novas localidades mais longe da costa e encorajar as pessoas a moverem-se para lá;
- Construir (mais) heliportos e centros de combate e ajuda a catástrofes naturais, colocando-os em zonas que permitam um rápido e fácil acesso à costa onde o perigo é maior;
- Investir em equipamento de previsão e controlo que dê uma vantagem temporal às populações de evacuarem e às equipas de ajuda e socorro de se prepararem com planos preventivos.

Se o incidente estiver em curso, esta informação analítica é sem dúvida fundamental. Dos três concelhos em análise, e como pôde ser visto, não há dúvidas de que Jackson é o mais afectado pela inundaçãõ, seguido por Hancock e Harrison. Os recursos, quer financeiros quer humanos, vão ter de ser prioritizados de acordo com esta informação. É importante ter em atençãõ os níveis de inundaçãõ para cada tipo de solo e agir de acordo com as necessidades que cada um obriga a tomar, a nível de importaçãõ de alimentos, preservaçãõ ambiental, etc.

A análise destaca também que Harrison é o concelho onde mais se deve apostar como local onde existe mais segurança, como se pode verificar pelas análises a cada tipo de infra-estrutura, destacando-se a situaçãõ quer dos hospitais quer do aeroporto, que devem ser levados em conta pelas equipas designadas para este concelho. A rede de caminhos-de-ferro, no geral, é pouco compacta, mas a rede de estradas deve ser avaliada seriamente no que respeita às ligações para zonas seguras, nomeadamente, e como foi referido, a reparaçãõ da Interstate 10. As igrejas são também importantes na ajuda.

As análises individuais apresentadas anteriormente permitem conhecer exactamente as necessidades a nível de recursos que deverão ser alocados para cada elemento, em cada concelho, bem como potencialidades úteis no que respeita a definir as melhores rotas a tomar

para salvamento e informações a respeito de casos específicos como uma intersecção de estradas com um dado tipo de solo inundado.

Finalmente, numa situação já posterior ao incidente, estas informações continuam a ser úteis, quer na perspectiva de reparações e confirmação de elementos afectados, quer na perspectiva de uma futura prevenção, já que, obviamente, desastres destes têm impactos imensamente negativos a todos os níveis, na região.

5. Desafios emergentes em Investigação e Desenvolvimento em SIGs para crises e emergências

A investigação e desenvolvimento nas áreas da avaliação e análise do risco, na preparação e reposta a crises e emergências, ilustra como a informação geográfica está a ser integrada nas soluções, bem como o papel importante que a Web joga na comunicação e disseminação da informação ao público em geral, para mitigação, gestão e recuperação de um qualquer acidente ou desastre.

Embora muita da informação na Web pudesse ser representada como um documento, os resultados são preferencialmente apresentados na forma de mapas e gráficos, os quais são claramente o resultado de aplicar as tecnologias de informação geográfica na resolução dos problemas. Em algumas situações, é ainda evidente que a informação geográfica tem evoluído na informação, desde simples *display* de dados até à produção de modelos avançados.

Alguns principais desafios emergentes na área de I&D em SIGs para crises e emergências:

- **Aquisição e integração espacial de dados** – há essencialmente três áreas que têm necessidade de informação espacial num cenário de gestão de emergências: autoridades do sector público, cidadãos privados e investigadores. Também, como já referido, o ciclo do “acidente ou desastre” pode ser dividido nas fases temporais do antes, durante e depois. Utilizando estas duas dimensões, pode definir-se uma matriz onde cada célula representa uma parte dos requisitos da informação espacial, em cada fase do ciclo do desastre. O desafio global na investigação em aquisição e integração de dados espaciais para gestão de emergências, pode ser visto como de entrega de informação precisa e apropriada, a todas as partes envolvidas num desastre, em todas as suas fases e de uma maneira oportuna.

Há várias questões de pesquisa que podem ser geradas neste contexto de desafio de I&D:

- Que necessidades de dados e informação, para quem e em que altura, durante uma emergência?
- Que fontes de dados estão disponíveis para satisfazer essas necessidades?
- Que problemas surgem na integração de fontes de informação espacial com vários níveis de precisão e detalhe, para satisfazer unicamente as necessidades de cada parte, em vários pontos do ciclo de desastre?
- Que grau ou quantidade de incerteza podem tolerar várias das partes, quando recebem informação em várias fases do ciclo de desastre?

- **Computação distribuída** – utilização de infra-estruturas tecnológicas baseadas em supercomputador com computação simultânea distribuída em muitos processadores para facilitar a análise;
- **Extensões à representação geográfica** – há uma necessidade crescente para melhorar a representação do risco e a vulnerabilidade humana nas situações críticas e de emergência. A representação computacional da vulnerabilidade humana tem permanecido atrasada face aos avanços teóricos nesta área. Como tal, os SIGs não estão a representar a profundidade e riqueza dos contextos teóricos e a pesquisa empírica na vulnerabilidade humana aos perigos ambientais permanece incompleta. O risco e a vulnerabilidade humana são muito mais dinâmicos do que as representações que estão a ser utilizadas presentemente em SIGs. Sente-se então uma clara necessidade de poder modelar e sumarizar rapidamente cenários alternativos, especialmente quando o futuro é incerto (caso dos cataclismos, etc).
- **Conhecimento de informação geográfica** – a grande quantidade de informação geográfica pode tornar-se avassaladora para o executor em situações de emergência; é assim importante a melhoria na representação, operações e modelação de dados espaciais;
- **Interoperabilidade da informação geográfica** – promover e aumentar a coordenação e a partilha de capacidades compatíveis, facilitando a utilização e libertação dos recursos existentes e apoiar a validação e análise da informação;
- **Escala** – modelos de simulação de risco actuais, trabalham em áreas pequenas, com grandes grelhas de resolução e são lentos. Os modelos futuros deveriam operar em grelhas mais finas, com conjuntos de dados a incluir a área inteira de risco, isto é, com zona circundante, como por exemplo num vulcão;
- **Análise espacial em ambiente SIG** – simulações em computador interligadas a sistemas SIG, poderiam permitir análise de perda de vidas e destruição de infra-estruturas, de um modo que não é ainda possível com o conjunto actual de ferramentas disponíveis;
- **O futuro de infra-estruturas de informação espacial** – promover o desenvolvimento de uma rede de informação para desastres globais, que poderia ser central na criação e disseminação de procedimentos de partilha de modelo de dados, que focalizasse os assuntos institucionais e técnicos, associados com a partilha de dados de informação geográfica em preparação e resposta a emergências (tipo um sistema de controlo de incidentes – *Incident Control System*, ICS – mas mais orientado para a informação geográfica);
- **Incerteza nos dados geográficos e análises baseadas em SIG** – deve poder analisar-se e incorporar-se a incerteza temporal na análise e previsão que se

faz. Deve ser-se capaz de poder quantificar a incerteza nos dados (e na análise) e exprimir isto de um modo satisfatório;

- **SIG e sociedade** – definir barreiras potenciais entre tecnologia SIG e segmentos diferentes da sociedade, reflectindo sobre questões éticas e legais, nomeadamente a salvaguarda da privacidade, de forma a ajudar na entrega de informação crítica durante uma crise;
- **Prioridades na educação** – a investigação para determinar desafios aplicativos na preparação e resposta a crises e emergências, ilustra o papel importante que agora a Web joga na comunicação e disseminação da informação ao público. Mostra-se que uma população informada é mais propensa a aceitar e englobar a mitigação, respondendo e participando na gestão de um perigo ou emergência, e está melhor preparada para apoiar e apreciar a recuperação de um desastre. Por esta razão, é importante apostar na formação de peritos, com conhecimentos adequados, que dêem melhores respostas a este tipo de desastres.

A investigação e ensino na preparação e resposta a emergências é crucial, quando se procuram condições que se pense perigosas para a vida e habitat, se pretende garantir esforços de mitigação, se quer dar resposta durante as emergências para reduzir perdas de vida e propriedade e resolver e restabeleça o meio ambiente afectado. Em alguns casos, considera-se mesmo ser necessário constituir sistemas de aviso e alerta prévios, enquanto noutros, é preciso mudar elementos mais fundamentais, como a utilização do solo e o estilo de vida. Em todos os casos são necessárias grandes bases de dados que contenham informação sobre os humanos, as suas actividades e habitat. É necessário ainda assegurar que estes dados sejam acessíveis para avaliar o risco, preparar para atacar o desastre e apoiar para uma resposta eficaz e determinada. Embora as ferramentas devam ser criadas para ajudar efectivamente os executores de situações de emergência, deve também assegurar-se a privacidade do indivíduo, para evitar que ocorram excessos de exploração.

A questão é porém saber, se avanços nas prioridades de investigação e ensino, poderiam contribuir para as necessidades intrínsecas das aplicações de preparação e resposta a emergências. Identificando e recomendando prioridades na investigação, ensino e política de contribuições para a gestão de emergências, reforça-se o enfoque na ciência da informação geográfica. A interacção entre o homem e o seu ambiente, sob condições potencialmente perigosas para a vida e habitat, pode ser facilitada através dos avanços nesta ciência.

Através da preparação e resposta a emergências, será possível proporcionar orientações, onde a política pode ser mais directamente ligada a processos subjacentes, em lugar de simplesmente sob a forma que aparece durante, e como, resultado de um desastre.

6. Conclusão

Historicamente, os programas de gestão de crise e de emergência eram planeados, implementados e modificados, baseados na dimensão e/ou reacção às emergências, conforme elas iam ocorrendo.

Os Sistemas de Apoio à Decisão com suporte na tecnologia SIG, vêm no entanto alterar essa situação, já que permitem que se possam identificar mais facilmente as necessidades na resolução dos problemas, antes mesmo de eles acontecerem, podendo assim ser modelados e apresentados em diagramas e mapas georreferenciados. Esses modelos têm ainda a vantagem de permitir, não só a sua utilização ao nível tático, no terreno, analisando em tempo real as suas consequências, como o seu treino na preparação e adequação da doutrina e dos meios de emprego, quando necessário.

Se uma imagem vale mil palavras, então certamente um mapa inteligente vale muito mais. A tecnologia SIG está a introduzir cada vez mais valor acrescentado, ao apresentar a informação no contexto da sua localização (geo-localização). De facto, tudo o que hoje acontece, acontece algures no Globo. A geo-análise proporciona a capacidade para compreender os relacionamentos entre dados espaciais, pelo que os dispositivos espacialmente distribuídos, as redes e as aplicações, fornecem elevado grau de “inteligência” e capacidade ao sistema, tendo como adquirida a importância crucial de como a localização tem enorme impacto, sobretudo ao nível do processo de decisão.

Os SIGs actuais produzem informação espacial inteligente, pertinente e útil, proporcionando aos responsáveis da gestão de crises e emergências, um modo melhorado de analisar e tomar consciência da situação (**CS**), através de uma Visão Operacional Comum (**VOC**) da situação operacional, em cada fase de um evento ou catástrofe – sintetizando e interoperando conjuntos de informação complexa, os SIGs permitem decisões mais rápidas, melhores e mais oportunas.

O custo significativo que a implementação e manutenção destes sistemas envolve, aconselha a que sejam retiradas todas as vantagens possíveis dos dados existentes. Presentemente, um dos maiores problemas que enfrentam as organizações que já utilizam SIGs, ou que pretendam vir a utilizar, coloca-se ao nível dos recursos humanos em que, como consequência de se tratar de uma área do conhecimento relativamente recente, cuja aplicação é exigente ao nível da formação, só nos últimos anos alguns cursos superiores incluem a sua abordagem nos currículos, nalguns casos mesmo apenas ao nível da iniciação.

A procura em alcançar e colmatar os desafios em I&D enunciados para esta área do conhecimento, contribuirão objectivamente para o aumento do número de profissionais a dominar aplicações informáticas na resolução de problemas, com apoio na produção, manutenção e análise de dados espaciais para planear, responder e recuperar/reconstituir,

melhorando a eficácia, performance e mais valia da sua utilização, especialmente em situações críticas e de emergência.

A realização deste trabalho permitiu compreender que a ciência da informação geográfica e o SIG em particular, são sem dúvida áreas interessantes e de grande potencial, especialmente na prevenção e gestão de situações fora do controlo humano e, por isso, muitas vezes difíceis de abordar.

Um exemplo interessante seria poder utilizar-se um *study case* do género em território Nacional, não só para permitir a análise espacial da gestão do incidente, mas também a preparação e treino para prevenção em diversas outras ocorrências catastróficas ou de acidentes graves, como terremotos, derramamentos de material perigoso, grandes incêndios, etc. Infelizmente, ainda não se dispõe a nível Nacional dos dados geográficos e da informação estruturada correspondente, necessária para realizar uma verdadeira análise geoespacial pelo que, apenas e só por isso, se recorreu ao incidente do furacão Katrina nos EUA, em 2005.

De todo o modo, pensa-se que o objectivo deste trabalho de estágio foi claramente atingido.

Anexos

1. Anexo I – Análise dos dados originais

Nota: as unidades internas não são fixas, dependem do sistema de coordenadas utilizado na aplicação, tendo neste caso sido definido um que utiliza metros, o NAD_1983_Albers; sempre que é adicionada aos mapas uma *feature class* com um sistema de coordenadas diferente, a aplicação converte-o automaticamente.

- **Airports (*vector*)** – polígonos que representam os limites e pistas dos aeroportos na costa Sul do Estado do Mississippi. O sistema de coordenadas é o GCS_WGS_1984.
 - OBJECTID: número interno do aeroporto; identificador.
 - Shape: geometria do aeroporto.
 - NAME: nome do aeroporto.
 - FCC: código de classificação do aeroporto.
 - LOC_ID: identificador internacional do aeroporto com 3 ou 4 caracteres.
 - USE: identificação do uso do aeroporto.
 - OWNERNAME: nome do proprietário do aeroporto.
 - ELEVATION: elevação em pés do aeroporto em relação ao nível do mar.
 - CONGES_LEV: nível de congestão do aeroporto.
 - SERV_LEV: nível do serviço do aeroporto.
 - LRGCERTENP: número total de embarcações domésticas e estrangeiras em aviões de grande porte certificados durante o ano de 1992.
 - COMM_ENP: número total de embarcações domésticas e estrangeiras em aviões de pequeno porte certificados durante o ano de 1992.
 - AIRTAXIENP: número total de embarcações domésticas e estrangeiras em táxis aéreos durante o ano de 1992.
 - FOREIGNENP: número total de embarcações em aviões estrangeiros durante o ano de 1992.
 - INTRANENP: número total de passageiros a bordo de voos internacionais que percorrem os aeroportos com fins diferentes do transporte de passageiros em 1992; limitado a 48 aeroportos nos estados contíguos.
 - HUB_SIZE: tamanho do hub do aeroporto baseado na percentagem de embarcações nacionais.
 - TOWER_TYPE: código do tipo de torre do aeroporto.
 - Shape_Length: tamanho do aeroporto em unidades internas.
 - Shape_Area: área do aeroporto em unidades internas quadradas.
- **Churches (*vector*)** – pontos que representam igrejas na costa Sul do Estado do Mississippi. O sistema de coordenadas é o GCS_North_American_1983.

- OBJECTID: número interno da igreja; identificador.
- Shape: geometria da igreja.
- NAME: nome da igreja.
- STCTYFIPS: código que combina o Estado/território e o código FIPS (*Federal Information Processing Standards* – número de 5 dígitos) do concelho. Este código permite identificar de forma única o concelho onde cada igreja se localiza.
- **Counties (vector)** – polígonos que representam concelhos na costa Sul do Estado do Mississippi. O sistema de coordenadas é o GCS_North_American_1983.
 - OBJECTID: número interno do concelho; identificador.
 - Shape: geometria do concelho.
 - COUNTYFIPS: número interno do concelho; identificador.
 - STATE: abreviatura de dois caracteres que representa o Estado ou equivalente onde o concelho se encontra localizado.
 - COUNTY: nome do concelho ou equivalente.
 - FIPS: *Federal Information Processing Standards* – código de 5 dígitos do concelho ou equivalente. Códigos terminados em “000” indicam áreas das zonas marítimas para as quais o concelho não está reportado.
 - STATE_FIPS: código FIPS de 2 dígitos do Estado ou equivalente.
 - SQUARE_MIL: tamanho do concelho ou equivalente em milhas quadradas.
 - Shape_Length: tamanho do concelho em unidades internas.
 - Shape_Area: área do concelho em unidades internas quadradas.
- **Elev (raster)** – dados que representam a elevação na costa Sul do Estado do Mississippi. O sistema de coordenadas é o GCS_North_American_1983. Resolução: 1 arc seg 0.000278 graus decimais, 30 metros.
 - Não tem atributos.
- **Hospitals (vector)** – pontos que representam hospitais na costa Sul do Estado do Mississippi. O sistema de coordenadas é o GCS_North_American_1983.
 - OBJECTID: número interno do hospital; identificador.
 - Shape: geometria do hospital.
 - NAME: nome do hospital.
 - STCTYFIPS: código que combina o Estado/território e o código FIPS (*Federal Information Processing Standards* – número de 5 dígitos) do concelho. Este código permite identificar de forma única o concelho onde cada hospital se localiza.

- LABEL_FLAG: indicador de que o hospital tem uma área correspondente no U.S. Large Area Landmarks (representa marcos comuns nos EUA, incluindo áreas militares, prisões, instituições de educação, centros de diversão, cemitérios, etc).
- **Islands (vector)** – polígonos que representam as ilhas barreira na costa Sul do Estado do Mississippi. O sistema de coordenadas é o GCS_North_American_1983.
 - OBJECTID: número interno da ilha barreira; identificador.
 - Shape: geometria da ilha barreira.
 - COUNTY020: número interno da ilha barreira; identificador.
 - STATE: abreviatura de dois caracteres que representa o Estado ou equivalente onde o concelho se encontra localizado.
 - COUNTY: nome do concelho ou equivalente.
 - FIPS: *Federal Information Processing Standards* – código de 5 dígitos do concelho ou equivalente. Códigos terminados em “000” indicam áreas das zonas marítimas para as quais o concelho não está reportado.
 - STATE_FIPS: código FIPS de 2 dígitos do estado ou equivalente.
 - SQUARE_MIL: tamanho do concelho ou equivalente em milhas quadradas.
 - Name: nome da ilha barreira.
 - Shape_Length: tamanho da ilha barreira em unidades internas.
 - Shape_Area: área da ilha barreira em unidades internas quadradas.
- **Landcover (raster)** – dados que representam os tipos de utilização de solo na costa Sul do Estado do Mississippi. O sistema de coordenadas é o GCS_North_American_1983. O sistema de coordenadas projectado é o NAD_1983_Albers. Resolução: 1 arc seg 30 graus decimais, 30 metros. Esta camada resultou e foi processada através de imagem de satélite para mostrar as espécies de cobertura de solo diferentes nesta região. Neste caso, os valores dos detalhes dos atributos podem ser melhor vistos em ...\\estagio09\Projecto\documentos, onde se encontra um ficheiro Excel fornecido pelo National Land Cover Data – *NLCD_Classification.xls*.
 - OBJECTID: número interno do tipo de utilização de solo; identificador.
 - VALUE: número interno do tipo de utilização de solo. É um valor do código da classe Land Cover.
 - COUNT: número interno do tipo de utilização de solo. Valor interno que contém o número de píxeis que contém cada valor no ficheiro.
- **Places (vector)** – pontos que representam localidades na costa Sul do Estado do Mississippi. O sistema de coordenadas é o GCS_North_American_1983.

- OBJECTID: número interno da localidade; identificador.
- Shape: geometria da localidade.
- NAME: nome da localidade populada.
- CLASS: classe da localidade populada.
- ST: abreviatura de dois caracteres que representa o Estado ou equivalente onde a localidade populada se encontra localizada.
- STFIPS: código FIPS (número com 2 dígitos) do Estado onde a localidade populada se encontra localizada.
- PLACEFIP: código FIPS (número com 5 dígitos) da localidade populada dentro de um Estado.
- HOUSEUNITS: contagem de habitações da localidade populada.
- POP2000: população da localidade populada em 2000.
- POP_CLASS: código da classe da população da localidade populada.
- AREALAND: área da localidade populada, em milhas quadradas, que representa zonas terrestres.
- AREAWATER: área da localidade populada, em milhas quadradas, que representa zonas marítimas.
- **Railroads (*vector*)** – linhas que representam caminhos-de-ferro na costa Sul do Estado do Mississippi. O sistema de coordenadas é o GCS_North_American_1983.
 - OBJECTID: número interno do caminho-de-ferro; identificador.
 - Shape: geometria do caminho-de-ferro.
 - ID: identificação única do caminho-de-ferro na estrutura da rede.
 - RAILROAD: nome ou identificação do caminho-de-ferro.
 - RROWNER: identificação do primeiro proprietário do caminho-de-ferro. A marca “XXXX” indica um caminho-de-ferro abandonado, e a marca “DUMX” indica um caminho-de-ferro de ligação adicionado.
 - TR: identificação do primeiro caminho-de-ferro com acordo de direito de utilização.
 - PASSENGER: indicador do tipo de passageiro do caminho-de-ferro.
 - MILITARY: indicador do tipo de interesse militar do caminho-de-ferro. Este código deve corresponder ao indicado em “*Civil Rail Lines Important to National Defense, December 1998*”.
 - FRA_REG: número regional da FRA (*Federal Railroad Administration*) para o caminho-de-ferro.
 - CLASS: código de classificação do caminho-de-ferro.
 - MILES: medida da distância em milhas.
 - Shape_Length: tamanho do caminho-de-ferro em unidades internas.

- **Rivers (*vector*)** – linhas que representam rios ou ribeiros na costa Sul do Estado do Mississippi. O sistema de coordenadas é o GCS_North_American_1983.
 - OBJECTID: número interno do rio ou ribeiro; identificador.
 - Shape: geometria do rio ou ribeiro.
 - NAME: nome do rio ou ribeiro.
 - FTYPE: tipo de rio ou ribeiro.
 - FCODE: código do rio ou ribeiro (número com 5 dígitos): os 3 primeiros dígitos indicam o tipo; os últimos 2 indicam valores de um conjunto de características associadas ao rio ou ribeiro.
 - FCODE_DESC: descrição do código do rio ou ribeiro.
 - STRM_LEVEL: código numérico que identifica o nível da corrente do rio ou ribeiro pela rede de drenagem. O valor mais baixo (“1” indica rios ou ribeiros que desaguam nos Oceanos Atlântico, Pacífico ou Ártico, Golfo do México ou mar das Caraíbas; “2” indica rios ou ribeiros que desaguam nos Great Lakes ou Great Salt Lake; “3” indica rios ou ribeiros que desaguam na borda dos EUA com o Canadá ou México; “4” indica rios ou ribeiros que desaguam em qualquer outro sítio (rede de drenagem isolada)) do nível de corrente é atribuído a um rio ou ribeiro no fim do curso e a rios ou ribeiros a montante. O valor da corrente é incrementado por um e atribuído a todos os rios que terminam no mesmo ponto e a todos os rios ou ribeiros a montante. O valor da corrente é incrementado de novo e atribuído a rios ou ribeiros a montante. Este processo é repetido até todos os rios e ribeiros indicados terem atribuído um valor da corrente.
 - AP_WITHIN: tipo do elemento de água pelo qual um elemento geográfico linear de água permite passagem. Diz respeito apenas a rios ou ribeiros cujo tipo (FTYPE) é “*Artificial Path*”.
 - METERS: comprimento do rio ou ribeiro em metros.
 - FEET: comprimento do rio ou ribeiro em pés.
 - Shape_Length: tamanho do rio ou ribeiro em unidades internas.
- **USA_streets (*vector*)** – linhas que representam estradas na costa Sul do Estado do Mississippi. O sistema de coordenadas é o GCS_North_American_1983.
 - OBJECTID: número interno da estrada; identificador.
 - Shape: geometria da estrada.
 - L_F_ADD: endereço inicial da gama de endereços à esquerda do segmento para a estrada.
 - L_T_ADD: endereço final da gama de endereços à esquerda do segmento para a estrada.

- R_F_ADD: endereço inicial da gama de endereços à direita do segmento para a estrada.
- R_T_ADD: endereço final da gama de endereços à direita do segmento para a estrada.
- PREFIX: prefixo da direcção da estrada.
- PRETYPE: prefixo do tipo de estrada.
- NAME: nome da estrada.
- TYPE: sufixo do tipo de estrada.
- SUFFIX: sufixo da direcção da estrada.
- CLASS_RTE: classe da estrada.
- RAMP_CLASS: classe de rampa da estrada que estabelece ligação com a hierarquia CLASS_RTE.
- FROM_ELEV: característica da estrada “de elevação”.
- TO_ELEV: característica da estrada “para elevação”.
- HWY_TYPE: tipo de símbolo de estrada principal para a estrada.
- HWY_SYMBOL: símbolo de estrada principal encontrado na sinalização da estrada.
- SPEED_MPH: velocidade estimada em milhas por hora para a estrada.
- PREFIX1: primeiro prefixo alternativo da direcção da estrada.
- PRETYPE1: primeiro prefixo alternativo do tipo de estrada.
- NAME1: primeiro nome alternativo da estrada.
- TYPE1: primeiro sufixo alternativo do tipo de estrada.
- SUFFIX1: primeiro sufixo alternativo da direcção da estrada.
- PREFIX2: segundo prefixo alternativo da direcção da estrada.
- PRETYPE2: segundo prefixo alternativo do tipo de estrada.
- NAME2: segundo nome alternativo da estrada.
- TYPE2: segundo sufixo alternativo do tipo de estrada.
- SUFFIX2: segundo sufixo alternativo da direcção da estrada.
- PREFIX3: terceiro prefixo alternativo da direcção da estrada.
- PRETYPE3: terceiro prefixo alternativo do tipo de estrada.
- NAME3: terceiro nome alternativo da estrada.
- TYPE3: terceiro sufixo alternativo do tipo de estrada.
- SUFFIX3: terceiro sufixo alternativo da direcção da estrada.
- PREFIX4: quarto prefixo alternativo da direcção da estrada.
- PRETYPE4: quarto prefixo alternativo do tipo de estrada.
- NAME4: quarto nome alternativo da estrada.
- TYPE4: quarto sufixo alternativo do tipo de estrada.
- SUFFIX4: quarto sufixo alternativo da direcção da estrada.

- ZIP_L: código postal à esquerda.
- ZIP_R: código postal à direita.
- GEONAME_L: combinação do nome da localidade obtida do censo demográfico e nome do Estado da cidade USPS (*United States Postal Service*) para o lado esquerdo do segmento de estrada onde o nome da localidade não está disponível.
- GEONAME_R: combinação do nome da localidade obtida do censo demográfico e nome do Estado da cidade USPS (*United States Postal Service*) para o lado direito do segmento de estrada onde o nome da localidade não está disponível.
- STATE_L: abreviação de dois caracteres do Estado à esquerda do segmento de estrada.
- STATE_R: abreviação de dois caracteres do Estado à direita do segmento de estrada.
- STATE: nome completo do Estado da estrada.
- Shape_Length: tamanho da estrada em unidades internas.
- **Water (vector)** – polígonos que representam elementos de água na costa Sul do Estado do Mississippi. O sistema de coordenadas é o GCS_North_American_1983.
 - OBJECTID: número interno do elemento de água; identificador.
 - Shape: geometria do elemento de água.
 - ObjectID: número interno do elemento de água; identificador.
 - NAME: nome do elemento de água.
 - FTYPE: tipo de elemento de água.
 - FCODE: código do elemento de água (número com 5 dígitos): os 3 primeiros dígitos indicam o tipo; os últimos 2 indicam valores de um conjunto de características associadas ao elemento de água.
 - FCODE_DESC: descrição do código do elemento de água.
 - SQKM: área do elemento de água em quilómetros quadrados.
 - SQMI: área do elemento de água em milhas quadradas.
 - Shape_Length: tamanho do elemento de água em unidades internas.
 - Shape_Area: área do elemento de água em unidades internas quadradas.