



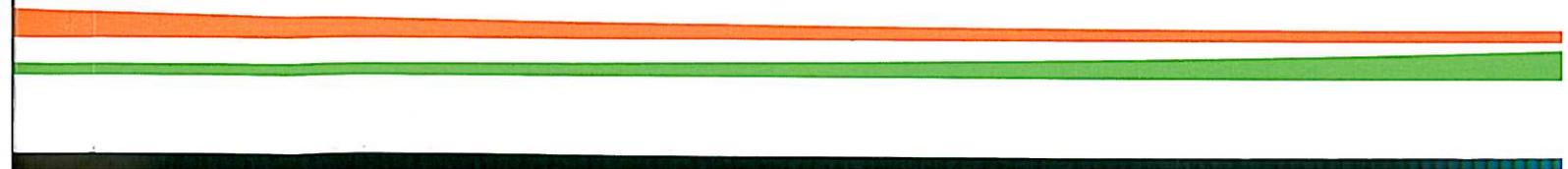
IPG Politécnico
|da|Guarda
Polytechnic
of Guarda

RELATÓRIO DE PROJETO

Licenciatura em Engenharia Topográfica

André Rua Ribeiro

dezembro | 2013





INSTITUTO POLITÉCNICO DA GUARDA
Escola Superior de Tecnologia e Gestão

ANÁLISE DE CHEIAS EM AMBIENTE SIG NA REGIÃO DO PESO DA RÉGUA

André Rua Ribeiro

Orientador: Eng.º André Garcia de Sá

Co-orientador: Eng.ª Eufémia da Glória

Guarda, Dezembro 2013

Ficha Identificação

Aluno: André Rua Ribeiro

Número: 1010499

Escola: Escola Superior de Tecnologia e Gestão – Instituto Politécnico da Guarda

Curso: Licenciatura Engenharia Topográfica

Orientador: Eng.º André Garcia Vieira de Sá

Cargo/Função: Docente na ESTG- IPG

Co-orientadora: Eng.ª Eufémia da Glória Rodrigues Patrício

Cargo/Função: Docente na ESTG- IPG

Início do projeto: Março 2013

Fim do projeto: Setembro 2013

Agradecimentos

Para a execução deste trabalho contei com a cooperação e apoio de diversas instituições sem os quais não seria possível concretizar e aos quais estou muito agradecido.

Em primeiro lugar queria agradecer ao meu orientador Eng.^o André Sá e à minha co-orientadora Eng.^a Eufémia da Glória, a oportunidade que me foi concedida de realizar este projeto e todo o apoio e conhecimentos transmitidos ao longo da realização do mesmo.

Aos meus pais e à minha namorada Flávia Sousa, pelo encorajamento, motivação, colaboração e paciência prestada.

Gostaria de agradecer a todas as instituições envolvidas na realização deste projeto, nomeadamente à Câmara Municipal do Peso da Régua, ao Instituto Portuário de Transportes Marítimos e à CGI pela informação cartográfica disponibilizada.

À Câmara Municipal de Lamego, o meu agradecimento, por nos ter permitido desenvolver grande parte deste projeto nas suas instalações.

Índice

Agradecimentos	3
Resumo.....	9
1. Introdução	11
2. Objetivo	13
3. Descrição da Zona de Trabalho	13
3.1. Peso da Régua	13
3.2. Rio Douro.....	15
3.2.1. Características	15
3.2.2. Barragens no rio Douro	17
3.2.3. Principais afluentes em território português	17
4. Caudais e Marcas de Cheias Históricas do Rio Douro no Peso da Régua.....	18
4.1. Apontamentos Históricos.....	18
4.2. Caudais e cotas de cheia registados.....	23
5. Sistema de informação geográfica	24
5.1. Características dos SIG	25
5.2. Aplicabilidade dos SIG	26
5.3. Base de dados	27
6. Fonte de dados.....	29
6.1. Informação fornecida pela CM Peso da Régua	30
6.2. Informação fornecida pela CGI	32
6.3. Informação fornecida pelo IPTM.....	34
7. Metodologia/Procedimentos	36
7.1. Criação do Limite.....	36
7.2. Criação do MDT da Zona Limitada	39
7.2. <i>Fill</i>	42
7.3. <i>Flow direction</i>	44
7.4. <i>Flow accumulation</i>	46
7.5. <i>Basin</i>	48
8. Validação da TIN construída.....	50
9. Criação de um mapa de declives.....	51
10. Criação de Perfis Topográficos.....	52
10.1. Perfil Topográfico	52
10.2. Análise de Perfis	53
11. ArcScene: (Sobreposição da carta sobre o MDT).....	57

12.	Análise dos resultados obtidos	59
12.1.	Cota 60	61
12.2.	Cota 65	62
12.3.	Cota 70	63
13.	Criação do Vídeo	63
14.	Conclusões.....	67
15.	Bibliografia	69

Índice de Figuras

Figura 1: Rio Douro.....	15
Figura 2: Base de dados de um SIG	29
Figura 3: Ficheiros selecionados dentro do comando add data	30
Figura 4: Comando add data	30
Figura 5: Tabela de atributos.	30
Figura 6: Tabela de atributos com o atributo cota.....	31
Figura 7: Propriedades dos Layers	31
Figura 8: Sistema de Coordenadas.....	32
Figura 9: Dados fornecidos pela CGI	32
Figura 10: Caminho seguido para o comando export data.....	33
Figura 11:Comando export data	33
Figura 12: Ficheiro gerado depois do export data	34
Figura 13: Informação do Rio.....	34
Figura 14: Seleção do comando para a edição.....	35
Figura 15: comando move.....	35
Figura 16: Ajustamento da Informação para o sistema de coordenadas pretendido	36
Figura 17: Criação da shapefile para o limite	36
Figura 18: Seleção do tipo da shapefile	37
Figura 19: Seleção do sistema de coordenadas pretendido	37
Figura 20: Localização do limite na zona de estudo.....	38
Figura 21: Limite depois de criado	38
Figura 22: Caminho a percorrer para a criação da TIN	39
Figura 23: Seleção dos elementos a conter na TIN	40
Figura 24:TIN criada	40
Figura 25: Conversão da TIN para Raster	41
Figura 26: Atribuição de parametros para a conversão.....	41
Figura 27: TIN em formato Raster.....	42
Figura 28: Localização dos comandos de Hydrology.....	43
Figura 29: Input para a aplicação do fill	43
Figura 30: Layout do fill.....	44
Figura 31: Direção do fluxo	44
Figura 33: Resultado do flow direction	46
Figura 34: Ilustração do flow accumulation	46
Figura 35: Input do flow accumulation	47
Figura 36: Resultado do flow accumulation.....	48
Figura 38: Resultado da aplicação do Basin	49
Figura 39: Carta Militar 126 à escala 1/25000	50
Figura 40: Sobreposição da TIN com a carta.....	51
Figura 41: Caminho a percorrer para a criação do mapa de declives.....	51
Figura 42: Mapa de declives.....	52
Figura 43: Mapa de declives.....	52
Figura 44: Localização do primeiro perfil	53
Figura 45: Localização do segundo perfil	54
Figura 47: Localização do quarto perfil	56
Figura 48: Sobreposição da carta com o MDT no arcscene	57
Figura 49: Parâmetros para a sobreposição.....	58

Figura 50: Sobreposição final	58
Figura 51: Polígono para a criação de planos de cheia	59
Figura 52: Sobreposição do polígono com a TIN.....	60
Figura 53: Atribuição de valor de cota	61
Figura 54: Cheia de cota 60.....	61
Figura 55: Cheia de cota 65.....	62
Figura 56: Cheia de cota 70.....	63
Figura 57: Coordenada do ponto	64
Figura 58: Tabela Excel dos pontos.....	64
Figura 59: Comando add xy data.....	65
Figura 60: Parâmetros para o carregamento do ficheiro.....	65
Figura 61: TIN cota 50	66
Figura 62: TIN's cotas 50, 60, 65 e 70.....	66

Índice de Tabelas

Tabela 1: População ao Longo dos anos de Peso da Régua	14
Tabela 2: Características do Rio Douro	15
Tabela 3: Local, Área da Bacia e Caudais de Ponta de Cheia	23
Tabela 4: Cotas de cheia históricas	24
Tabela 5: Grau de Risco de inundação e valores das cotas.....	59

Índice de Anexos

Anexo I	66
Marcas de cheia da margem direita do Rio Douro	68
Anexo II	69
Fotografias de marcas de cheias existentes no Peso da Régua	70
Anexo III	75
Layout Zonas mais Afectadas.....	76

Resumo

Todos os anos na região do Peso da Régua ocorrem cheias que provocam grandes estragos, devido a esse fenómeno natural, será realizado um estudo com recurso aos Sistemas de Informação Geográfica (SIG).

Devido aos estragos provocados, realizou-se este projeto como forma de analisar este fenómeno.

Numa primeira fase procedeu-se ao estudo para determinar os fatores relevantes a serem considerados para análise, seguindo-se o processo de contacto com as instituições para recolha dessa informação.

Essa informação encontra-se dispersa por diversas instituições que foram contactadas para averiguar a existência, quantidade e qualidade dos dados, e também, a possibilidade de cooperação na realização deste trabalho.

Com a informação recolhida, foi feita uma análise em primeira mão do histórico para perceber que valores de cota a água atingiu.

Na segunda fase foi criado o Modelo Digital do Terreno (MDT) através da informação geográfica disponibilizada pelas entidades. Previamente teve-se que fazer uma análise detalhada ao conjunto de pontos, tanto terrestres como hidrográficos, para aferir a qualidade dos mesmos e tendo em conta que se teria de proceder à correta junção do rio com as suas margens.

Para finalizar fez-se uma simulação de cheia com diversas cotas relacionadas com os valores do histórico, com o objetivo de analisar as zonas que irão sofrer mais danos e que estão mais expostas aos perigos deste fenómeno natural, determinando assim quais as primeiras zonas a evacuar. Esta informação é fundamental para a elaboração de cartas de risco de cheia e para priorização de intervenção por parte de entidades como a Proteção Civil.

Palavras-Chave: SIG (Sistema de Informação Geográfica), MDT (Modelo digital do Terreno), Inundações e Prevenção.

1. Introdução

Um dos principais problemas ambientais das grandes cidades é a ocorrência de processos de inundação, os quais, dadas as características da urbanização em países subdesenvolvidos, adquirem o carácter de tragédia anunciada.

As inundações em áreas urbanas revestem-se de especial importância devido aos impactos que provocam nas atividades comerciais, nos serviços, na interrupção dos transportes e no alagamento das áreas residenciais. A esmagadora maioria dos estudos sobre esta temática refere-se a inundações provocadas por cheias, ou seja, devidas ao transbordo de cursos de água que atravessam as áreas urbanas. Contudo, a expansão da malha urbana pode levar ao desaparecimento dos cursos de água, nomeadamente os de regime temporário, através da sua canalização subterrânea ou do seu entulhamento, sendo os antigos leitos fluviais ocupados por ruas, prédios e outro tipo de construções.

Existe uma diferenciação entre os termos cheia e inundação: a diferença fundamental é que o primeiro termo refere-se a uma ocorrência natural, que normalmente não afeta diretamente a população, tendo em vista a sua ciclicidade. Já as inundações são decorrentes de modificações no uso do solo e podem provocar danos de grandes proporções.

A ocorrência de inundações tem-se tornado mais frequente a cada ano em vários locais de Portugal. Tal facto ocorre devido à acelerada ocupação do solo sem que sejam tomadas as devidas precauções que levem em conta riscos ambientais e tecnológicos.

É imprescindível que se tenha em conta planos de ação de prevenção contra essas catástrofes. Algumas obras podem ser realizadas para o controlo das inundações no meio urbano, tais como construção e manutenção de barragens de defesa contra inundações, valas, tanques de contenção ou ainda obras de revitalização de rios, muito utilizadas na Holanda e na Alemanha.

É necessário administrar toda a problemática gerada pela ocupação urbana desenfreada com medidas de controlo do destino que é dado aos resíduos, que, obstruindo canais, impede que a água seja escoada com facilidade; assim como da ocupação do solo, tendo-se em conta a capacidade da água de se escoar para os rios, que são os canais naturais de escoamento. Na ausência de tais medidas, fatalmente ocorrerão os problemas ocasionados pela deficiência dos meios tradicionais de escoamento artificial, se estes não têm capacidade suficiente de prover o escoamento do volume de água, dado que não existe um sistema de drenagem que suporta um volume de água maior que o nível previsto para uma máxima pluviométrica.

Os fatos descritos acima levaram ao desenvolvimento do projeto, para de uma forma mais rápida e eficaz, prevenir a causa de vários estragos podendo ser evitados antecipadamente.

2. Objetivo

Como já foi descrito anteriormente no Rio Douro as cheias acontecem todos os anos provocando vários estragos nomeadamente de habitações, comércio e agricultura, isto levou ao desenvolvimento deste trabalho como forma de minimizar os riscos e precaver antecipadamente este fenómeno destruidor.

O objetivo principal deste trabalho é desenvolver uma metodologia SIG, simples e coerente, que permita a análise da suscetibilidade ao risco de inundação progressiva no Rio Douro, nomeadamente na cidade de Peso da Régua.

Para atingir este objetivo, será necessário:

- Utilizar o software de SIG (no nosso caso, ArcGis);
- Conhecer com o maior rigor possível, a profundidade do Rio e as suas margens;
- Aplicar metodologia SIG como suporte ao estudo do risco de inundação, com base em dados disponíveis ou fáceis de obter e, acima de tudo, que se venha a demonstrar eficiente e fácil de ser aplicada por terceiros;
- Identificar áreas com risco de inundação elevado que eventualmente possam ser intervencionadas com planos de ordenamento adequados;
- Analisar as vantagens/desvantagens proporcionadas pelos SIG na análise matricial multifatorial, apontando as potencialidades e limitações encontradas no desenvolvimento deste trabalho.

3. Descrição da Zona de Trabalho

3.1. Peso da Régua

O Peso da Régua (conhecido frequentemente pela forma sincopada de Régua) é uma cidade portuguesa no Distrito de Vila Real, Região Norte e sub-região do Douro, com cerca de 9353 habitantes.

É sede de um município com 96,12 km² de área e 17 131 habitantes (2011), subdividido em 12 freguesias.

O município é limitado a norte pelos municípios de Santa Marta de Penaguião e Vila Real, a leste por Sabrosa, a sul pelo Rio Douro, a sudoeste por Mesão Frio e a oeste por Baião. O concelho foi criado em 1836 por desmembramento de Santa Marta de Penaguião, e passou a cidade em 1987. É também conhecida como a capital internacional do vinho e da vinha.

Terra de grandes nomes entre os quais o Médico e Escritor João de Araújo Correia, Ferreirinha, Antão de Carvalho, Joaquim Manuel Magalhães, Jaime Silva (pintor) entre outros nomes de grande importância local e nacional.

É o centro da região demarcada do Douro. Fica na parte central da Linha do Douro, entre Porto e Pocinho.

Evolução demográfica:

População do concelho de Peso da Régua (1849 – 2011)

1849	1900	1930	1960	1981	1991	2001	2011
9202	18401	20612	22634	22472	21567	18832	17131

Tabela 1: População ao Longo dos anos de Peso da Régua

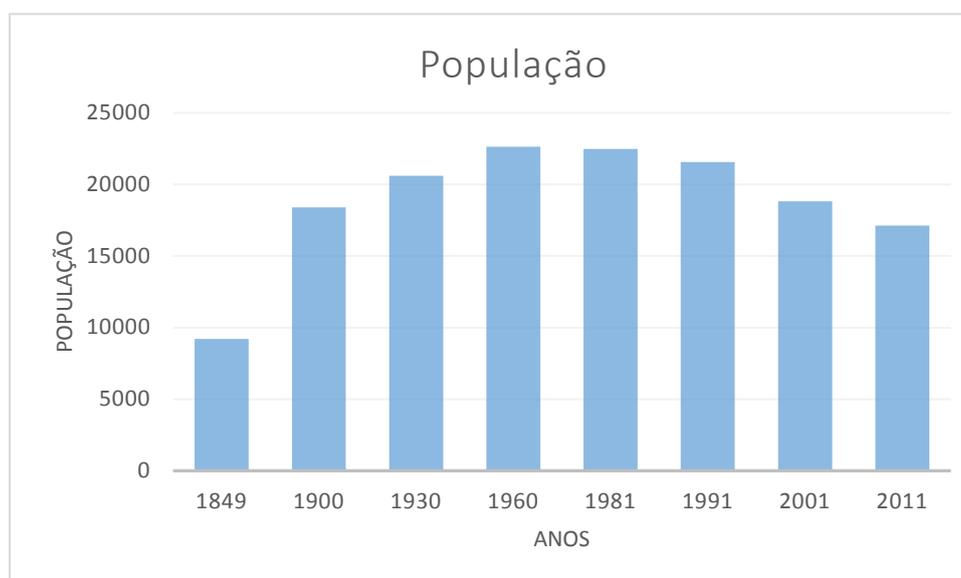


Gráfico 1: População ao Longo dos anos de Peso da Régua

3.2. Rio Douro

O rio Douro é um rio que nasce em Espanha na província de Sória, nos picos da Serra de Urbião (Sierra de Urbión), a 2.080 metros de altitude e atravessa o norte de Portugal. A foz do Douro é junto às cidades do Porto e Vila Nova de Gaia. Tem 927 km de comprimento e é o terceiro rio mais extenso da Península Ibérica.



Comprimento	850 km
Nascente	Serra de Urbião em Duruelo de la Sierra, Castela e Leão, Espanha
Altitude da nascente	2080 m
Foz	Oceano Atlântico na Foz do Douro, Porto, Portugal
Área da bacia	97.603 km ²
País(es)	Espanha e Portugal

Tabela 2: Características do Rio Douro

3.2.1. Características

A bacia hidrográfica do Douro tem uma superfície de aproximadamente 18.643 km² em território português o que corresponde a cerca de 19,1% da sua área total que é de 97.603 km².

Nasce na Espanha, nos picos da serra de Urbión, (Sória), a 2080 metros de altitude e tem a sua foz na costa atlântica, na cidade do Porto. O seu curso tem o comprimento total de 850 km. Desenvolve-se ao longo de 112 km de fronteira portuguesa e espanhola e de seguida 213 km em território nacional. A sua altitude média é de 700 metros. No início do seu curso é um rio largo e pouco caudaloso. De

Zamora à sua foz, corre entre fraguados em canais profundos. O forte declive do rio, as curvas apertadas, as rochas salientes, os caudais violentos, as múltiplas irregularidades, os rápidos e os inúmeros "saltos" ou "pontos" tornavam este rio indomável.

Aproveitando o elevado desnível, sobretudo na zona do Douro Internacional, onde o desnível médio é de 3m/km, a partir de 1961, foi levado a cabo o aproveitamento hidroelétrico do Douro. Com a construção das barragens, criaram-se grandes albufeiras de águas tranquilas, que vieram incentivar a navegação turística e recreativa, assim como a pesca desportiva. Excluindo-se os períodos de grandes cheias, pode dizer-se que o rio ficou normalizado definitivamente.

O escoamento anual do rio Douro é, em média, de 22.860 hm³, correspondendo 9.200 hm³ a Portugal e o restante a Espanha. Estima-se que a bacia hidrográfica do rio Douro, em território nacional, apresente uma capacidade total de armazenamento de recursos hídricos de 1.078 hm³, em regime regularizado. A bacia hidrográfica do rio Douro é a bacia nacional que apresenta o maior valor de escoamento na sua foz, em termos de volume de águas. Tem numerosos afluentes em território nacional, sendo os mais importantes, na margem direita, o Sabor, o Tua, o Corgo, o Tâmega e o Sousa, que correm quase todos de nordeste para sudoeste, e na margem esquerda, o Águeda, o Coa, o Távora, o Varosa, o Paiva e o Arda, que correm numa direção perpendicular às margens, isto é, aproximadamente de sudoeste para nordeste. Todos estes afluentes são rios de planalto, com grandes ressaltos no seu leito e forte poder erosivo, bem evidenciado pelos vales encaixados e gargantas profundas que quase todos possuem.

Para bacia hidrográfica do rio Douro foram projetados diversos aproveitamentos hidroelétricos, estando no próprio rio Douro os seguintes: barragem de Miranda, com uma capacidade total da albufeira de 28,1 hm³ e uma capacidade útil de 6,66 hm³; barragem do Picote, com uma capacidade total da albufeira de 62,7 hm³ e uma capacidade útil de 13,35 hm³; barragem de Bemposta, com uma capacidade total da albufeira de 128,8 hm³ e uma capacidade útil de 20,0 hm³; barragem do Pocinho, com uma capacidade total da albufeira de 83,1 hm³ e uma capacidade útil de 12,24 hm³; barragem da Valeira, com uma capacidade total da albufeira de 98,5 hm³ e uma capacidade útil de 13,04 hm³; barragem da Régua, com uma capacidade total da albufeira de 95,0 hm³ e uma capacidade útil de 12,0 hm³; barragem do Carrapatelo, com uma capacidade total da albufeira de 148,4 hm³ e uma capacidade útil de 13,84 hm³; barragem de Crestuma-Lever, com uma capacidade total da albufeira de 132,2 hm³ e uma capacidade útil de 22,25 hm³. No Tâmega, barragem do Torrão, com uma capacidade total da albufeira de 105,4 hm³ e uma capacidade útil de 21,95 hm³; no Távora, barragem de Vilar, com uma capacidade total da albufeira de 99,8 hm³ e uma capacidade útil de 95,5 hm³; e no Varosa, barragem com o mesmo nome, com uma capacidade total da albufeira de 14,5 hm³ e uma capacidade útil de 13,0 hm³; na linha

de água do Azibo, a barragem do Azibo, que consiste num aproveitamento hidroagrícola com uma capacidade total da albufeira de 54,5 hm³ e uma capacidade útil de 46,67 hm³.

É nos terraços do vale do Douro superior, em acentuados declives talhados no xisto, que se cultivam as vinhas de cujas uvas se fabrica o vinho do Porto.

3.2.2. Barragens no rio Douro

- Cuerda del Pozo - Espanha Cuerda del Pozo (em espanhol);
- Los Rábanos - Espanha Los Rábanos (em espanhol);
- San José - Espanha San José (em espanhol);
- Villalcampo - Espanha - Villalcampo (em espanhol);
- Castro - Espanha - Castro (em espanhol);
- Miranda - Portugal (Troço Internacional);
- Picote - Portugal (Troço Internacional);
- Bemposta - Portugal (Troço Internacional);
- Aldeadávila - Espanha (Troço Internacional) - Aldeadávila (em espanhol);
- Saucelle - Espanha (Troço Internacional) - Saucelle (em espanhol);
- Pocinho – Portugal;
- Valeira – Portugal;
- Régua (Bagaúste) – Portugal;
- Carrapatelo – Portugal;
- Crestuma-Lever – Portugal.

3.2.3. Principais afluentes em território português

- Rio Arda;
- Rio Águeda - compartilha fronteira Portugal/Espanha (distrito da Guarda/província de Salamanca);
- Ribeira de Aguiar;
- Rio Côa;
- Ribeira de Teja;
- Rio Sabor;

- Rio Tua;
- Rio Pinhão;
- Rio Torto;
- Rio Távora;
- Rio Tedo;
- Rio Corgo;
- Rio Varosa;
- Rio Teixeira;
- Rio Cabrum;
- Rio Bestança;
- Rio Paiva;
- Rio Tâmega;
- Rio Sousa;
- Rio Tinto.

4. Caudais e Marcas de Cheias Históricas do Rio Douro no Peso da Régua

4.1. Apontamentos Históricos

Existem inúmeros documentos históricos que relatam eventos de cheias memoráveis no Rio Douro. Seguidamente transcrevem-se alguns apontamentos históricos que se consideraram mais relevantes por relatarem factos que permitem deduzir alguns níveis atingidos pelas cheias e a severidade dos danos provocados.

Cheias anteriores a 1727

"...Citam-se, como os de cheias grandes, os anos de 1566, 1585, 1596 e 1644 acerca dos quais um historiador disse " terem sido espantosas (as cheias) notando-se ainda que todas são duradouras durante muitos dias chegando até algumas a exceder hum mez pois sendo o dito Rio (Douro) extensíssimo consome muito tempo antes de voltar ao seu estado pois tem de vazar as águas de inumeráveis procedências..."

In "A Cheia de 1909"

Jornal de Notícias. 11-03-2001

A Cheia de 1727

“Face aos rigores do Inverno que atravessamos e perante as sucessivas cheias provocadas pelo constante aumento do caudal do Douro, a interrogação mais vezes feita foi esta: em que ano se deu a maior cheia que houve no Douro? Há quem assevere que foi a de 28 de Dezembro do ano de 1727. O padre Rebelo da Costa, na sua "Descrição Topográfica e Histórica do Porto", diz o seguinte a propósito desse acontecimento: "... Formou-se uma enchente tão grossa, repentina e precipitada que absorveu na sua corrente mais de cem pessoas, muitos edifícios e navios de alto bordo e inumeráveis embarcações pequenas..." Consta que arrastou dois navios portugueses e muitos outros ingleses que se perderam barra fora. Um outro historiador, Sousa Reis, acerca do mesmo acontecimento escreveu que "... De Cima do muro ou moralha da Ribeira e da Cidade se tocava com as mãos nas águas do Rio" e que "esta cheia causou prejuízos calculados, n'essa ocasião em alguns milhões de cruzados..."

In "A Cheia de 1909"

Jornal de Notícias, 11-03-2001

A Cheia de 1739

“De todas as cheias do Rio Douro, de que há notícia escritas, aquela que maiores proporções atingiu foi a de 1739; dizem os documentos coevos que, nos começos do mês de Dezembro foi tal a cheia “que subiu acima da muralha e entrou na capela de Nossa Senhora do Ó, colocada sobre a antiga porta da Ribeira”; a altura das águas teria chegado ao nível do tabuleiro inferior da Ponte de D. Luís e teria ultrapassado, em 20 cm, a altura da Ponte Pensil, isto no caso de qualquer destas pontes referidas já existisse.

As águas que faziam “ondas como as do mar revolto”, atingiram um caudal de 30 mil m³, vão manter-se nesta situação, invariavelmente, durante os dias 3, 4 e 5 de Dezembro.”

In “Actas do 1º Congresso Internacional sobre o Rio Douro”

Revista Gaya, 1986

“...Em 1739, registou-se aquela que parece ter ficado na memória da cidade como a maior cheia de todos os tempos. A água foi tanta e subiu tão alto que ultrapassou o Cimo do Muro da Ribeira e chegou a cobrir o altar de Nossa Senhora da Piedade, existente na capela do Terreiro. Pinho Leal deixou escrito que, nesse ano, "choveu quase sem interrupção de Setembro a Dezembro e que em Gaia, na igreja de Santa Marinha, foi preciso mudar o santíssimo para a capela de S. Roque”....

Fernandes Tato, que estudou pormenorizadamente o fenómeno das cheias e que sobre elas nos deixou um elucidativo trabalho, conta, por seu lado, acerca da de 1739, que "a força da corrente, de cerca de 17 milhas, tornava o rio tão embravecido que fazia ondas como o mar quando está agitado, arrastando o seu caudal, árvores, casas e tudo quanto encontrava; na Ruada Fonte Taurina levou duas casas, armazéns e destruiu o cais entre os Guindais e a Ribeira..."

In “A Cheia de 1909”

Jornal de Notícias, 11-03-2001

A Cheia de 1785

“A cheia de 22 de Fevereiro de 1785, por exemplo, é também considerada como das maiores por causa do subido valor dos prejuízos por ela causados. Estavam, nessa altura, ancorados no Douro 85 navios portugueses e 33 estrangeiros. Muitos afundaram-se, outros rebentadas as amarras que os prendiam ao cais, saíram barra fora; e muitos mais ficaram feitos em estilhas por se terem despedaçado uns contra os outros. Segundo as notícias da época, esta cheia alagou 18 ruas e inundou mais de 1.000 casas.”

In “A Cheia de 1909”

Jornal de Notícias, 11-03-2001

“Os povos do Porto e de Gaia, antes de 1909, tinham na memória que a maior cheia de sempre teria sido a de 1860, a qual tomavam, como medida, das grandes cheias, e assim, a de 1909 ia sendo comparada com a de 1860. Vê-se que, 49 anos depois ainda estava na memória aquela, em anterior geração...”

In “História da Afurada”

Padre Joaquim de Araújo. 1992

A Cheia de 1909

“Na Madrugada de 21 de Dezembro detetou-se uma subida do rio, fora do normal. No Cais dos Guindais, no Porto, onde os rabelos descarregavam os produtos agrícolas vindos do Alto-Douro, estava tudo inundado.

Na manhã do dia 22, o mercado ribeirinho da Gaia «fugira» para a Rua Direita. No Porto, a Praça da Ribeira estava meia encoberta de água. Entretanto, da Régua chegava um telegrama nada animador, que informava que o Douro continuava a crescer. Nesse dia perderam-se mais de 60 barcas de carga, a maior parte foi barra fora. Uma delas, carregada de toros de pinheiro, engatou à passagem nos cabos que seguravam o iate inglês "Ceylon" e levá-lo-ia até à desgraça, não fora a intervenção corajosa de alguns pescadores da Afurada.

Ao fim do dia, no Porto, a Praça da Ribeira, estava submersa. Na noite desse sinistro dia 22 de Dezembro, o céu estava negro, o vento sul soprava demolidor, as águas corriam fortes e barrentas. A medição da velocidade do caudal registava as 11 milhas horárias, entretanto um novo telegrama chegava da Régua, o qual dizia que as águas continuavam a subir, sem parar.

Era a catástrofe.

Às primeiras horas do dia 23, o rio galgava o Muro dos Bacalhoeiros, no Porto. O pânico estava instalado entre os moradores das duas margens do Douro. A força das águas arrastou tudo, a Foz parecia um cemitério de restos de embarcações.

Ao meio-dia, com a preia-mar, o nível do rio estava a cerca de 80 centímetros do tabuleiro inferior da ponte Luís I. É programada a demolição deste com explosivos. Está batido em um metro o recorde das cheias de 1860.

Os episódios trágicos multiplicam-se. No início da tarde, perante os olhares atónitos dos milhares de pessoas que se encontravam nas margens, um pequeno bote faz a sua descida para a morte — no interior apenas um vulto, o de um homem, vindo sabe-se lá donde, de joelhos, as mãos postas a bradar a Deus e aos homens que o salvem. Num repente, defronte da Alfândega, a embarcação vira-se e é engolida, desaparecendo para nunca mais ser vista.

Ao anoitecer do dia 23, a chuva e o vento abrandam.

Na manhã do dia 24 a cheia retrocede. No dia 25 o Sol brilha radioso. Podia-se enfim, dar atenção ao Natal e aos desafortunados moradores ribeirinhos que tinham ficado sem lar.”

In “Efemérides – A Cheia do Douro de 1909”

Junta de Freguesia de Santa Marinha

A Cheia de 1860

“Em 1860, houve outra grande cheia. Pelo menos assim é considerada, não por que o volume das águas tivesse sido maior do que o das cheias anteriores mas pelo facto de os prejuízos causados serem muito elevados. A força das águas durante esta cheia foi de tal ordem que destruiu nada menos do que nove embarcações "de alto bordo".

In “A Cheia de 1909”

Jornal de Notícias, 11-03-2001

A Cheia de 1962

“Ainda me faz calafrios pensar nesta cheia, pois a vivi e sofri, se não na carne, pelo menos na alma...”

“ Toda a gente teve de abandonar as casas. Os que moravam no rés-do-chão, porque a habitação estava inundada, com os móveis cobertos de água. Os que residiam no primeiro andar tiveram que fugir, porque não podiam entrar nem sair da sua habitação, por causa da altura das águas e tinham receio que houvesse desabamento de alguma parede e tão pouco se podia vir comprar provisões, nem aguentavam ficar prisioneiros tanto tempo...”

“Se era triste ver as casas inundadas e as ruas intransitáveis, a não ser de barco, o que fazia correr grave risco os que se atreviam a ir aos barcos, ainda se tornou mais desolador, quando as águas deixaram as ruas e as portas das casa destruídas. Ficaram toneladas de lodo, não só nas ruas, como também nas casas e em cima dos móveis. Casas houve, onde as águas batiam contra os móveis, destruindo-os, e para acabar o serviço, as próprias águas levaram os destroços dos móveis, encontrando os seus proprietários ou moradores, as casas não digo vazias, mas cheias apenas de lodo. Quanta desolação, quantas lágrimas se derramaram dentro dessas casas e quanta miséria acarretada em tantas famílias!

In “História da Afurada”

Padre Joaquim de Araújo, 1992

4.2. Caudais e cotas de cheia registados

A recolha e compilação de dados históricos das cheias, se bem que na sua maioria empírica, constitui uma base indispensável para o estudo das cheias no Douro.

Os registos históricos existentes referem-se a cheias de carácter extraordinário, ou seja, as que provocaram prejuízos e, por isso, foram dignas de registo. Em Peso da Régua, são consideradas cheias extraordinárias aquelas que inundam a Av. João Franco (cota de 58 m), implicando uma subida do nível do rio de 13 m (caudal de 6.000 m³/s).

As cheias extraordinárias do Douro caracterizam-se por um grande volume de escoamento, rápida velocidade de propagação, acentuada elevação do nível das águas, velocidades elevadas e por uma curta duração, dado que a descida do nível das águas se faz de um modo relativamente rápido.

Apesar do Rio Douro ter em Espanha a maior parte da sua bacia hidrográfica (78960 Km², contra 18643 Km² em Portugal), a maior contribuição para a formação das cheias excepcionais resulta do terço final da bacia e, em particular, da parte portuguesa. No quadro seguinte apresentam-se caudais de ponta em várias secções do Rio Douro nos últimos 70 anos.

Os caudais de ponta definem-se como sendo a quantidade máxima de fluído que passa através de uma determinada secção durante uma unidade de tempo.

Local	Área da Bacia (Km ²)	Caudal de Ponta de Cheia (m ³ /s)							
		1936	1939	1947	1948	1962	1966	1979	1989
Miranda	63 744	3 740	6 960	4 450	3 210	7 300	5 872	5 607	3 713
Pocinho	81 005	6 440	7 250	5 460	6 420	10 720	8 450	7 576	6 491
Régua	91 119	8 600	8 650	7 150	9 630	15 720	12 500	10 257	9 342
Atães	97 173	11 980	12 220	11 080	12 060	17 000	14 600	12 525	11 574

Tabela 3: Local, Área da Bacia e Caudais de Ponta de Cheia

Encontram-se marcas de cheia em vários locais da margem direita do Rio Douro no Peso da Régua assim como algumas fotografias (ver Anexos 1 e 2).

No quadro seguinte apresentam-se as cotas das marcas de cheia fornecidas pela Câmara Municipal do Peso da Régua.

Ano	Local	Cota(m)
1909	Rua da Ferreirinha	69,51
1962	Rua da Ferreirinha	67,97
1962	Rua Marquês do Pombal	67,66
1962	Lugar da Barroca, Salgueiral	67,46
1962	Rua Barão Forrester	68,05
1962	Gaveto das Ruas da Ferreirinha e Custódio José Vieira	67,81
1989	Rua Barão Forrester	63,39
1989	Avenida de Ovar – Ed. Santa Rita I	62,28
1996	Av.ª João Franco	61,03
1996	Av.ª João Franco	60,58
1996	Av.ª João Franco	60,15
1996	Rua Dr. António Fonseca de Almeida	60,81
1996	Avenida de Ovar – Ed. Santa Rita I	60,73
1996	Rotunda de Tondela	60,64
06-01-2001	Av.ª João Franco	59,95
27-01-2001	Av.ª João Franco	57,79
08-02-2001	Av.ª João Franco	58,64
06-03-2001	Av.ª João Franco	58,44

Tabela 4: Cotas de cheia históricas

Depois desta descrição sobre o local de análise e o Rio Douro será contruído um MDT da Zona em estudo através de um software de SIG, o ArcGis.

5. Sistema de informação geográfica

A Informação Geográfica (IG), objeto de estudo desde os primórdios da geografia, engloba um vasto conjunto de informações relativas à superfície terrestre e aos fenómenos, físicos e humanos, que nela se desenvolvem, (e.g., IG referente a censos, cadastro predial, limites administrativos, uso e ocupação do solo, geologia e hipsometria, entre outros), sendo intrínseco à IG, a existência de um espaço geográfico concreto. Os SIG não são mais do que sistemas que têm a capacidade de gerar, armazenar, manipular, analisar e representar IG.

A definição de SIG é ampla, podendo ser relativamente divergente segundo diferentes autores e, segundo Chrisman (1999), depende fortemente do contexto em que é aplicada. O exemplo, um SIG pode ser definido como: "Um poderoso conjunto

de ferramentas para recolha, armazenamento, recuperação e exibição de dados do mundo real para determinados propósitos" (Burrough, 1986);

"Qualquer conjunto de procedimentos manuais ou baseados em computador destinados a armazenar e manipular dados referenciados geograficamente" (Aronoff, 1989);

"Um sistema de apoio à decisão que envolve a integração de dados espacialmente referenciados, em um ambiente para resolução de problemas" (Owen, 1988).

Clarke (1986) definiu um conjunto de características e componentes, comuns aos SIG, que podem ser úteis para a sua definição funcional, sendo estes:

- I. Um grupo de dados com propriedades espaciais;
- II. Uma topologia definida (expressão numérica ou lógica das relações estabelecidas entre os dados);
- III. Arquivos ou estruturas de dados comuns;
- IV. Habilidade do sistema para executar as funções de recolha, armazenamento, manipulação, análise e produção cartográfica.

De forma simplista *Gregory & Ell (2007)* definem um SIG como um sistema que nos permite lidar com informação georreferenciada relativa a características da superfície da terra, recorrendo, para o efeito, a um pacote de software projetado para a representação de informação geográfica de forma eficiente.

5.1. Características dos SIG

A grande diferença que destaca os diferentes pacotes de software SIG relativamente aos de desenho assistido por computador e de bases de dados elementares, é a capacidade conjunta de armazenamento em sistemas de bases de dados robustas, genericamente designadas *Database Management Systems (DBMS)* (Cowen, 1988), acompanhada da visualização, manipulação e edição de informação geográfica georreferenciada, através de sistemas de coordenadas (cartográficas ou geográficas), e a produção de documentos cartográficos explicativos e/ou representativos das mais diversas temáticas de análise. De acordo com Cowen (1988), a conexão a um banco de dados fornece a base para distinguir um SIG de um programa de desenho assistido por computador. Contudo, considera-se que o centro dos SIG se destaca acima de tudo pela sua capacidade analítica, nomeadamente a espacial.

Os modelos de dados geográficos mais comuns são de dois tipos:

- Vetorial – compostos por pontos (definidos por um conjunto de coordenadas X, Y e Z, que representam as coordenadas Oeste-Este, Norte-Sul e altitude, respetivamente), linhas (definidas, no mínimo, por dois conjuntos de coordenadas) e polígonos (definidos por n conjuntos de coordenadas, dos quais o primeiro e o último são geograficamente coincidentes). Estes elementos podem, se topologicamente relacionados, ser analisados de forma conjunta ou disjunta (e.g. comprimentos, perímetros, áreas, distâncias e outras relações estabelecidas entre os diferentes elementos são passíveis de análise). Este tipo de dados permite a modelação a duas ou três dimensões e a diferentes escalas de pormenor, a execução de cálculos geométricos e a inquirição (*query*) da base de dados (BD);
- Matricial – uma matriz, ou imagem, que representa o espaço através de uma malha contínua, composta de células, ou pixéis, identificando-se cada um deles através dos respetivos índices de linha e de coluna. Cada uma das células regista um único valor numérico, que pode traduzir informação diversa referente ao tema em análise num espaço geográfico confinado. Este modelo considera-se mais adequado à análise de fenómenos com distribuição contínua. As matrizes beneficiam, entre elas, de alta capacidade de cálculo, devido à possibilidade de sobreposição (*overlay*), que permite o estabelecimento de cálculos entre células adjacentes.

5.2. Aplicabilidade dos SIG

O vasto conjunto de fenómenos que podem ser representados e analisados, a capacidade para gerar e gerir informação geográfica georreferenciada e a capacidade eficiente de representação dos resultados em análise trouxeram aos SIG uma importância cada vez mais relevante desde a última década do séc. XX. O aparecimento desta tecnologia (na década de 1960) teve como precursor o grupo Canada *Geographical Information Systems* (CGIS).

Atualmente o SIG é uma tecnologia amplamente utilizada, e em tendência crescente, devido ao forte investimento recente em *software* (comercial, *freeware* e/ou *open source*) cada vez mais funcionais e com interfaces progressivamente mais amigáveis e intuitivas.

De acordo com Matos (2008), considerando que todos os sistemas que envolvam informação georreferenciável possam, em maior ou menor grau, beneficiar de uma representação geográfica, tornar-se-ia uma tarefa em vão tentar enumerar as

possíveis aplicações dos SIG. Contudo, o mesmo autor atribui aos SIG cinco grandes domínios de utilização:

- I. Informação cadastral e infraestruturas;
- II. Planeamento e gestão de recursos naturais;
- III. Modelação espacial e temporal;
- IV. Visualização de informação geográfica;
- V. Navegação.

A utilização dos SIG aplica-se na produção de documentos cartográficos e experimentais de:

- I. Apoio à gestão e à decisão de diretrizes de ordenamento do território (e.g. utilizado em setores do estado, autarquias e ministérios);
- II. Apoio aos mais diversos ramos do saber, sendo as áreas das geociências e do ambiente, as que mais aplicabilidade têm encontrado nos SIG;
- III. Gestão e otimização de frotas de transportes;
- IV. Desenvolvimento de cartografia de/para *Global Navigation Satellite Systems* (GNSS), interativa e *turn-by-turn*, que contém a informação necessária armazenada em BD que permitem, por exemplo, a navegação por morada, pelo caminho mais curto ou mais rápido;
- V. Cartografia de aptidão de solos para a produção agrícola;
- VI. Análise de perigosidade e vulnerabilidade a riscos naturais e antrópicos;
- VII. Modelação tridimensional (3D), entre outros.

Neste contexto os SIG são uma ferramenta poderosa e indispensável para análise de cheias, armazenamento e processamento de dados espaciais e estatísticos, e para a sua representação gráfica. Os SIG representam uma mais-valia preciosa na produção de cartografia de perigosidade, vulnerabilidade e risco.

5.3. Base de dados

Visto que o projeto SIG desenvolvido neste trabalho não utiliza um grande volume de informação, não se fará uma abordagem complexa e minuciosa da base de dados, contudo abordaremos e explicaremos de forma sucinta alguns conceitos relacionados com a base de dados utilizada no trabalho.

As bases de dados estão subjacentes a qualquer projeto SIG. Nelas são armazenados os diversos dados e são estabelecidas as diversas relações entre eles. O armazenamento organizado dos dados permite a sua posterior utilização e consulta, de forma simples e eficiente, através de comandos na linguagem informática *Structured Query Language* (SQL). A BD utilizadas podem ser automaticamente criadas e organizadas pelas aplicações SIG, por ordens simples do operador, ou podem ser

criadas em programas externos, específicos e mais complexos, de bases de dados e posteriormente agregadas ao SIG.

A primeira opção, mais simples, rápida e menos exigente do ponto de vista do conhecimento técnico informático, é geralmente a mais utilizada para pequenos projetos SIG, sendo suficientemente capacitada para o armazenamento, gestão e análise de dados de projetos simples.

A segunda opção, mais complexa e capacitada é geralmente utilizada para projetos onde o volume de dados a armazenar é elevado e onde o seu armazenamento, a sua normalização, o relacionamento coerente e não redundante entre diferentes tabelas é imprescindível para que esta possa dar resposta de maneira rápida e eficiente para o efeito para que foi desenhada. Geralmente necessita de alguém especializado que faça a sua gestão e manutenção, sendo comumente utilizada por empresas e outras entidades públicas e privadas que têm a necessidade de armazenar, gerir e analisar grande volume de dados (e.g. administração central do estado, ministérios públicos, bancos, multinacionais, entre outras).

O software SIG ArcGis, utilizado neste trabalho apresenta vários formatos de bases de dados, desenvolvidos pela ESRI. Os mais utilizados são o *shapefile* e o *geodatabase*. O formato *shapefile* é uma BD espacial vetorial simples, não topológico, que permite o armazenamento de dados geométricos (ponto, multiponto, linha, polígono e *multipatch*) georreferenciados (x, y e z) e respetivos atributos, alfanuméricos. Este formato tem capacidade de armazenamento limitado a dados até perfazer dois Gb.

De forma sucinta uma *geodatabase* (ESRI, <http://webhelp.esri.com>) é uma BD relacional estruturada num único ficheiro, que permite o armazenamento, a gestão e a análise de dados. Estes ficheiros guardam a informação geométrica, geográfica, atributos e regras topológicas de comportamento e relacionamento entre os dados espaciais. Dentro de uma *geodatabase* podem ser compilados vários tipos de dados espaciais, onde se incluem dados vetoriais, raster, tabelas de atributos, dados relacionais em rede, dados topológicos e muitos outros.

Uma das características fundamentais do formato de dados *geodatabase* é a sua estrutura tabular explícita, constituindo-se como uma forma de armazenamento completa que faz referência às características espaciais, atributos e regras de associação entre os elementos ou características informativas armazenadas. Uma vez que toda a informação está armazenada numa estrutura tabular é possível desenvolver um conjunto muito vasto de procedimentos de associação, baseados no modelo relacional. Este tipo de aproximação torna possível um conjunto de processos de compatibilização e exploração analítica da informação, bem como a aplicação de metodologias de classificação e modelação geográfica mais complexas.

Outra vantagem efetiva prende-se com o facto de que todo o processo de compatibilização das bases informativas ficar mais simplificado, uma vez que o ambiente de implementação e desenvolvimento passa a estar perfeitamente normalizado e integrado no sistema.

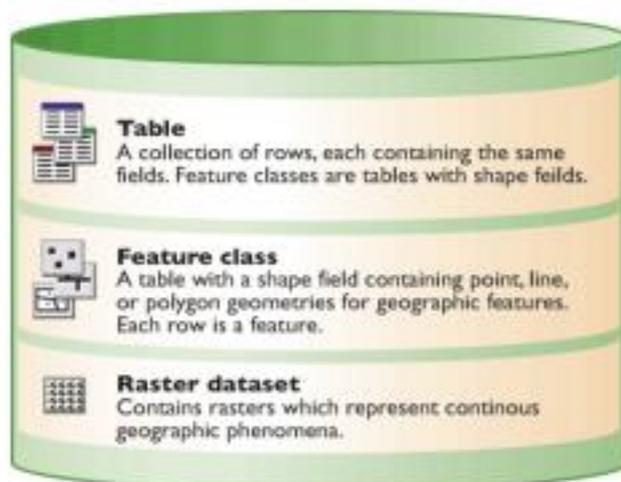


Figura 2: Base de dados de um SIG

6. Fonte de dados

Para o desenvolvimento do trabalho foi pedida a informação necessária a diferentes entidades. A informação pedida foi: dados sobre o histórico de cheias, fotografias e textos descritivos, a cartografia das margens (pontos cotados, linhas de água, curvas de nível, etc.) em formato digital e se possível em *Shapefile*.

As entidades a que nos dirigimos foram:

- CM Lamego (Câmara Municipal de Lamego);
- CM Peso da Régua (Câmara municipal do peso da Régua);
- IPTM (Instituto Português e dos Transportes Marítimos);
- CGI.

Quando me dirigi à Camara Municipal de Lamego para pedir a cartografia fui confrontado com a situação de a mesma não ser na totalidade propriedade da instituição em causa, tive então de entrar em contacto com a CGI, da qual obtive uma resposta positiva, mas só para uma pequena parte da área.

Depois de ter a informação necessária na minha posse, foi feita uma análise à mesma para ver qual a sua qualidade.

6.1. Informação fornecida pela CM Peso da Régua

Os dados fornecidos pela CM Peso da Régua estavam em formato *shapefile*, importei a informação para o ambiente SIG para ser possível uma melhor análise, para isso foi utilizado o comando Add Data, o qual abre uma janela para carregar a informação pretendida.



Figura 3: Comando add data

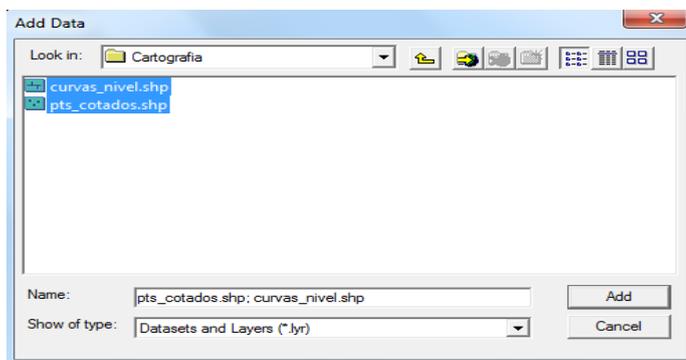


Figura 4: Ficheiros selecionados dentro do comando add data

Na análise da informação foi tida em conta a tabela de atributos dos dados, apresentada em seguida:

FPID	Shape	ObjectID	EntID	ObjectID_1	EntID_1	DocID	OwnerID	CadType	Level	Color	LineWt	Layer	Handle	RefName	Class	Linetype
1	Point ZM	8636	28241	28241	28241	19	-1	Text	0	256	-1	J07_TOPONIMIA_CURVA_MESTRA	928	75		ByLayer
2	Point ZM	8724	28329	28329	28329	19	-1	Text	0	256	-1	J08_PONTO_COTADO	67C0	79.91		ByLayer
3	Point ZM	8719	28324	28324	28324	19	-1	Text	0	256	-1	J08_PONTO_COTADO	67BB	109.19		ByLayer
4	Point ZM	8635	28240	28240	28240	19	-1	Text	0	256	-1	J07_TOPONIMIA_CURVA_MESTRA	892	100		ByLayer
5	Point ZM	8725	28330	28330	28330	19	-1	Text	0	256	-1	J08_PONTO_COTADO	67C1	79.62		ByLayer
6	Point ZM	8717	28322	28322	28322	19	-1	Text	0	256	-1	J08_PONTO_COTADO	67B9	90.63		ByLayer
7	Point ZM	8723	28328	28328	28328	19	-1	Text	0	256	-1	J08_PONTO_COTADO	67BF	79.10		ByLayer
8	Point ZM	8664	28289	28289	28289	19	-1	Text	0	256	-1	J08_PONTO_COTADO	6798	129.23		ByLayer
9	Point ZM	8622	28227	28227	28227	19	-1	Text	0	256	-1	J07_TOPONIMIA_CURVA_MESTRA	6CB	125		ByLayer
10	Point ZM	8682	28287	28287	28287	19	-1	Text	0	256	-1	J08_PONTO_COTADO	6796	139.01		ByLayer
11	Point ZM	8625	28230	28230	28230	19	-1	Text	0	256	-1	J07_TOPONIMIA_CURVA_MESTRA	728	150		ByLayer
12	Point ZM	8685	28290	28290	28290	19	-1	Text	0	256	-1	J08_PONTO_COTADO	6799	157.98		ByLayer
13	Point ZM	8525	27554	27554	27554	18	-1	Text	0	256	-1	J08_PONTO_COTADO	F908	79.41		ByLayer
14	Point ZM	8683	28288	28288	28288	19	-1	Text	0	256	-1	J08_PONTO_COTADO	6797	159.75		ByLayer
15	Point ZM	8686	28291	28291	28291	19	-1	Text	0	256	-1	J08_PONTO_COTADO	679A	154.67		ByLayer
16	Point ZM	8720	28325	28325	28325	19	-1	Text	0	256	-1	J08_PONTO_COTADO	67BC	107.02		ByLayer
17	Point ZM	8628	28233	28233	28233	19	-1	Text	0	256	-1	J07_TOPONIMIA_CURVA_MESTRA	783	175		ByLayer
18	Point ZM	8716	28321	28321	28321	19	-1	Text	0	256	-1	J08_PONTO_COTADO	67B8	131.34		ByLayer
19	Point ZM	8726	28331	28331	28331	19	-1	Text	0	256	-1	J08_PONTO_COTADO	67C2	79.31		ByLayer
20	Point ZM	8672	28277	28277	28277	19	-1	Text	0	256	-1	J08_PONTO_COTADO	678C	185.54		ByLayer
21	Point ZM	8631	28236	28236	28236	19	-1	Text	0	256	-1	J07_TOPONIMIA_CURVA_MESTRA	70D	200		ByLayer
22	Point ZM	8585	27614	27614	27614	18	-1	Text	0	256	-1	J08_PONTO_COTADO	FA14	118.45		ByLayer

Figura 5: Tabela de atributos.

LTScale	Width	Thickness	CadAngle	CadModel	ExtX	ExtY	ExtZ	ScaleX	ScaleY	ScaleZ	QrotW	QrotX	QrotY	QrotZ	Elevation	FillColor	GGroup	cota
1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	75
1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	79,91
1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	109,19
1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	100
1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	79,62
1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	90,63
1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	79,1
1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	129,23
1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	125
1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	139,01
1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	150
1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	157,96
1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	79,41
1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	159,75
1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	154,67
1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	107,02
1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	175
1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	131,34
1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	79,31
1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	185,54
1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	200
1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	118,45

Figura 6: Tabela de atributos com o atributo cota

A tabela continha os seguintes atributos: FID, Shape, ObjectID, Ent ID, ObjectID 1, EntID 1, DocID, Owner ID, CadType, Level, LinewW1, Layer, Mandle, RefName, Class, Linetype, LTScale, Width, Thickness, CadAnele, CadModel, ExtX, ExtY, ExtZ, QrotW, QrotX, QrotY, QrotZ, Elevation, FillColor, GGroup e cota.

Ao analisar estas tabelas, deparei-me com o atributo RefName que tinha os valores numéricos das cotas, este atributo (Refname) não é assumido na criação da TIN, então foi necessário criar uma nova coluna na tabela, designada por cota e copiar para esta os números da coluna RefName.

Um dos cuidados é necessário ter em conta, é o sistema de coordenadas e a escala, a imagem seguinte mostrará as propriedades da cartografia fornecida pela CM Pesa da Régua, desde o sistema de coordenadas, à projeção, o datum, o fator escala, etc.

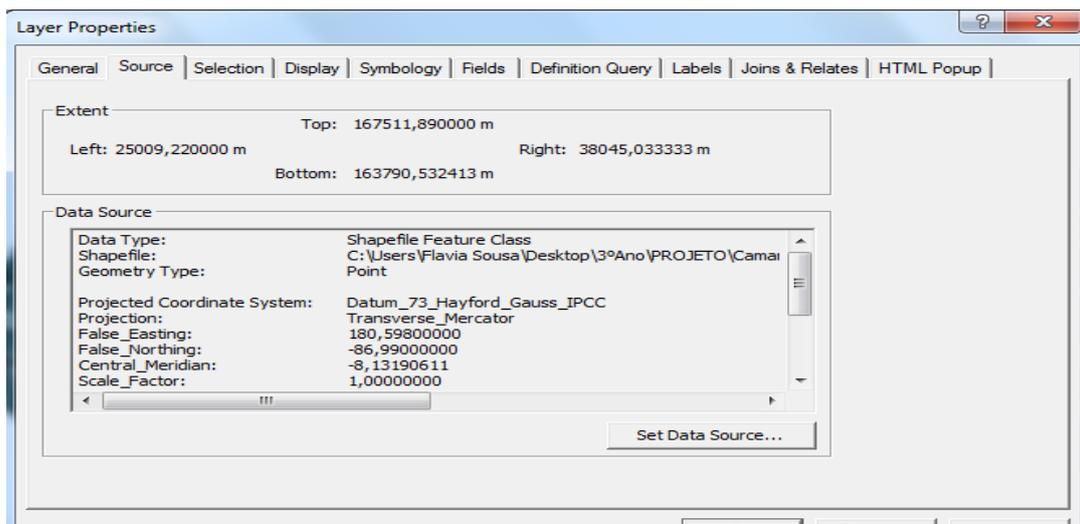


Figura 7: Propriedades dos Layers

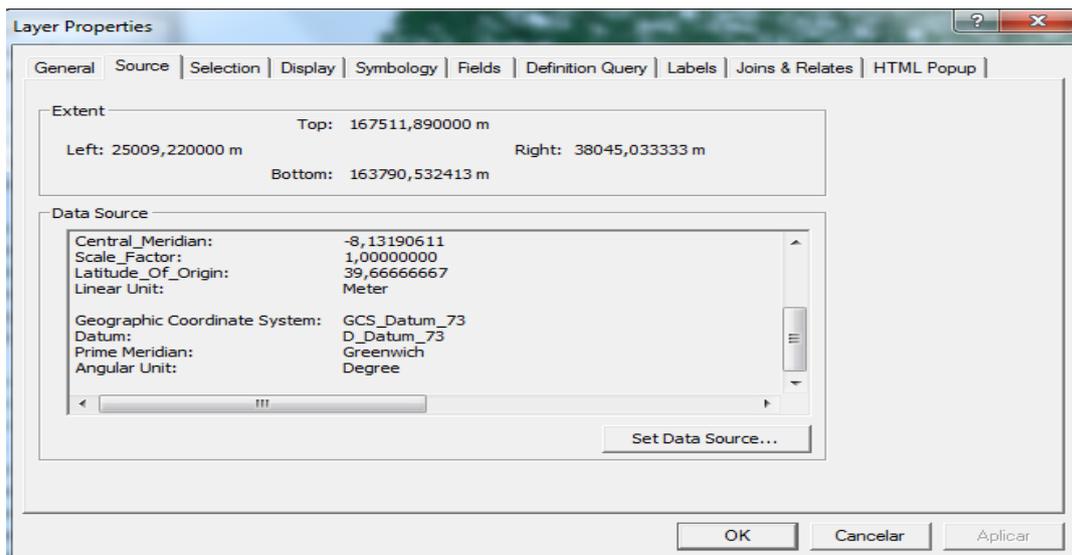


Figura 8: Sistema de Coordenadas

6.2. Informação fornecida pela CGI

A informação fornecida pela CGI estava em formato *dwg*, por isso, teve de se converter para *shapefile*. Importou-se o ficheiro e seleccionou-se só a informação que interessava: os pontos cotados, as curvas de nível e as linhas de água.

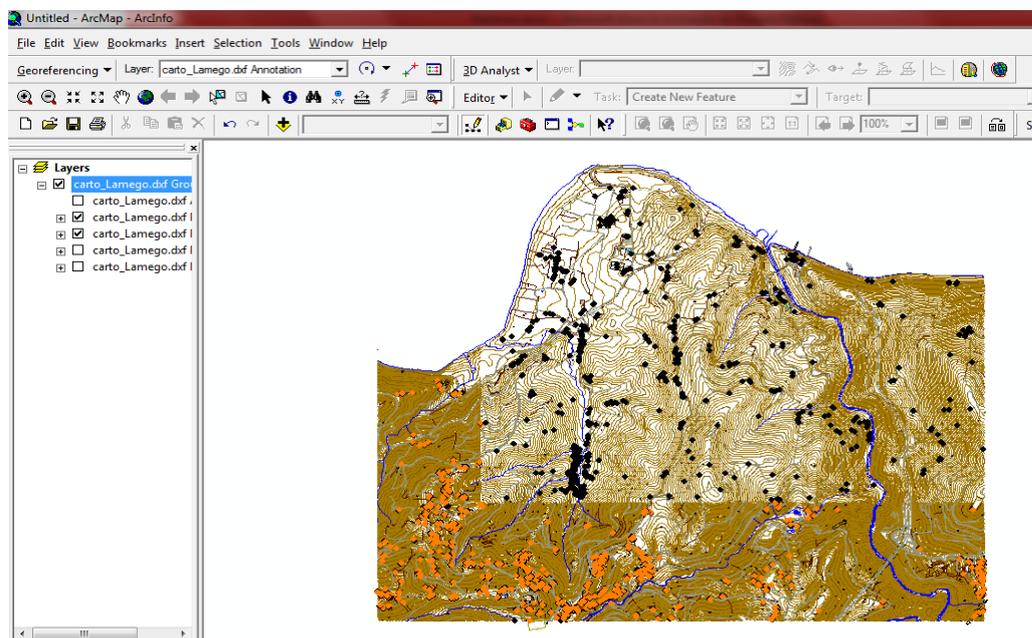


Figura 9: Dados fornecidos pela CGI

Para converter para *shapefile* clicou-se com o botão do lado direito do rato, por exemplo, na informação do tipo ponto, no comando *data* e *export data* e escolheu-se o local onde se pretende guardar. Para as curvas de nível e as linhas de água repetiu-se o processo.

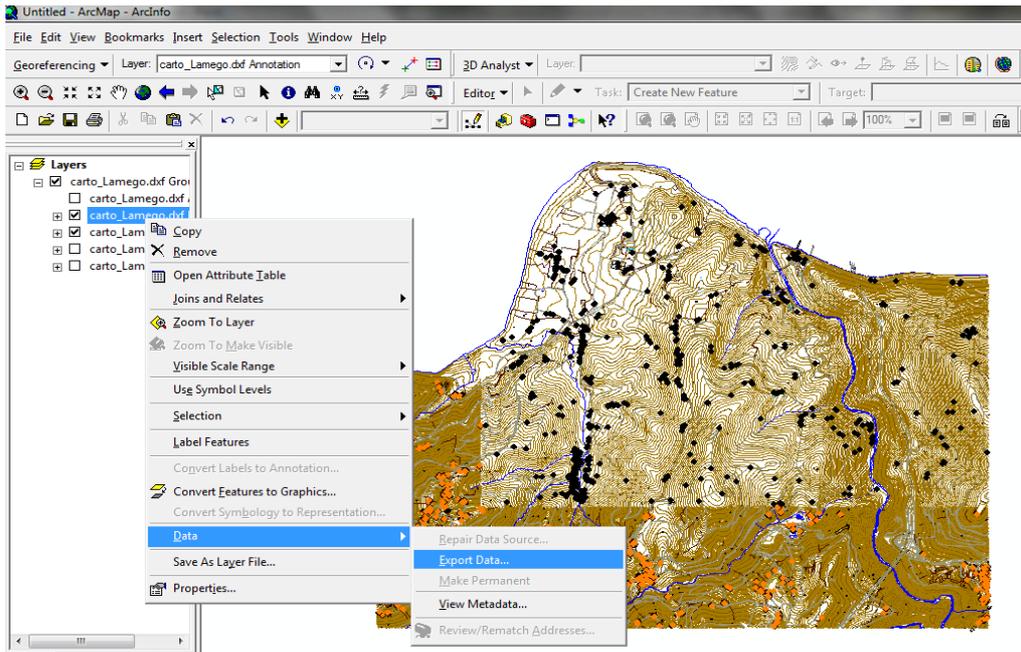


Figura 10: Caminho seguido para o comando export data

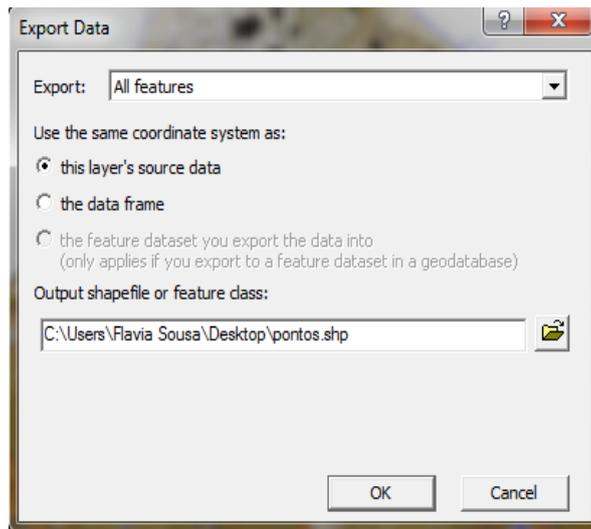


Figura 11: Comando export data

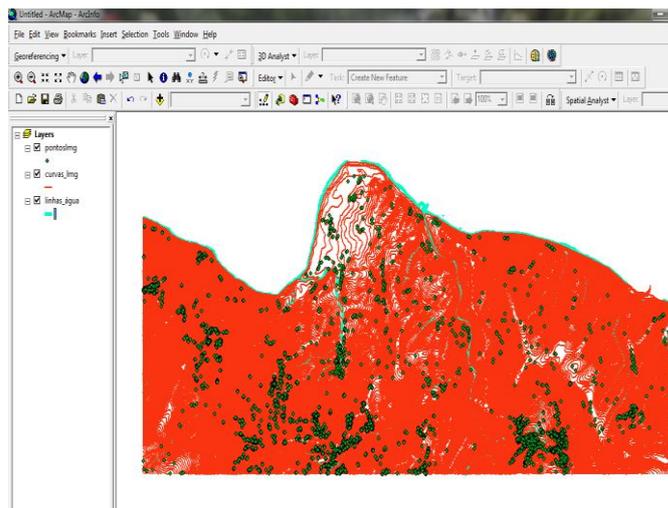


Figura 12: Ficheiro gerado depois do export data

6.3. Informação fornecida pelo IPTM

Os dados fornecidos pelo IPTM para além de estarem em formato dwg, estavam também no sistema de coordenadas Datum Lisboa. Para passar para *shapefile* repetiu-se o processo feito anteriormente e para passar para o sistema de coordenadas Datum 73 foi feito um move (200km,300km).

Começou-se por seleccionar a informação, usou-se o comando editor para começar a edição e usou-se o move.

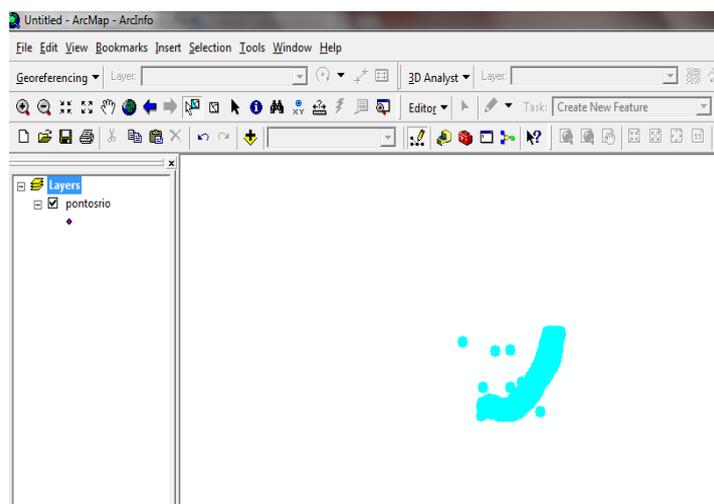


Figura 13: Informação do Rio

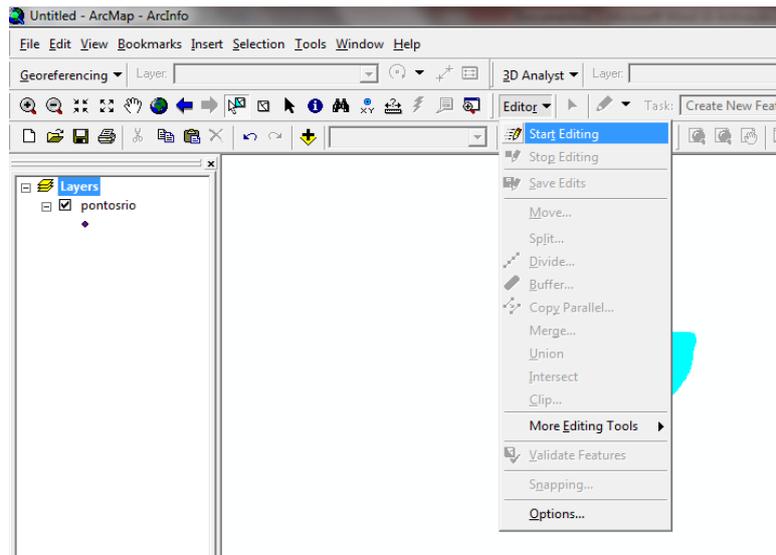


Figura 14: Seleção do comando para a edição

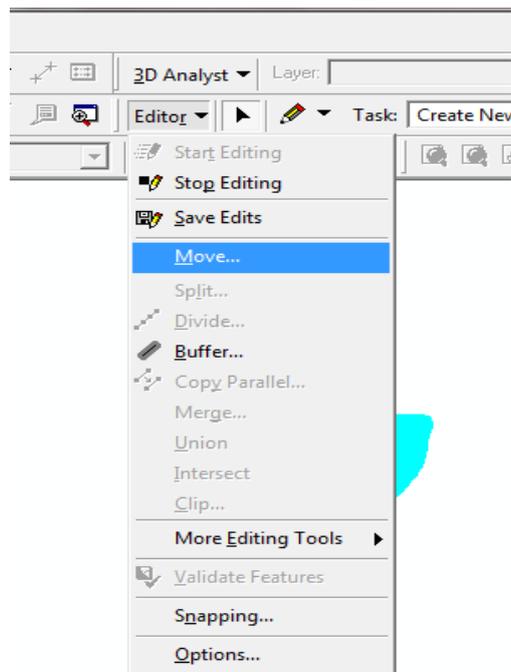


Figura 15: comando move

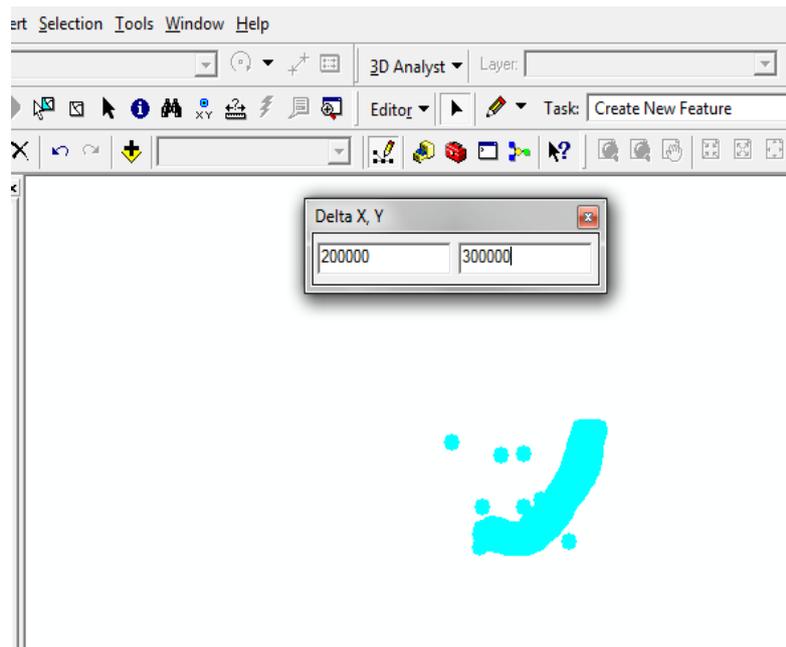


Figura16: Ajustamento da Informação para o sistema de coordenadas pretendido

7. Metodologia/Procedimentos

7.1. Criação do Limite

Na informação fornecida não havia nenhum limite, a criação deste é necessária para depois estancar a triangulação na criação da TIN. Para a criação deste criou-se uma *shapefile* que se designou por limite, do tipo polígono, atribuiu-se o mesmo sistema de coordenadas da restante informação (Datum73).

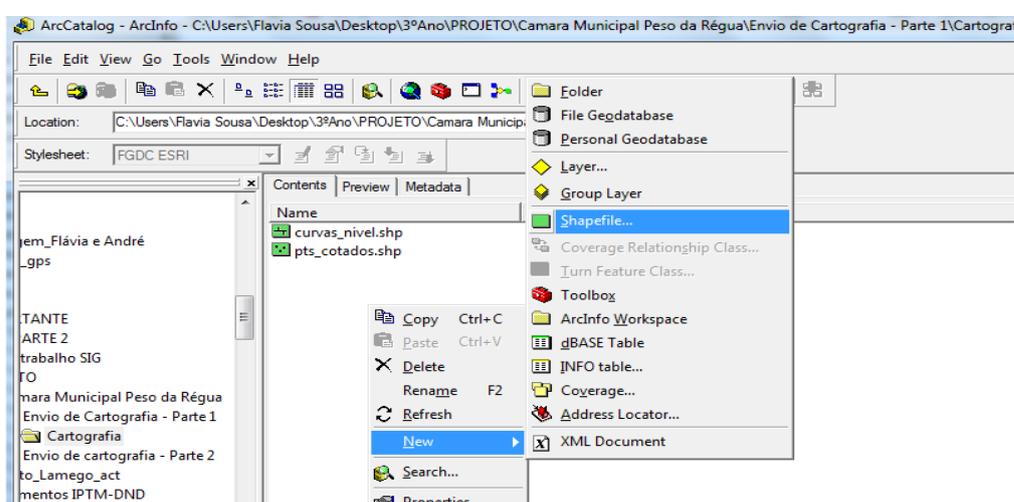


Figura 17: Criação da shapefile para o limite

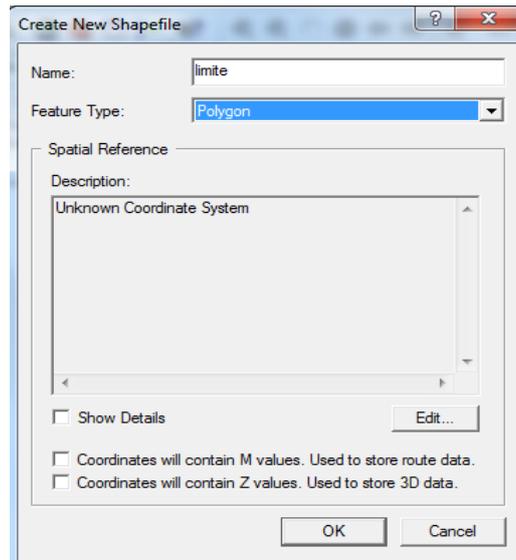


Figura 18: Seleção do tipo da shapefile

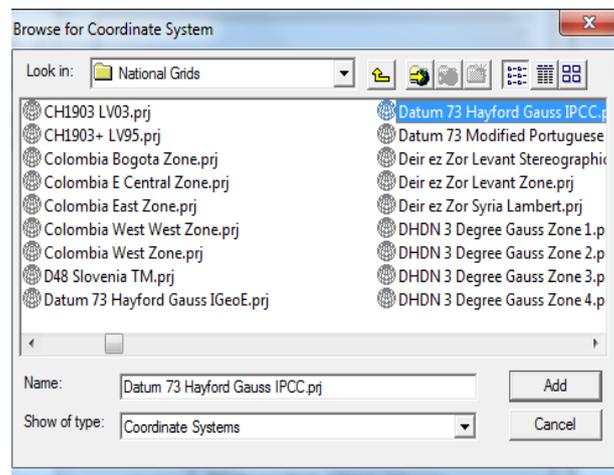


Figura 19: Seleção do sistema de coordenadas pretendido

Criada a *shapefile* limite, arrastou-se a mesma para a janela dos *layers* e no comando EDITOR clicou-se em *Start Editor* e começou-se a desenhar o limite pelos pontos mais exteriores, quando a zona já estava toda delimitada, no comando anteriormente referido clicou-se em *Stop Editor* e *Save edits*, obtendo-se o resultado apresentado na imagem seguinte.

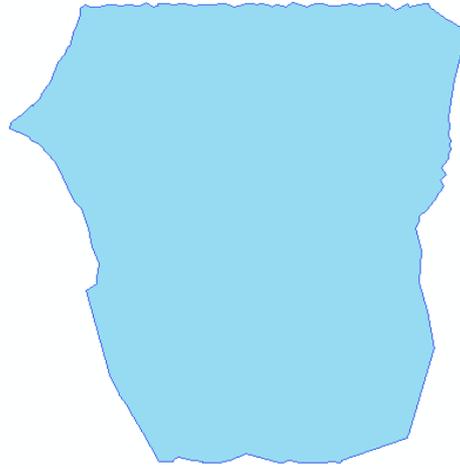


Figura 20: Limite depois de criado

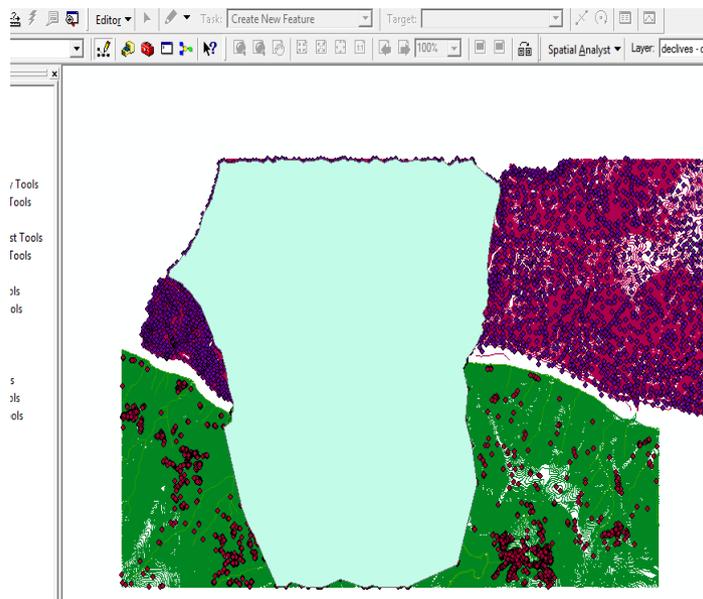


Figura 21: Localização do limite na zona de estudo

7.2. Criação do MDT da Zona Limitada

Os Modelos Digitais de Terreno estão na base de muitos processos de modelação e de análise espacial, nomeadamente:

- Modelação hidrológica (nosso caso);
- Estudo de traçados viários;
- Estudos climatológicos;
- Estudos agrícolas e florestais.

Definição: Modelo Digital de Terreno designa-se qualquer conjunto de dados em suporte numérico que, para uma dada zona, permita associar a qualquer ponto definido sobre o plano cartográfico um valor correspondente à sua altitude.

Depois de desenhado o limite da área em estudo foi criada uma modelação do terreno para se poder ter a noção da sua forma, nomeadamente no que diz respeito à elevação.

Para a criação do MDT utilizou-se o comando *3D Analyst, create Modify TIN, Create Tin From Features*.

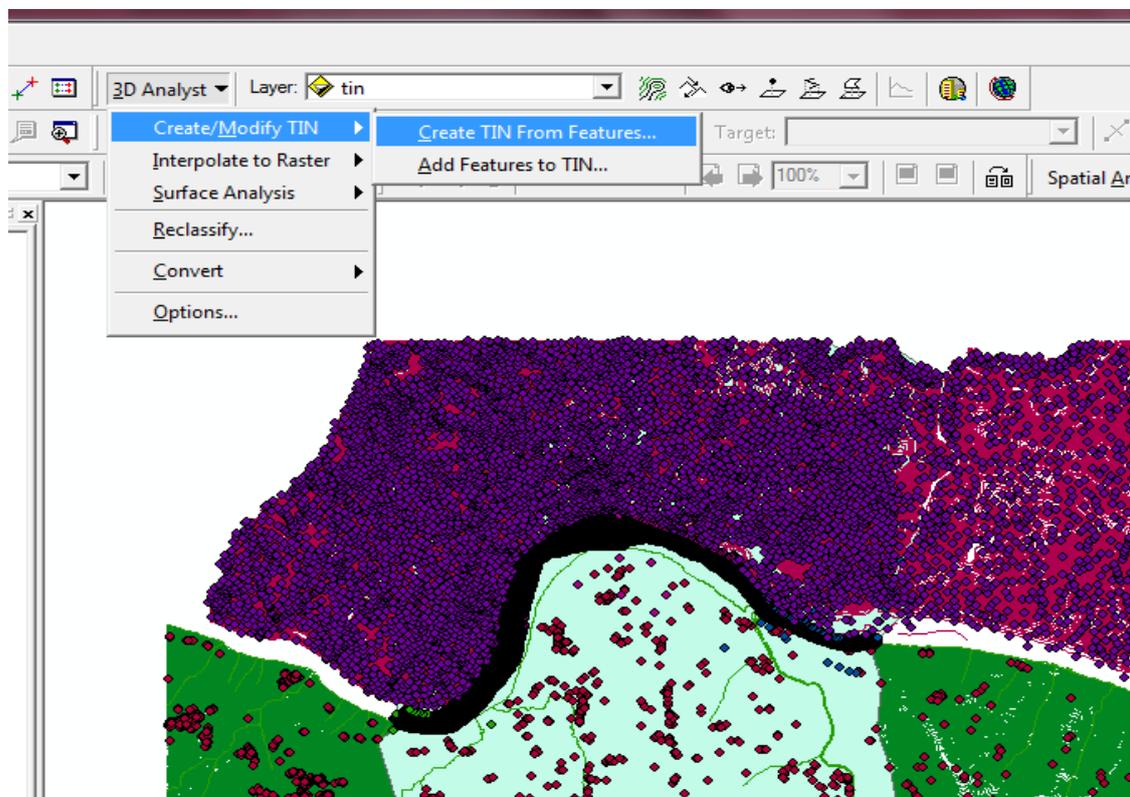


Figura 22: Caminho a percorrer para a criação da TIN

Em seguida indicaram-se os *output* para a criação do MDT: pts_cotados, pontos3, ponto3_0712t, pontos0712A, pontoslmg, curvas de nível, etc. como mostra a figura seguinte. Foram também selecionadas as definições dos respetivos *layers*. Para o limite foi escolhido hard clip para que este estancasse a triangulação, para os pontos cotados e curvas de nível seleccionou-se elevation e para as linhas de água *soft line*.

Depois de concluídos estes passos, obteve-se o MDT da zona em estudo.

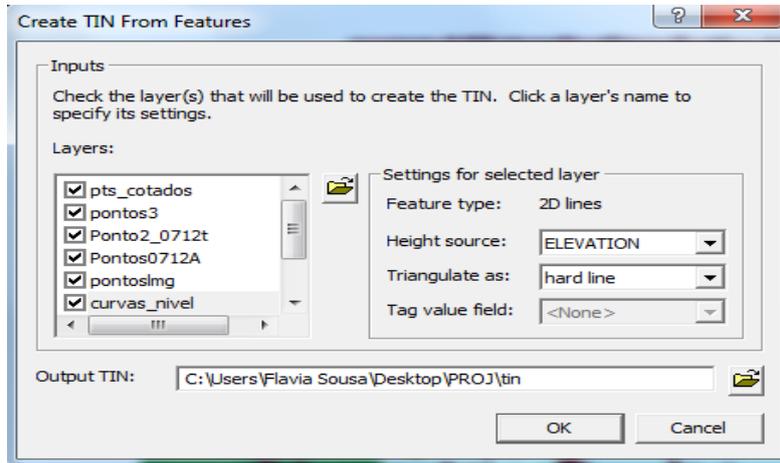


Figura 23: Seleção dos elementos a conter na TIN

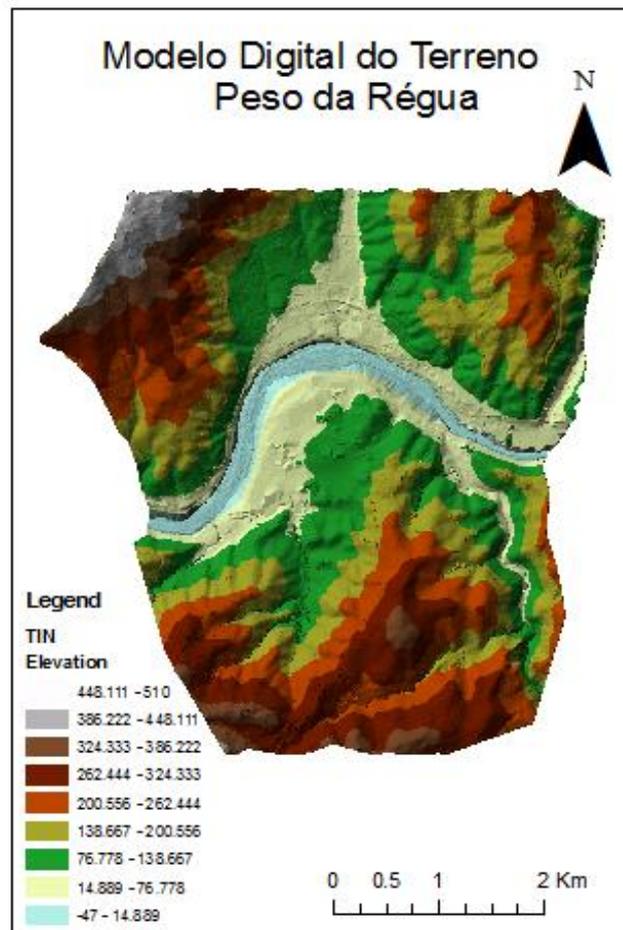


Figura 24: TIN criada

Para uma melhor validação e correção dos erros contidos pela TIN, fez-se uma conversão de vector para raster.

Essa conversão é feita da seguinte forma:

- Clica-se com o botão do rato do lado direito no comando *3D Analyst*;
- Depois aparecem várias opções com este comando, mas a que interessa é o comando *convert* e dentro deste existe um que é *TIN to Raster*.
- Aparece uma janela com um Input, onde se carregou a tin em formato vetorial, o atributo é elevação e foi indicado o caminho para guardar a tin em formato raster.

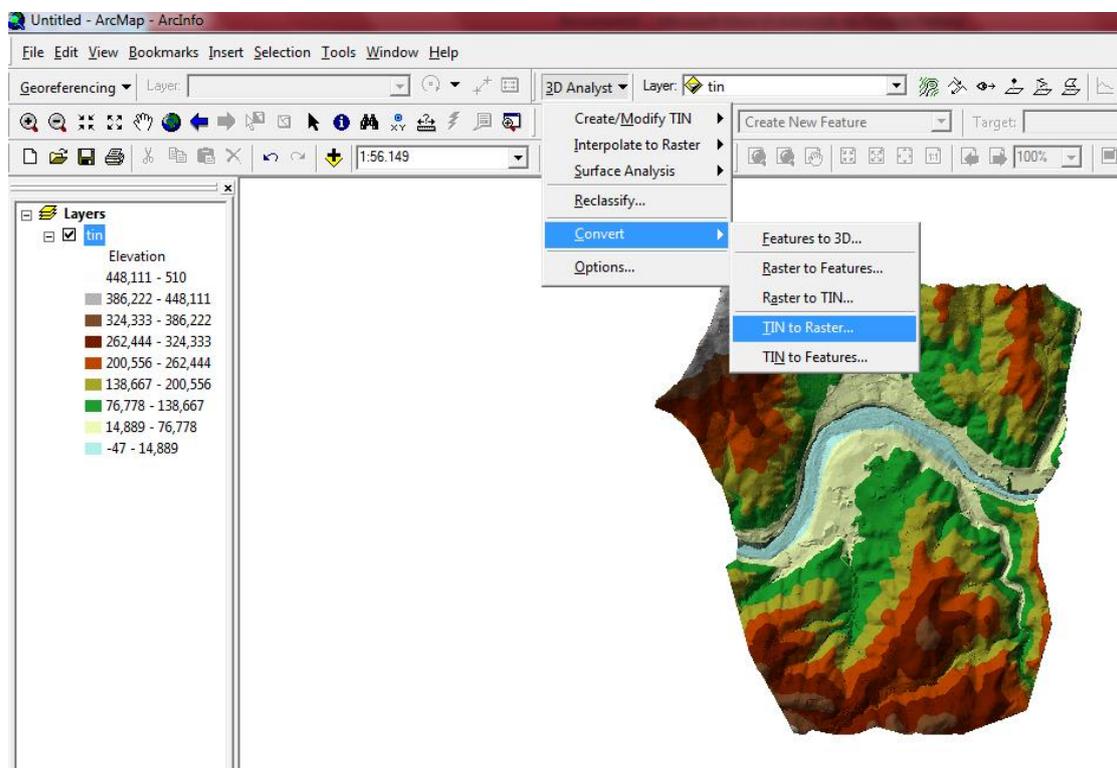


Figura 25: Conversão da TIN para Raster

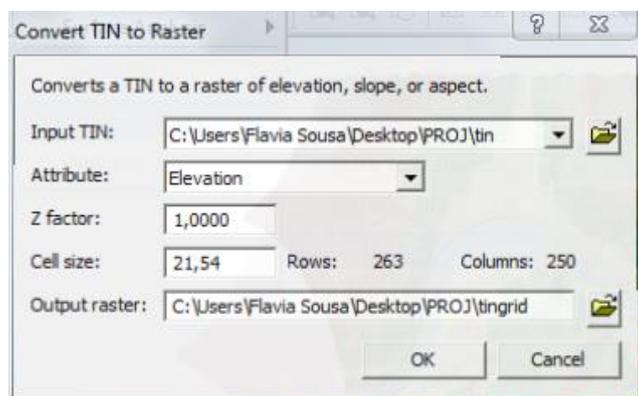


Figura 26: Atribuição de parâmetros para a conversão

Depois de aplicados os parâmetros como mostra a imagem anterior obteve-se a TIN em formato raster.

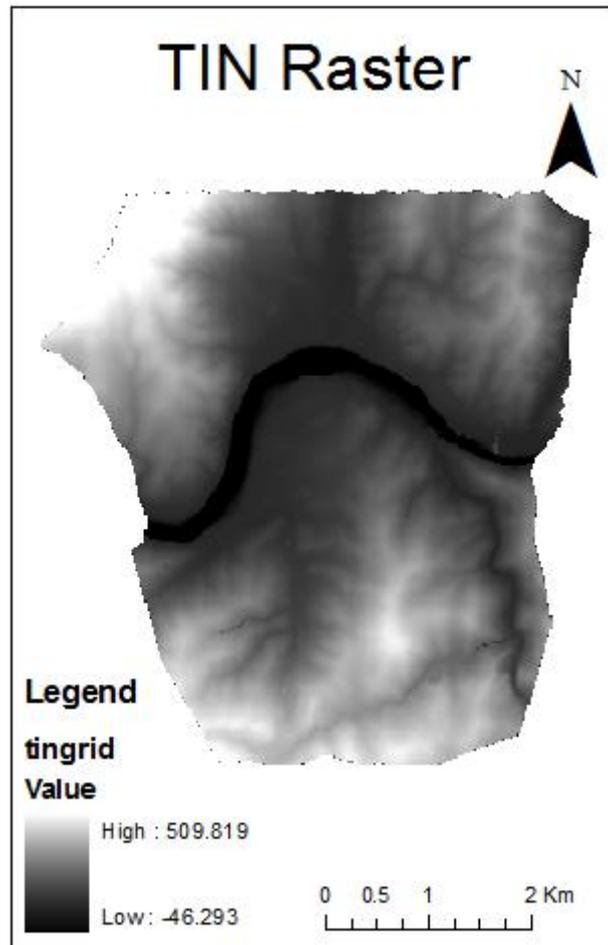


Figura 27: TIN em formato Raster

7.3. Fill

Para uma melhor correção da TIN foi usado o comando *fill* presente na parte *Hydrology* do software. Este comando permitiu eliminar algumas imperfeições nos dados, como por exemplo, zonas de fluidez de escorrência de água entre outras correções.

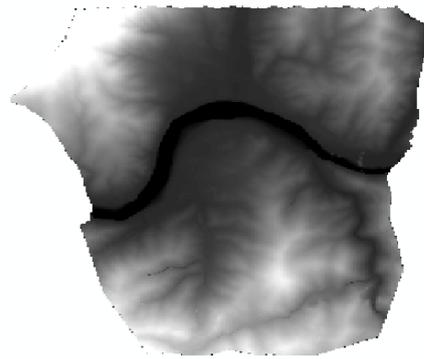
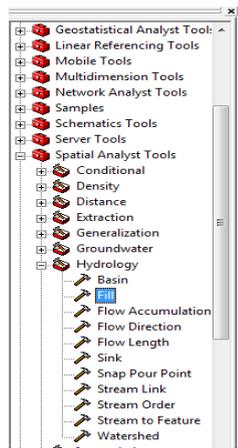


Figura 28: Localização dos comandos de Hydrology

Para aplicar o *fill* introduziu-se o ficheiro de entrada que é a Tin em formato Raster, em seguida indicou-se o local para guardar o objeto de saída.

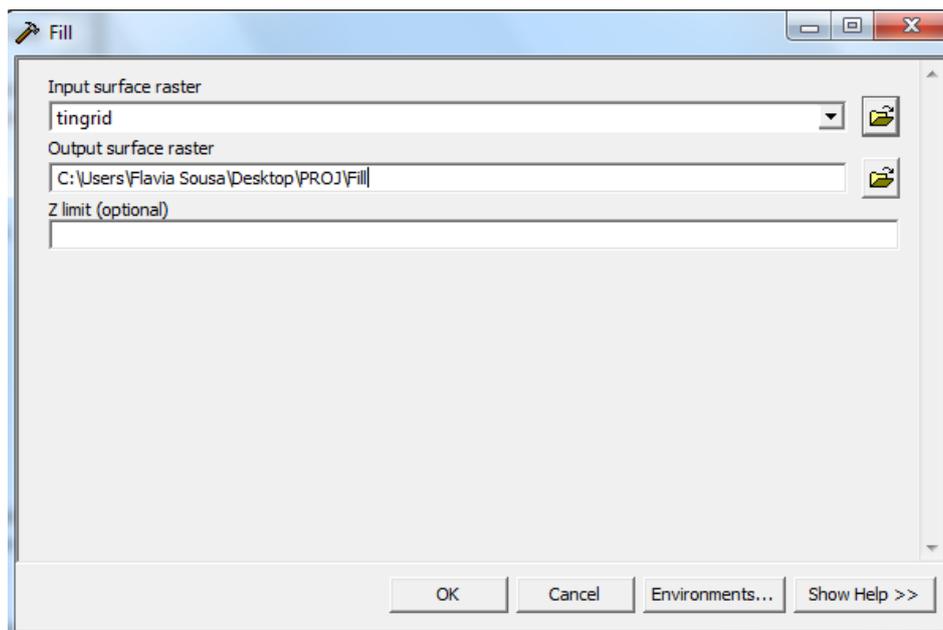


Figura 29: Input para a aplicação do fill

Depois de executados todos os passos acima referidos clicou-se em OK e obteve-se o layout seguinte.

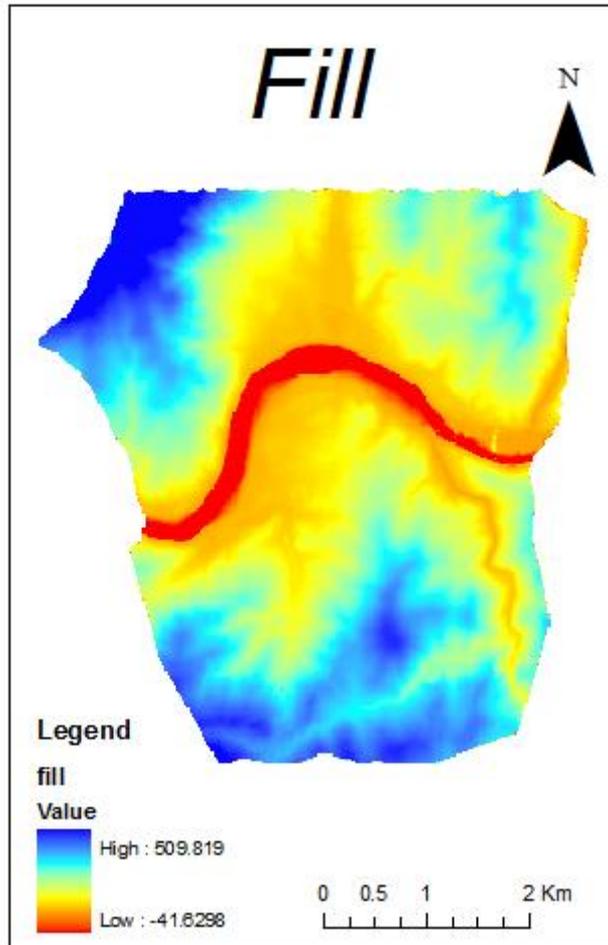


Figura 30: Layout do fill

Nesta imagem é possível ver que a azul estão situados os pontos mais altos e a vermelho os pontos mais baixos. O ponto mais alto é de 509 m aproximadamente e o mais baixo é de 41m negativos. Pode-se também dizer que à medida que o terreno se aproxima do rio, contém maior concentração de água.

7.4. Flow direction

A saída da direcção do fluxo de ferramenta é um raster inteiro cujos valores podem ser 1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 e 128. Cada um destes valores está associado à direcção de fluxo.

32	64	128
16		1
8	4	2

Figura 31: Direcção do fluxo

Aplicada a correção ao mapa, foi feito um *flow direction* para se saber qual a direcção dos fluxos, neste caso a água e quais as células que contêm o mesmo valor.

Como dado de entrada indicou-se o *fill* e indicou-se também o local onde se pretende guardar.

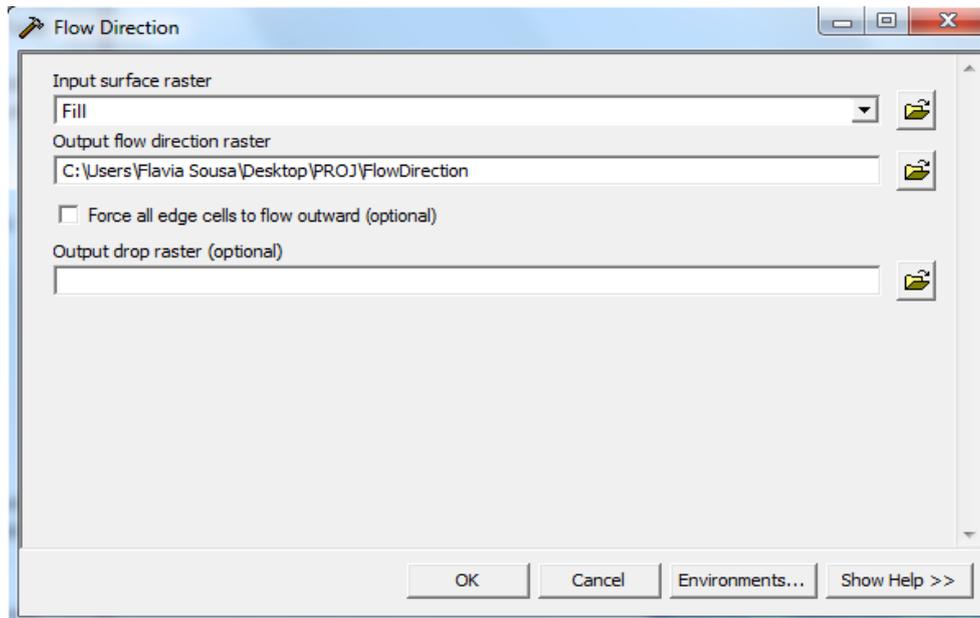


Figura 32: Input para o flow direction

Depois de clicar em OK obteve-se o seguinte mapa de direcção de fluxos, que vai permitir obter quais as zonas onde existe uma maior e uma menor escorrência e quais as zonas que vão contribuir mais e menos para o estudo.

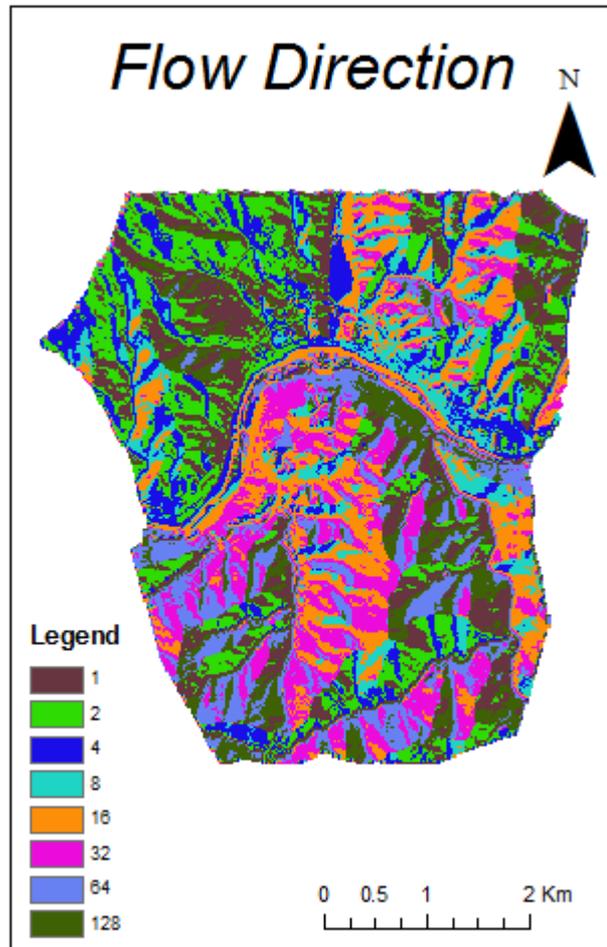


Figura 33: Resultado do flow direction

7.5. Flow accumulation

A acumulação de fluxos pode indicar a presença de zonas de saturação no terreno quando ocorrem precipitações. Estas zonas de saturação influenciam em processos do meio físico, como cheias de rio, formação de escoamento superficial e movimentos de massa.

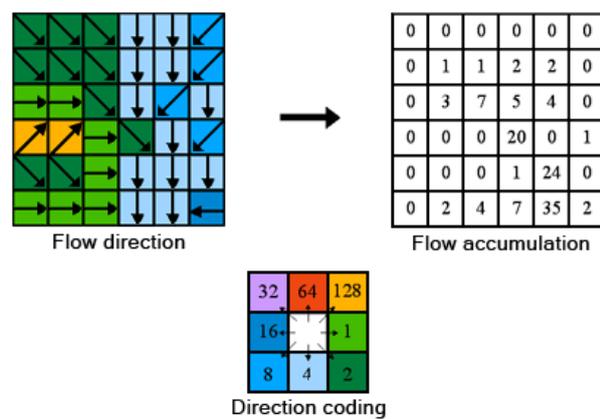


Figura 34: Ilustração do flow accumulation

Para se aplicar o *flow accumulation* teve que ser dado como objeto de entrada o *flow direction*.

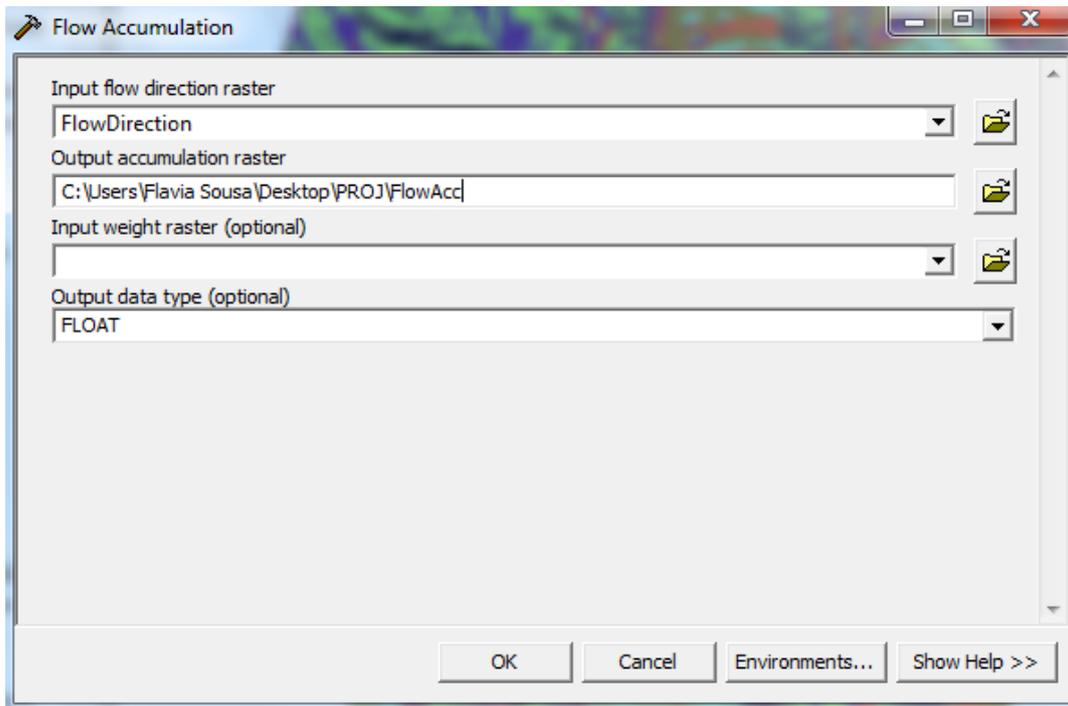


Figura 35: Input do flow accumulation

Este comando permite ver as zonas de acumulação de fluxo, as linhas de água que mais vão contribuir para o fenómeno das cheias bem como os seus afluentes.

Como se pode ver na imagem seguinte há linhas de água bastante grandes com um caudal já bem considerável, o que, em tempos de precipitação e de escorrência irá contribuir bastante para o aumento de caudal do rio.

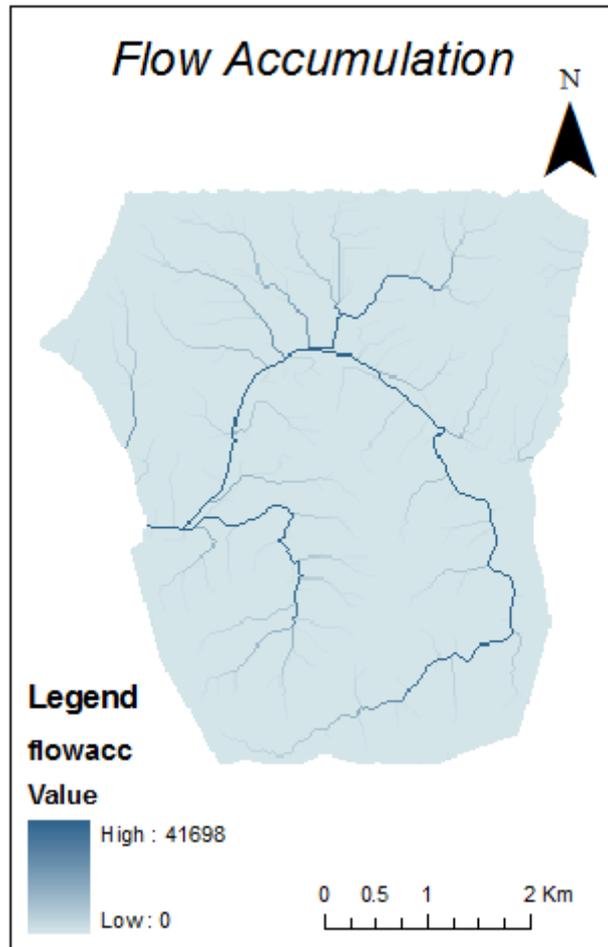


Figura 36: Resultado do flow accumulation

7.6. Basin

As bacias hidrográficas são delineadas dentro da janela de análise, identificando linhas de cume entre bacias. A entrada de fluxo de direcção é analisado para encontrar todos os conjuntos de células ligadas que pertencem à mesma bacia hidrográfica.

Como dado de entrada seleccionou-se o ficheiro do *flow direction* e indicou-se o caminho onde se pretende gravar a *Basin*.

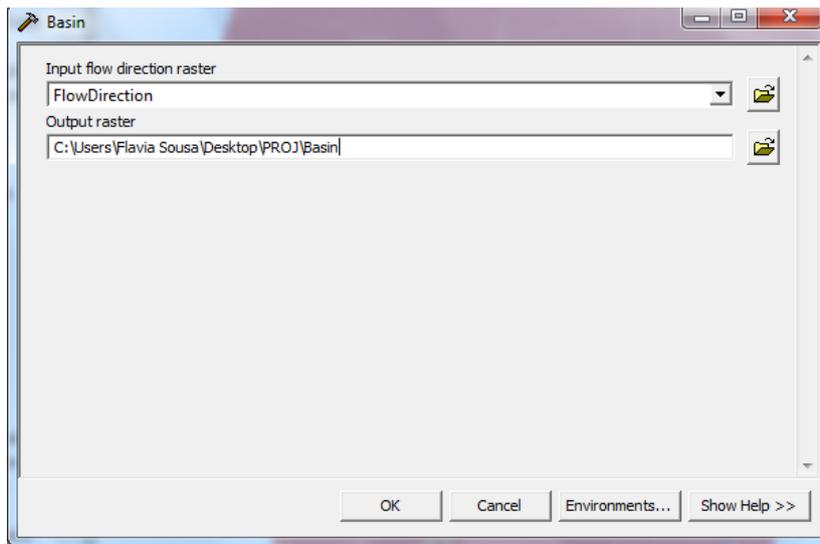


Figura 37: Input para o basin

Depois de clicar em Ok foi gerado o mapa abaixo ilustrado, onde se pode ver que a parte amarela é uma bacia hidrográfica desta zona, ou seja, todo o fluxo nesta zona irá parar ao rio, aumentando assim a probabilidade de no tempo de precipitação o caudal começar a aumentar e as habitações e zonas agrícolas ao pé deste serem bastante afetadas.

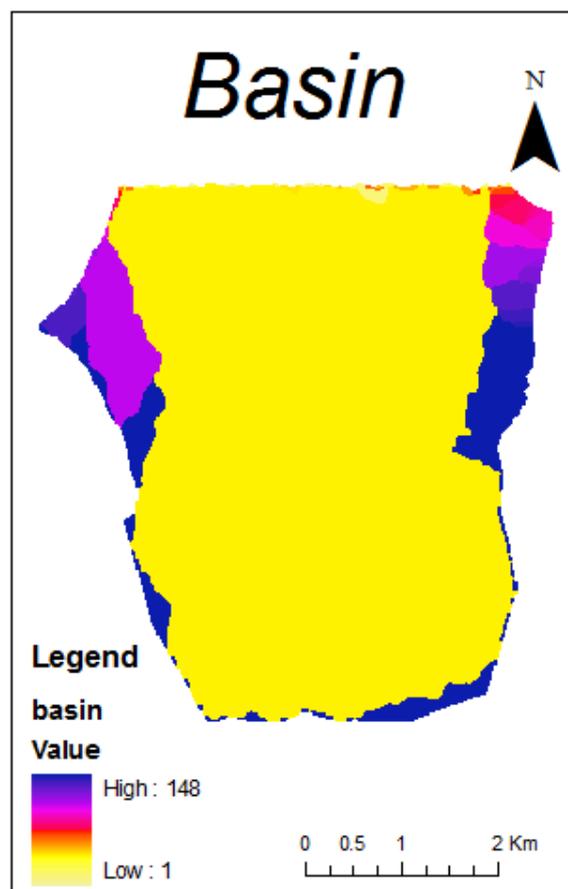


Figura 38: Resultado da aplicação do Basin

8. Validação da TIN construída

Para uma melhor validação da TIN construída, fez-se coincidir a TIN com a carta militar da zona em estudo, à escala 1/25000.

Para a realização deste passo foi necessário georreferenciar a carta, para isso escolheram-se alguns vértices geodésicos, retiraram-se as coordenadas dos mesmos da página do IGP e fez-se a georreferenciação.

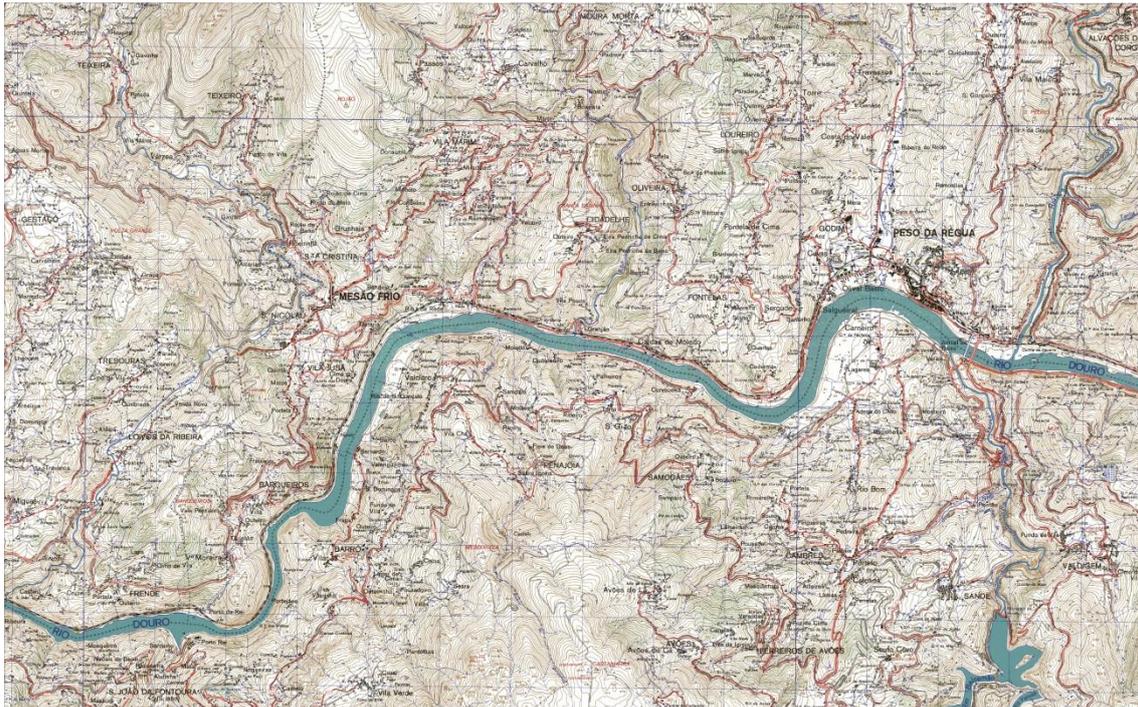


Figura 39: Carta Militar 126 à escala 1/25000

Feita a georreferenciação, foi realizada a sobreposição da carta com a TIN, esta serviu para verificar se a TIN estava bem construída, para isso, verificou-se se as curvas de nível da TIN coincidem com as da carta e se o rio e as suas margens estão corretamente posicionados em relação à mesma.

Como se pode ver na figura seguinte, tudo isto se verifica e pode-se concluir que a TIN está bem construída.

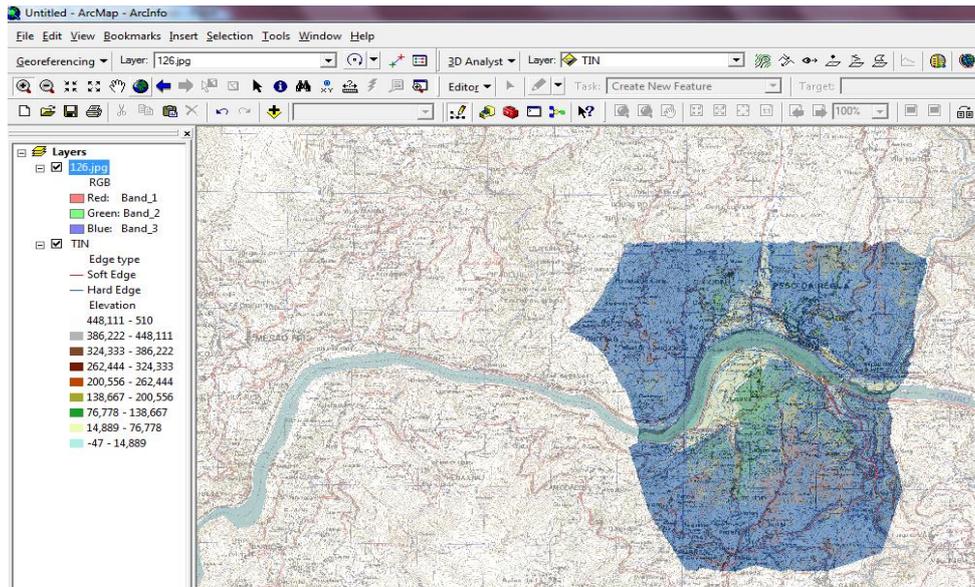


Figura 40: Sobreposição da TIN com a carta

9. Criação de um mapa de declives

Para a criação de um mapa de declives seguiu-se um processo idêntico à criação do MDT, uma vez que a tabela de comandos é a mesma, o comando foi o *3D Analyst*, mas agora selecionou-se o *Surface Analysis* e o *Slope*, como ilustra a figura seguinte.

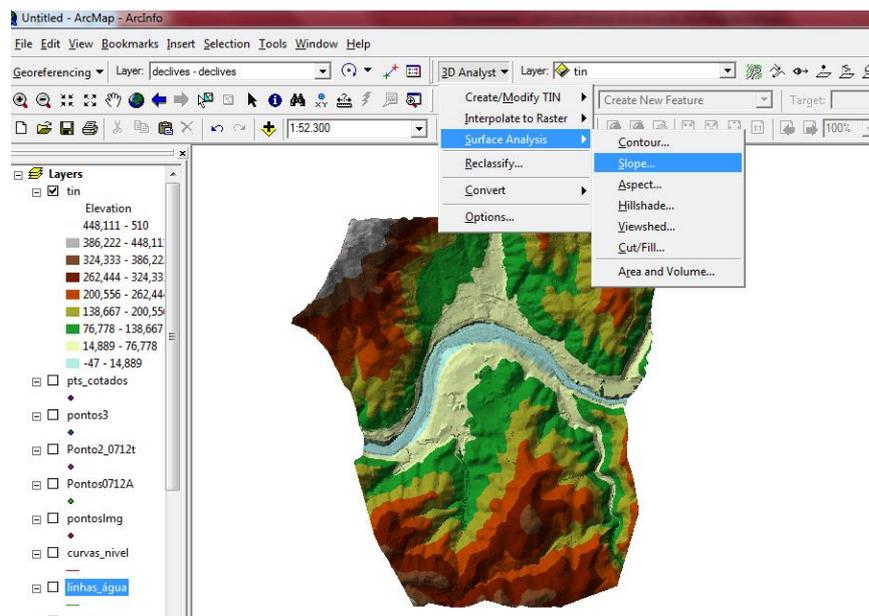


Figura 41: Caminho a percorrer para a criação do mapa de declives

Depois de introduzidos todos os parâmetros obteve-se o seguinte mapa.

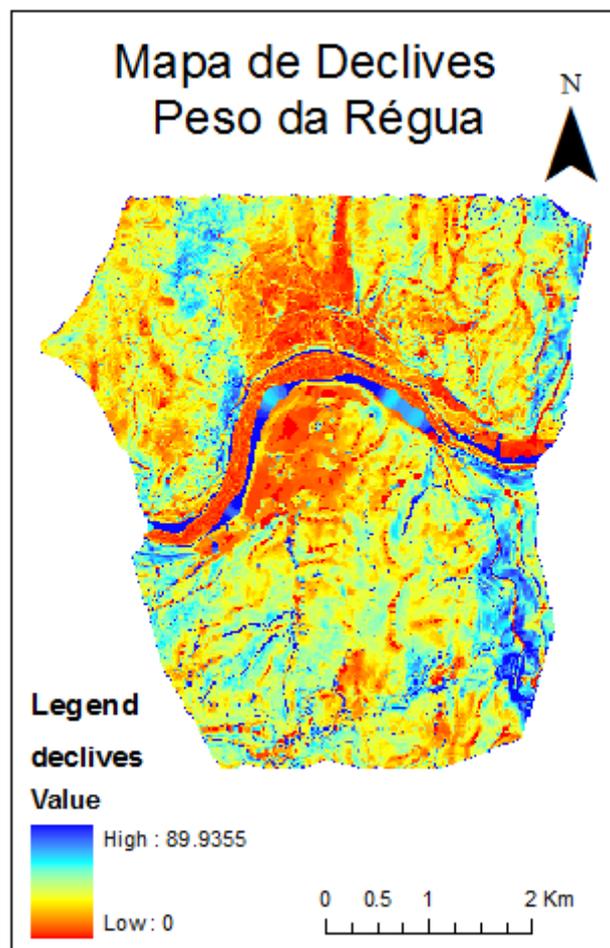


Figura 42: Mapa de declives.

10. Criação de Perfis Topográficos

10.3. Perfil Topográfico

O resultado de interseção da superfície do terreno com um plano vertical é um perfil topográfico

Fornece uma imagem precisa da topografia ao longo da linha de intersecção, informando sobre a geometria das vertentes, os comprimentos de rampa, as ruturas de declive, a simetria e dissimetria dos vales, etc.

É importante saber escolher adequadamente a sua localização e representá-lo graficamente numa escala vertical apropriada às variações de altitude que o terreno apresenta. Junto com a carta de declives, os perfis topográficos são um instrumento

fundamental no processo de análise morfométricas do relevo prévia a qualquer tentativa de interpretação geomorfológica.

O perfil é uma “silhueta do relevo” obtida através de técnicas cartesianas de representação gráfica. Resulta da intersecção de um plano vertical com um plano horizontal que contém as curvas de nível representativas do relevo, sobre o plano vertical rebatendo-se a altitude de cada intersecção.

10.4. Análise de Perfis

Para uma melhor análise do terreno em estudo foram traçados perfis em vários locais. Para a criação dos perfis foi necessário criar uma *interpolate line* sobre o MDT e depois criar o perfil através do *create profile graph*.

1º Perfil

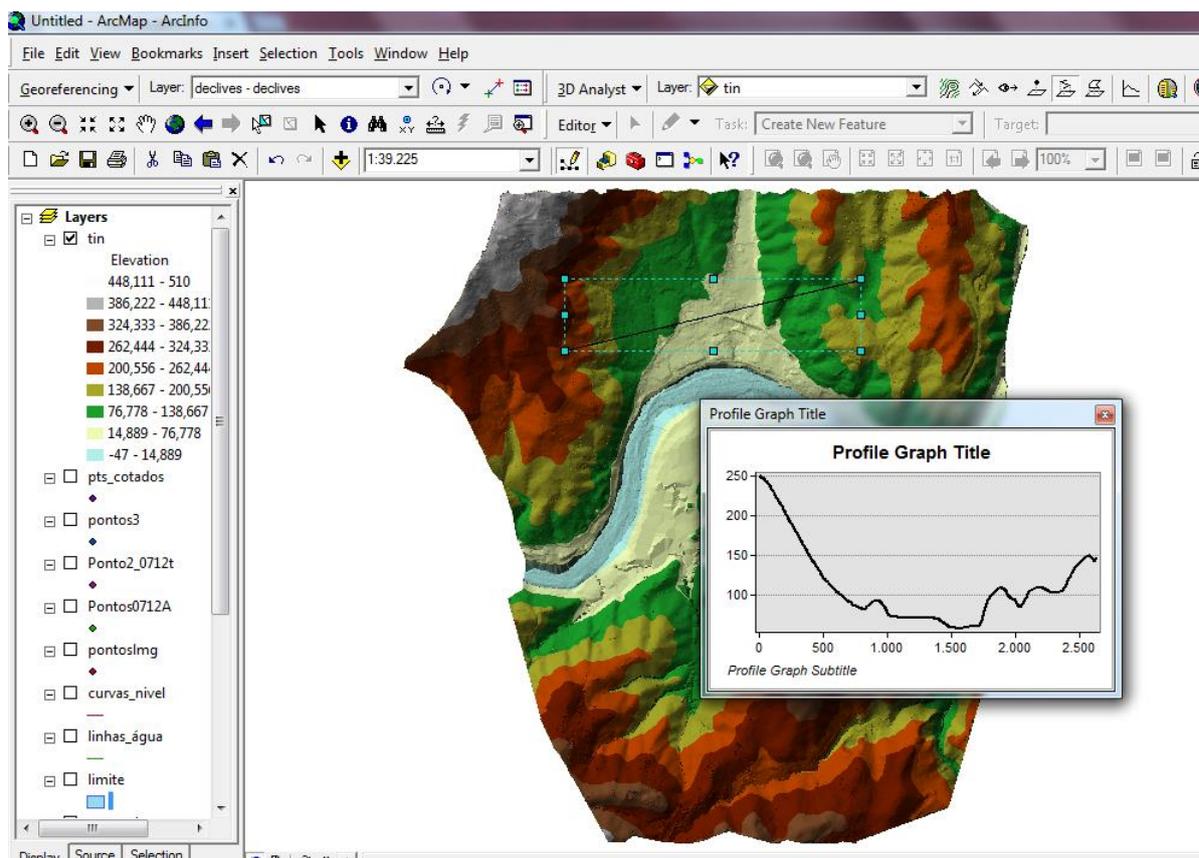


Figura 43: Localização do primeiro perfil

Com o perfil traçado com aproximadamente 2500 m de comprimento, é possível ver que começa numa cota de 250 m de altitude e termina nos 150 m. Nos 1500 m pode-se observar que a cota é de 0 m o que leva a crer que seja uma zona de acumulação de água, o que vai contribuir para o fenómeno de cheias nesta zona.

A partir dos 1500 m começa a aumentar a altitude o que mostra que é feita uma acumulação através dos dois lados devido à baixa altitude, levando ao escoamento de água para esta zona mais baixa.

Através do Histórico e relatos de pessoas que assistem constantemente a este fenómeno esta é uma das principais áreas afectadas pelas águas do Rio.

2º Perfil

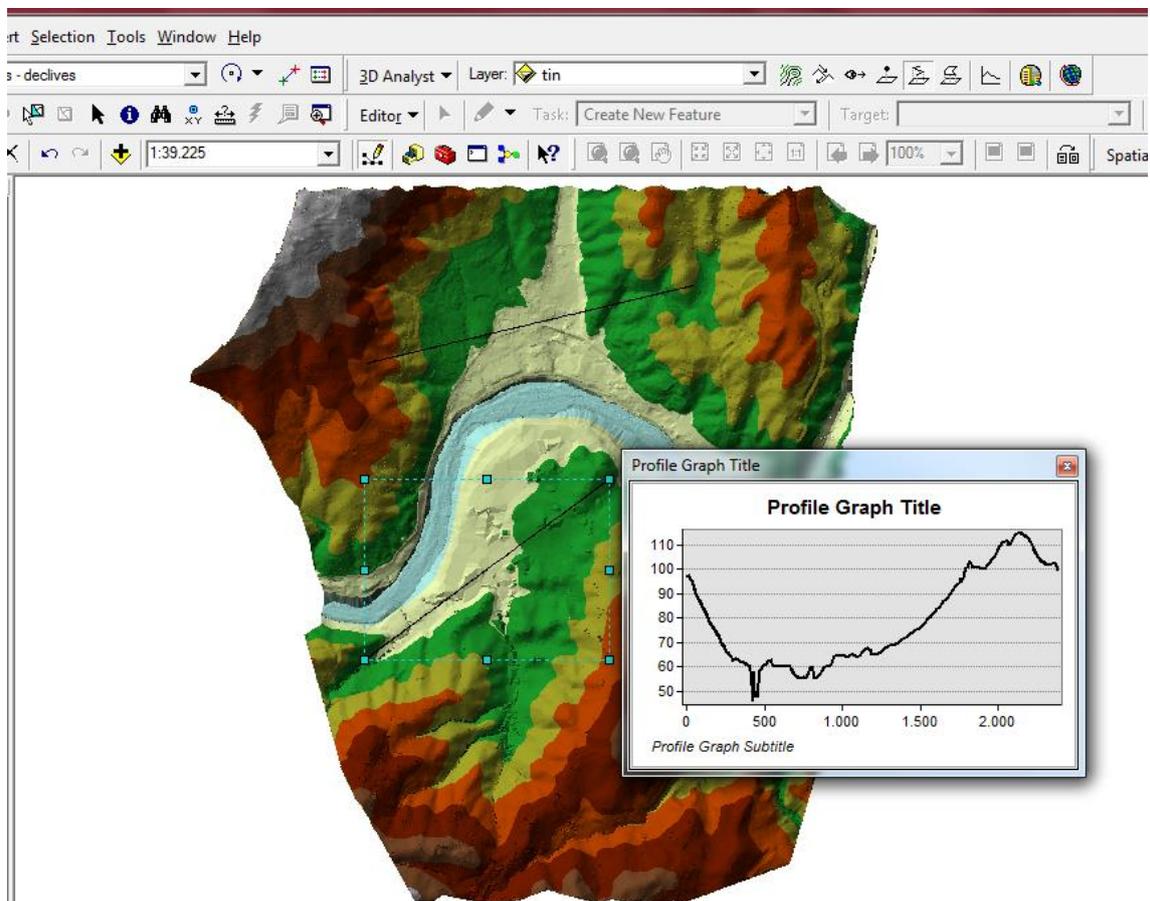


Figura 44: Localização do segundo perfil

Neste segundo perfil numa zona mais plana com aproximadamente 2500m de comprimento, pode-se ver através do gráfico que não há altitudes tão elevadas como no anterior.

Há apenas uma inclinação bastante elevada no início, propriamente entre os 0 m e os 500 m, com base nisto pode-se dizer que é uma zona onde a água escorre, o mesmo acontece entre os 1500 e os 2000 m.

Com base na afirmação em cima a zona entre os 500 m e os 1500 m é um local de acumulação de água.

3º Perfil

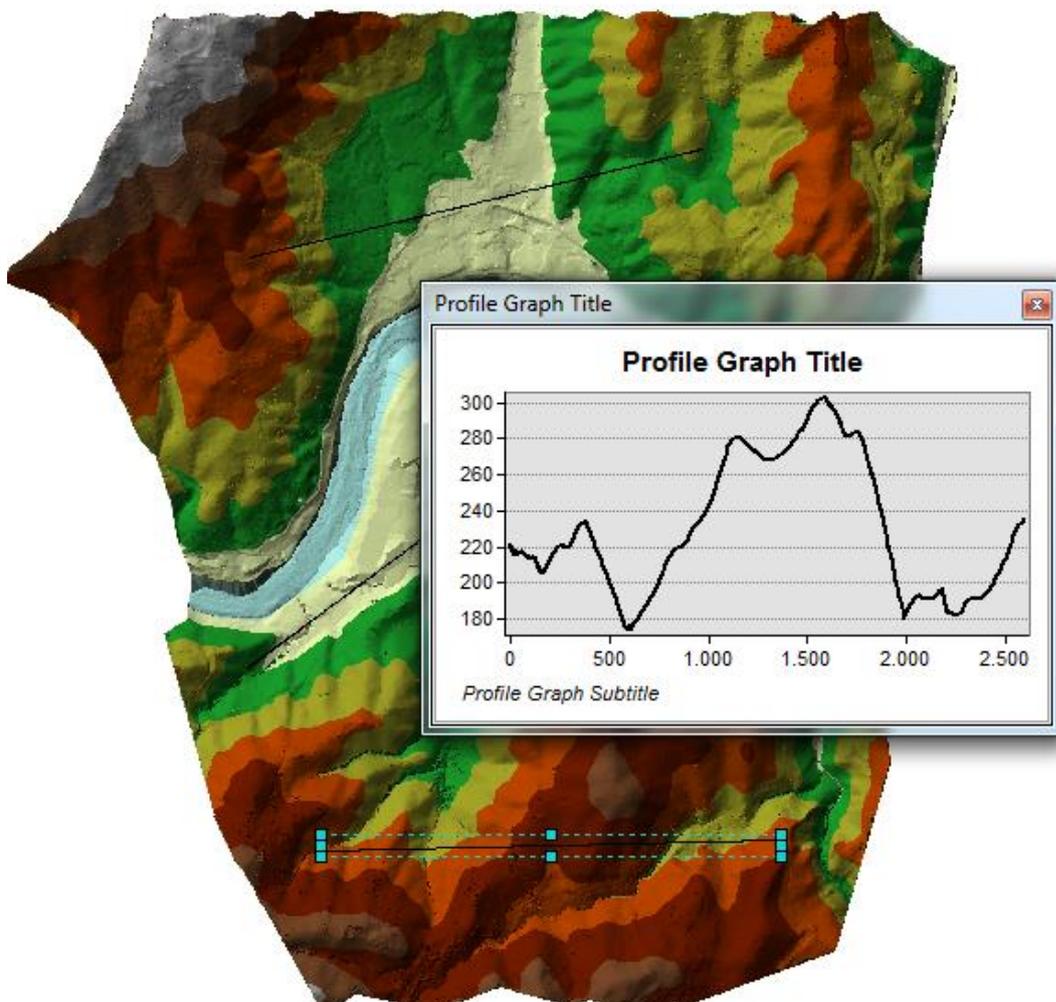


Figura 45: Localização do terceiro perfil

O perfil acima foi traçado numa zona mais montanhosa para se poder perceber para onde escorre a água e qual a sua direcção ao longo do terreno até desaguar no rio.

Este perfil tem aproximadamente o mesmo comprimento que os dois anteriores, mas com valores de cota bastante mais elevados, também há piques muito mais acentuados.

Através deste é possível ver que entre os 500 e os 1000 m há uma linha de água principal onde a água vai parar antes de se dirigir para o rio, já entre os 200 e os 2500m existe uma linha de água secundária.

4º Perfil

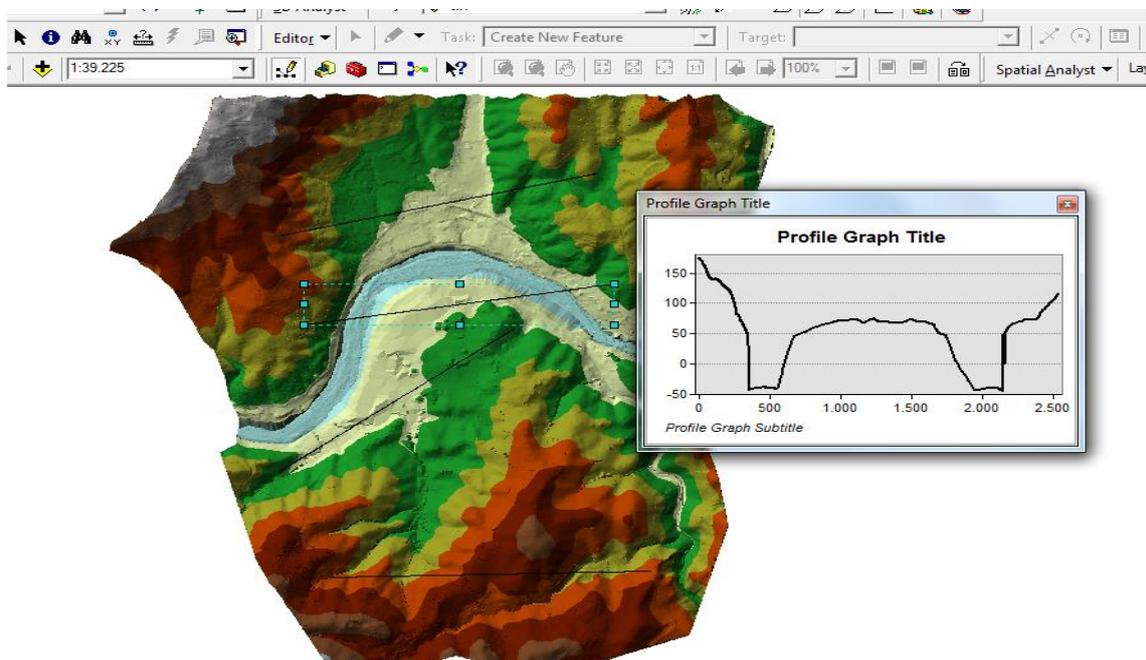


Figura 46: Localização do quarto perfil

O perfil ilustrado em cima foi traçado sobre o rio e as suas margens para se poder verificar se o MDT corresponde aproximadamente à realidade ou se existem alguns erros associados aos pontos fornecidos pelas entidades referidas na primeira parte. Com base nisto, pode-se afirmar que à primeira vista não são detectados quaisquer erros.

Nos primeiros 350 m existe um declive bastante grande, ou seja, uma zona de escorrência de água, a partir dos 350 m até aos 600 m é onde se encontra a primeira parte do rio. A seguir existe uma pequena elevação onde é bastante afectada pelas cheias devido ao seu valor de cota pequeno, entre os 1600 e os 2000 m encontra-se a

segunda parte do rio que o perfil intersecta, a partir dessa distância o terreno começa a aumentar formando uma zona de escorrência de água.

11. ArcScene: (Sobreposição da carta sobre o MDT)

O ArcScene é um aplicativo que permite a visualização de dados geográficos em 3D, além de criar vídeos e animações.

Para se poder fazer uma melhor análise de quais as zonas mais afetadas foi usado o ArcScene onde se fez a sobreposição do MDT com a carta militar 1/25000. Importaram-se os dois ficheiros para o ambiente de trabalho.

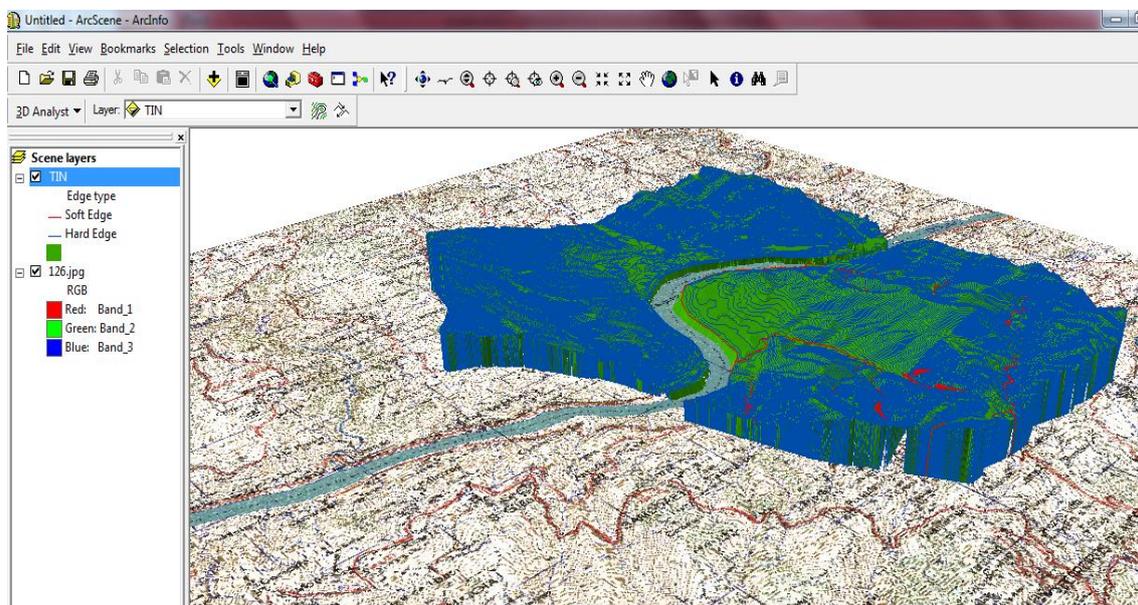


Figura 47: Sobreposição da carta com o MDT no arcscene

Importados os ficheiros clicou-se com o botão do lado direito do rato sobre a carta, seleccionou-se o comando *layer properties* e escolheu-se a segunda opção (*Obtain heights for layer from surface*) para a imagem ir buscar a informação da TIN. Clicou-se em aplicar e obteve-se a sobreposição.

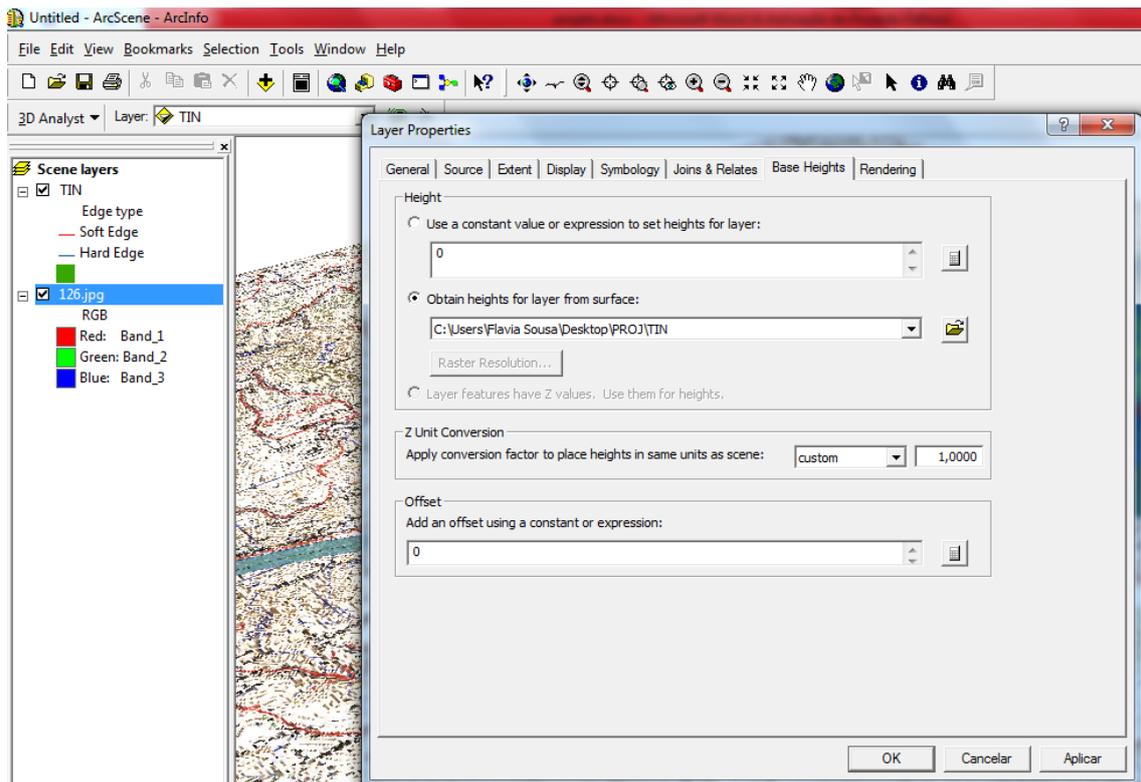


Figura 48: Parâmetros para a sobreposição

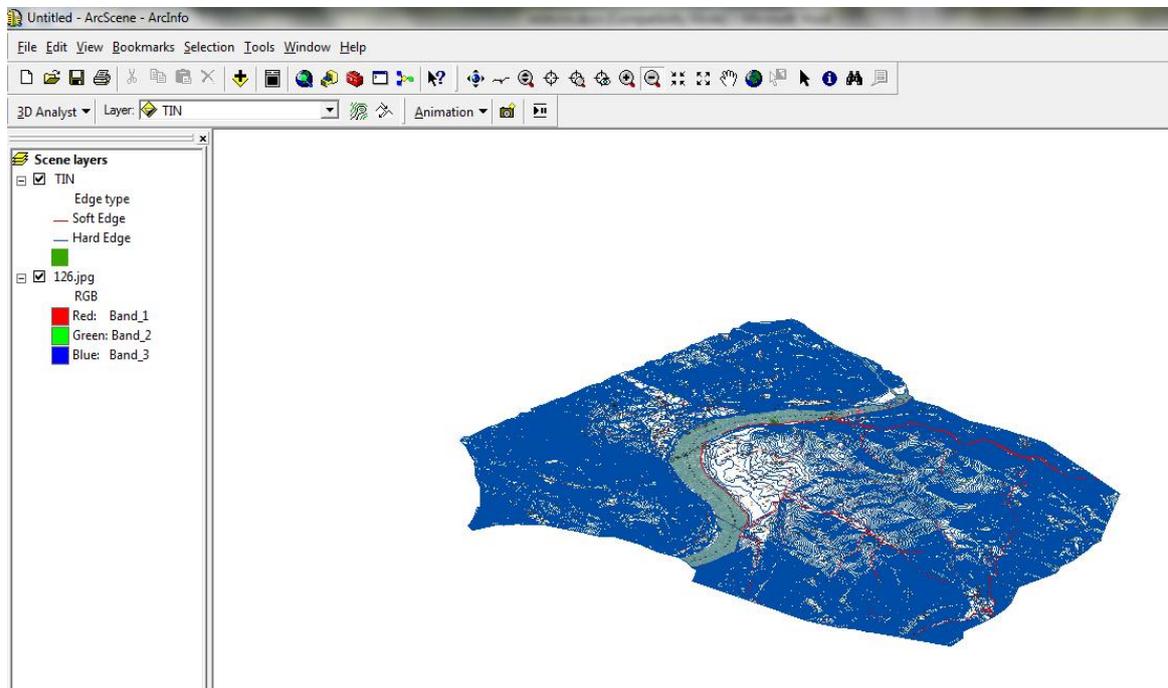


Figura 49: Sobreposição final

Feita a sobreposição criou-se um polígono para representar o nível das águas. Para a criação do polígono, foi necessário criar uma *shapefile* do tipo polígono e através do comando editor desenhou-se o polígono.

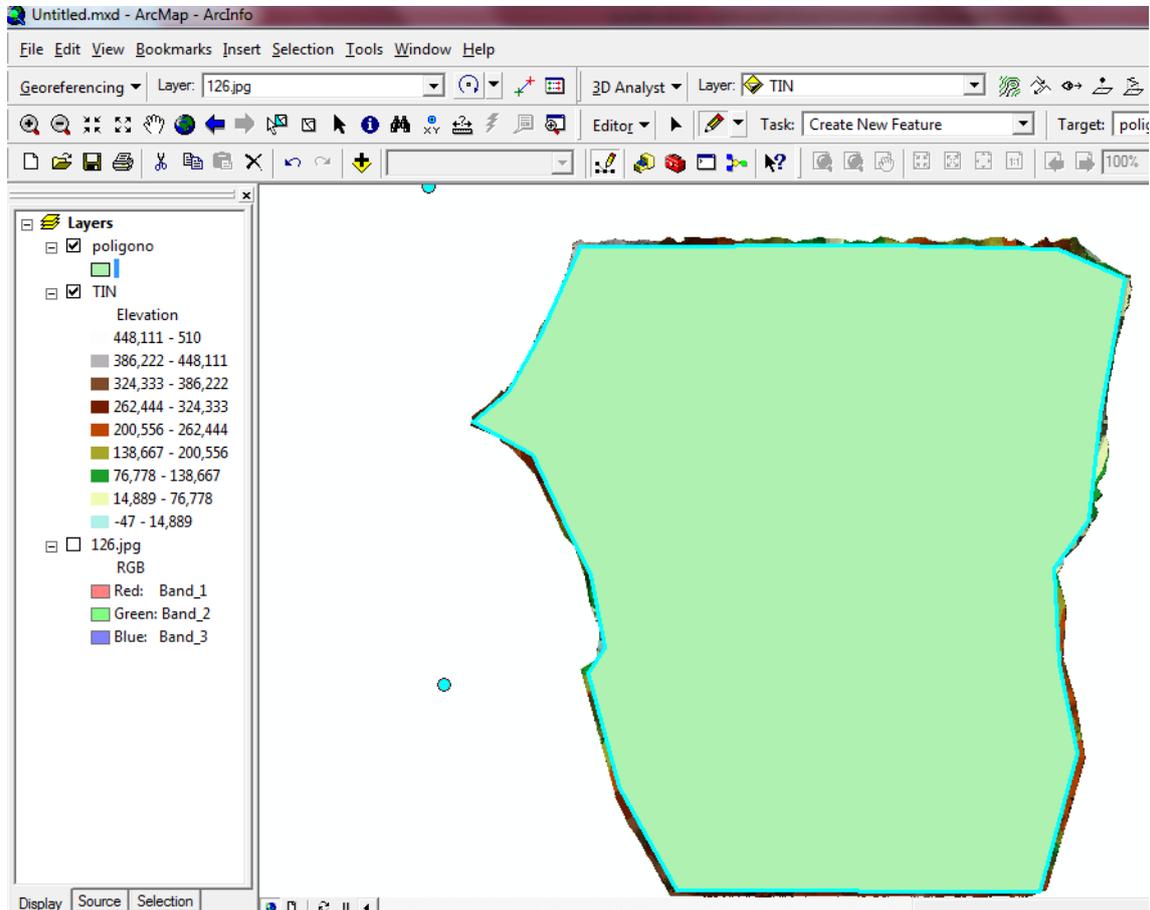


Figura 50: Polígono para a criação de planos de cheia

12. Análise dos resultados obtidos

Para uma melhor análise do nível das águas atingido atribuiu-se a cada uma das cotas o grau de risco baixo, médio e elevado. Para estes foram escolhidas cotas baseados em valores históricos (60, 65 e 70).

Grau de Risco	Valor de cota (m)
Baixo	60
Médio	65
Elevado	70

Tabela 5: Grau de Risco de inundação e valores das cotas

Risco Baixo- danos junto ao rio de baixa proporção, nomeadamente cafés e cais;

Risco Médio- danos nas margens do rio de média proporção, nomeadamente em comércio, habitações e zona turística;

Risco elevado- danos dentro da cidade de proporções elevadas, inundação de comércio, estabelecimentos destinados ao público, encerramento de estradas, difícil circulação de trânsito e economia da cidade afetada.

Começou-se por sobrepor o polígono com a TIN.

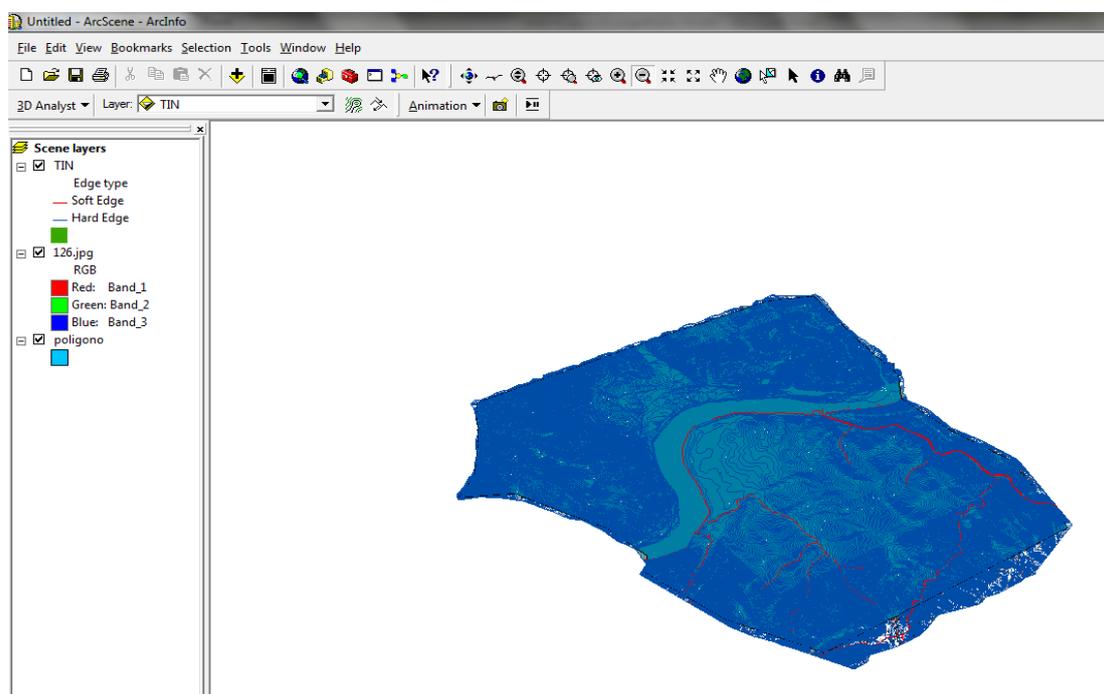


Figura 51: Sobreposição do polígono com a TIN

Sobre o polígono clicou-se com o botão do lado direito do rato e em layer properties escolheu-se a primeira opção onde se colocou o valor da cota, neste caso 60 obteve-se o seguinte resultado.

12.3. Cota 60

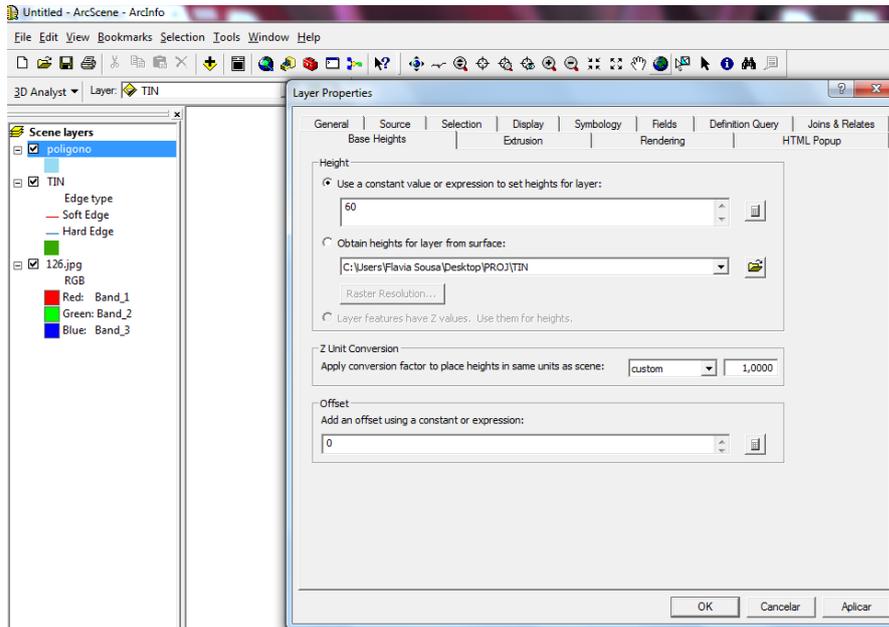


Figura 52: Atribuição de valor de cota

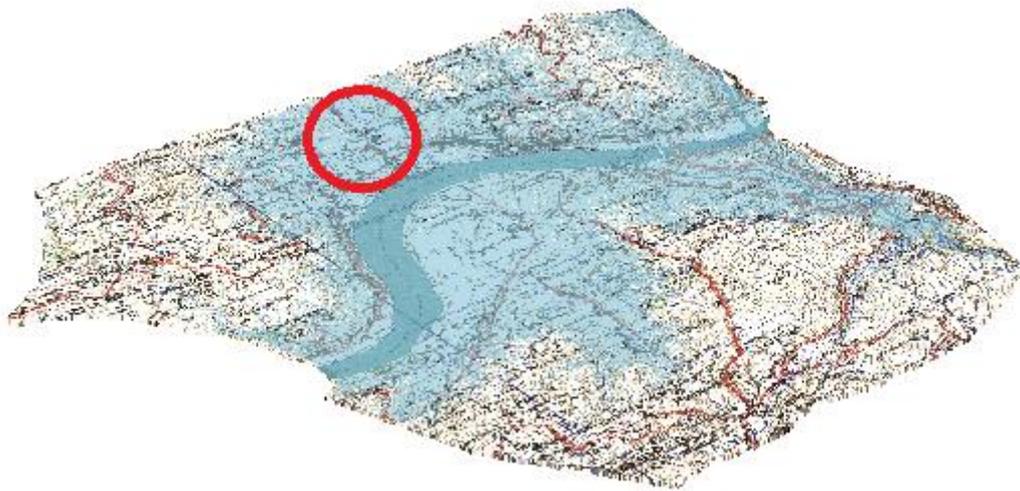


Figura 53: Cheia de cota 60

Com base no nível baixo das águas do Rio (figura 53) pode-se ver através da imagem que as águas quando atingem essa cota provocam estragos nas margens não havendo uma inundação dentro da cidade, com exceção da zona marcada na figura, pois essa zona como   bastante baixa em termos de altitude e existe um ribeiro que  

muito fértil em nível de acumulação de água, levando esta zona a ficar afectada quando existe um aumento de altura da água do rio.

Os principais danos são: cafés junto ao rio, algumas habitações, dificuldade de circulação e danos em terrenos agrícolas junto às margens.

12.4. Cota 65

Para a cota 65 repete-se o mesmo processo e obtém-se o seguinte:

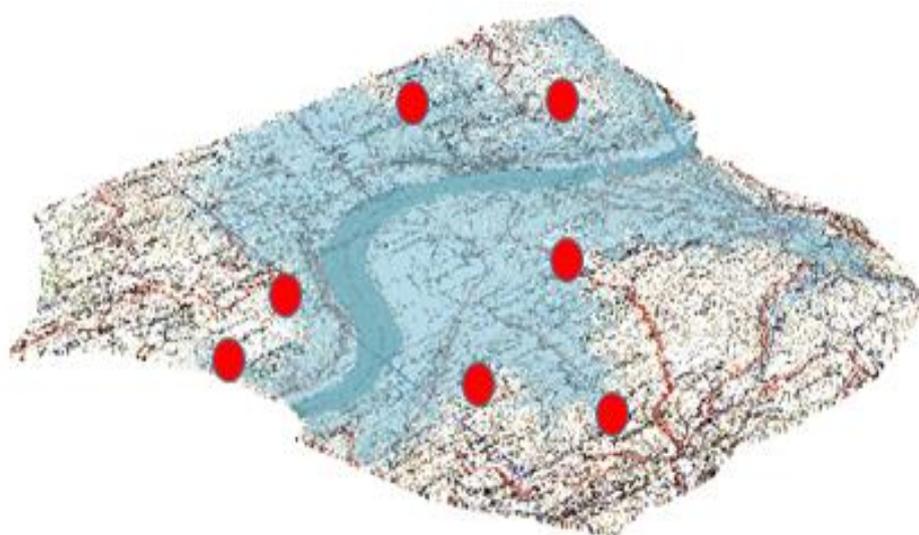


Figura 54: Cheia de cota 65

Com base no nível médio das águas do Rio é possível observar que neste risco de inundação à cota 65, já existe uma zona maior em que a inundação é mais grave e os danos provocados mais dispendiosos.

As margens do rio ficam completamente inundadas alargando-se um pouco para dentro da cidade.

Com este tipo de risco, além dos estragos descritos anteriormente também há que salientar que grande parte do comércio existente sobre inundações e infiltrações no interior dos estabelecimentos, este tipo de risco também afeta a circulação do trânsito, ou seja, a estrada principal da cidade situada junto ao rio fica intransitável, levando a engarrafamentos e acidentes devido à falta de vias alternativas.

12.5. Cota 70

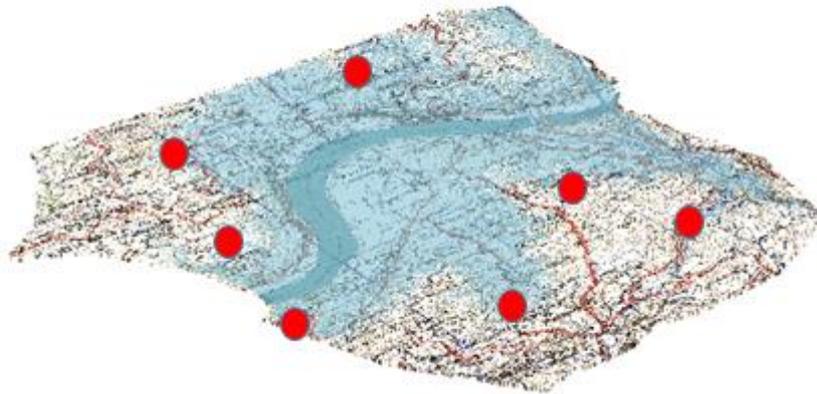


Figura 55: Cheia de cota 70

Com base no nível das águas do Rio pode-se observar que neste risco de inundação à cota 70, grande parte da cidade fica completamente inundada, os estragos provocados pelas água são bastante maiores que nos riscos anteriores, as margens ficam completamente submersas, os veículos junto as margens são arrastados, lojas e edifícios ficam completamente destruídos levando a prejuízos bastante dispendiosos, não existe qualquer tipo de circulação via automóvel como a pé.

Devido a isto, a cidade fica completamente obstruída o que leva a consequências económicas, pois a grande parte da economia desta cidade centra-se na entrada e saída de produtos, tanto agrícolas como industriais, outro grande sustento desta cidade é o turismo e devido a este tipo de inundação esta actividade económica não é praticada.

13. Criação do Vídeo

Para se perceber melhor quais as zonas mais afectadas pelas cheias, foi feito um vídeo no ArcScene. Para isso fez-se coincidir os planos de cheias a diferentes cotas com a TIN. Para a escolha das cotas, foi feita uma análise às cotas de cheia históricas e as cotas escolhidas foram 50, 60, 65 e 70.

Para a criação dos planos às diferentes cotas, escolheram-se sete pontos cotados e retiraram-se as suas coordenadas.

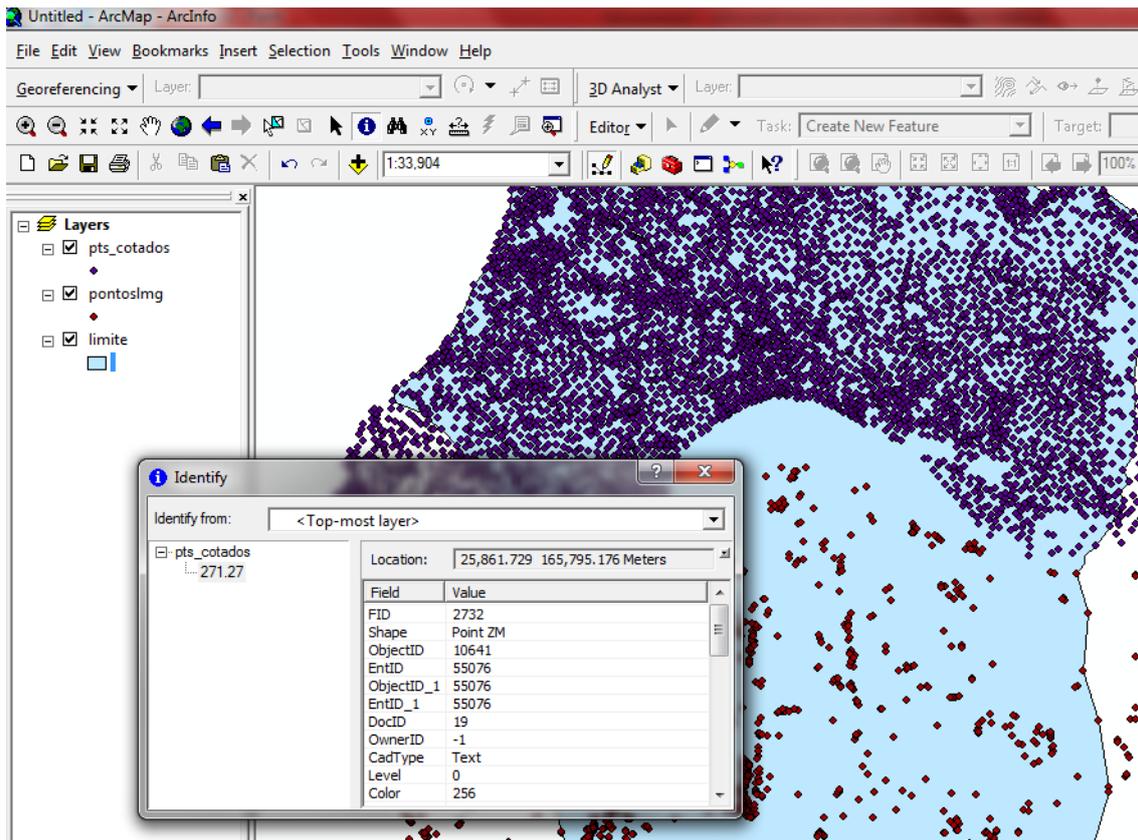


Figura 56: Coordenada do ponto

Escolhidos os pontos criou-se um ficheiro Excel com as coordenadas dos mesmos e a cota do plano. Os pontos escolhidos foram os mesmos para todos os planos, fazendo apenas variar a cota do plano. O ficheiro Excel foi gravado no formato CSV (separado por vírgulas) para depois poder ser importado para o arcmap.

	A	B	C	D	E
1	X	Y	Cota		
2	25864.575	165778.478	50		
3	26560.257	167381.367	50		
4	30677.942	167127.537	50		
5	30175.418	164767.162	50		
6	30108.565	162204.49	50		
7	27222.425	162006.718	50		
8	26539.278	164733.04	50		
9					
10					
11					
12					
13					
14					

Figura 57: Tabela Excel dos pontos

Para importar o ficheiro para o ambiente de trabalho, usou-se o comando *tools*, *add XY data* e seleccionou-se o sistema de coordenadas, neste caso, Datum 73 Hayford Gauss IPCC.

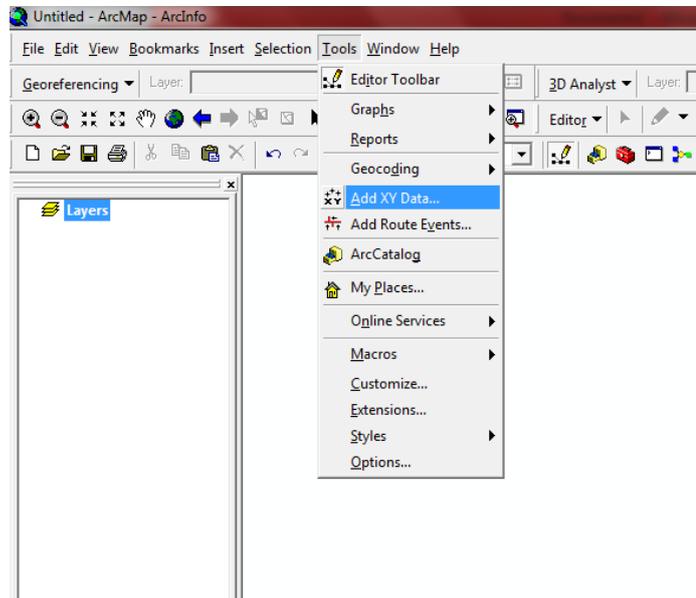


Figura 58: Comando add xy data

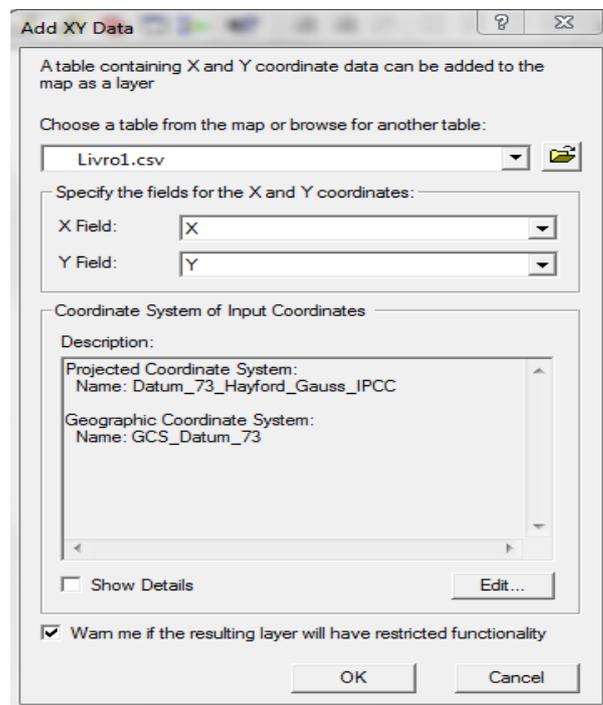


Figura 59: Parâmetros para o carregamento do ficheiro

Carregados os pontos, foram criadas *shapefiles* para os diferentes planos de cota e através do comando editor foram criados os planos. Com os planos e com os pontos criaram-se as TIN's a diferentes cotas (50, 60, 65 e 70).

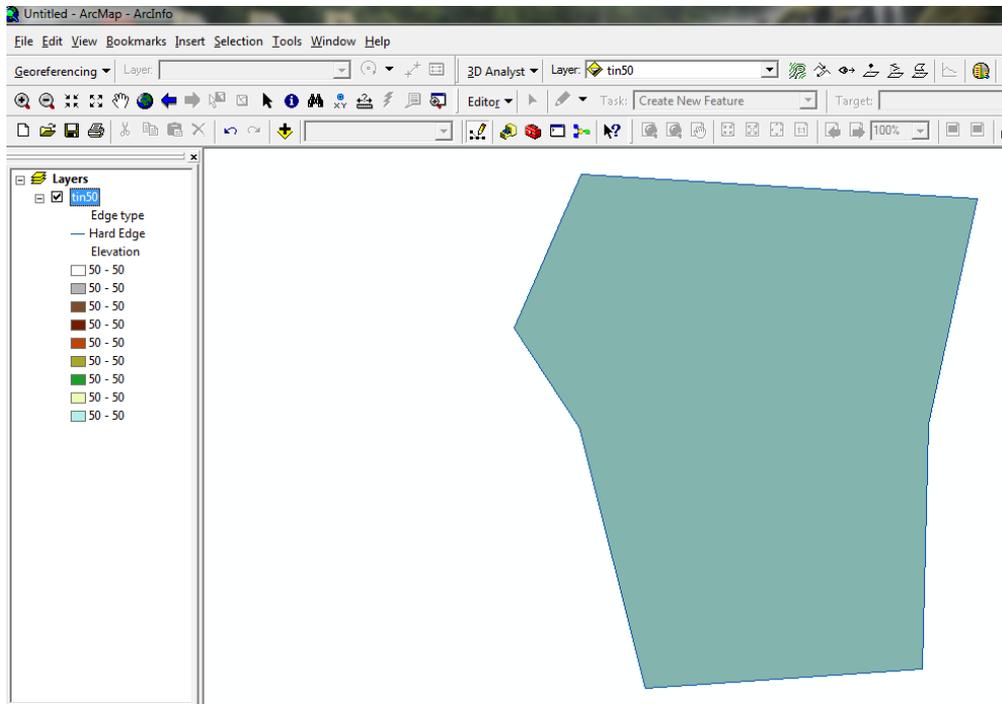


Figura 60: TIN cota 50

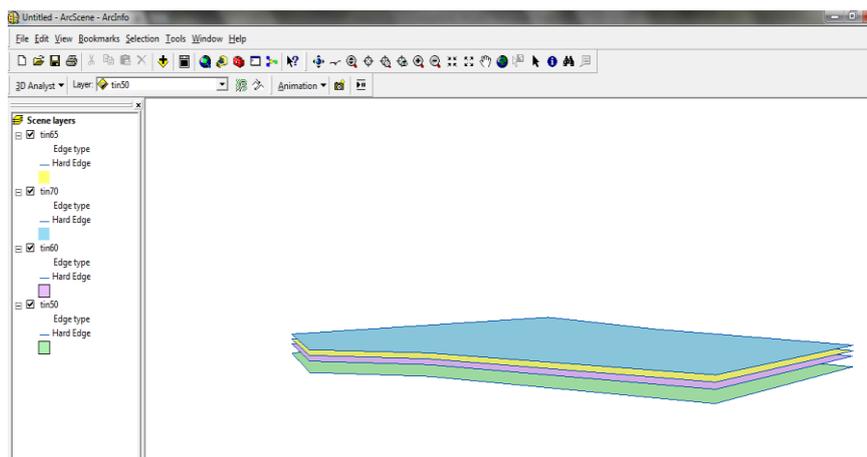


Figura 61: TIN's cotas 50, 60, 65 e 70

Fez-se então coincidir no ArcScene os planos de cheias a diferentes cotas com a TIN e criou-se o vídeo onde se podem ver as zonas mais afetadas.

14. Conclusões

A realização deste trabalho permitiu retirar um conjunto de conclusões relativas à aplicação de SIG nomeadamente na análise do risco de inundação, à utilidade do software, à vantagem e fiabilidade da metodologia SIG desenvolvida e aos graus de risco obtidos e analisados.

A seguir descrevem-se as conclusões obtidas:

- Devido à escassez de dados nomeadamente, hidrológicos e cartográficos, não foi possível o desenvolvimento de uma metodologia mais complexa, ou seja, se tivéssemos a informação pedida à CGI para trabalhar uma área maior da zona, poder-se-ia ter feito uma análise mais abrangente do fenómeno de cheias, nomeadamente um estudo da totalidade da cidade.
- Visto que a metodologia foi antecipadamente pensada para uma análise quantitativa do risco de inundação, não foi possível a sua execução devido à falta de dados do edificado e do valor económico de ortofotos.
- A aplicação de SIG mostrou ser uma ferramenta bastante útil, capaz de dar resposta ao estudo do risco de inundação e possivelmente a outros estudos de riscos naturais e antrópicos, assim como em variadíssimos temas, cujo objetivo comum seja a análise espacial conjunta de variados fatores intervenientes;
- O software ArcGis apresenta uma interface amigável e possui todas as ferramentas necessárias para o processamento da metodologia desenvolvida, apresentando, ainda, outras soluções e capacidades que não foram utilizadas neste estudo;
- A metodologia SIG aplicada demonstrou ser eficiente. Os resultados obtidos demonstraram-se bastante satisfatórios, perante o que se pretendia. Contudo, são influenciados pela precisão dos dados de entrada.
- Os resultados obtidos para o risco de inundação, vulnerabilidade socioeconómica e suscetibilidade ao risco de inundação, na generalidade, apresentam-se coerentes com os aspetos reconhecidos no terreno, o que demonstra a capacidade da metodologia utilizada. Devido à falta de dados

quantitativos desenvolveu-se uma cartografia de risco onde é possível perceber quais as áreas de risco de inundação progressiva é mais ou menos elevado. Estas ferramentas (mapas de perigosidade, vulnerabilidade e risco) poderão ser utilizadas como mais uma ferramenta de apoio à gestão e prevenção do risco de inundação da área em estudo;

- Apesar de alguns entraves à realização do trabalho foi bastante enriquecedor no que diz respeito ao manuseamento do software, permitiu adquirir novos conhecimentos e pô-los em prática, o que poderá ser uma mais valia para o futuro.

15. Bibliografia

- [http://www.infopedia.pt/\\$rio-douro;jsessionid=h1FECQ-mux2R8LaAM9ce9g__](http://www.infopedia.pt/$rio-douro;jsessionid=h1FECQ-mux2R8LaAM9ce9g__)
- http://pt.wikipedia.org/wiki/Rio_Douro
- Câmara Municipal do Peso da Régua
- Instituto Português e de Transportes Marítimos
- CGI;
- <http://pt.scribd.com/doc/49057558/Tutorial-ArcGIS-9-3-Nivel-Basico>
- <http://webhelp.esri.com/arcgisdesktop/9.3/index.cfm?TopicName=tutorials>
- <ftp://ftp.puce.edu.ec/Facultades/CienciasExactas/Geoinformatica/MANUALES%20PARA%20LA%20OPTATIVA/MANUALES%20ARCGIS%209.3/ArcGis%20Manual%209.3.pdf>
- http://www.jn.pt/multimedia/galeria.aspx?content_id=1458036
- http://www.freg-pesodaregua.pt/index.php?option=com_zoom&Itemid=27&catid=2
- <http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/009z00000052000000.0.htm>
- <http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/Basin/009z0000004z000000/>
- <http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/Fill/009z00000050000000/>
- [http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/Flow_Accumulation/009z00000051000000/;](http://help.arcgis.com/en/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/Flow_Accumulation/009z00000051000000/)
- http://pt.wikipedia.org/wiki/Perfil_topogr%C3%A1fico;
- [http://www.rc.unesp.br/igce/planejamento/download/isabel/cart_top_ecologia/Aula%2010%20-%20Bacia%20Hidrografica%20e%20Perfil%20Topografico/perfil_topografico.pdf;](http://www.rc.unesp.br/igce/planejamento/download/isabel/cart_top_ecologia/Aula%2010%20-%20Bacia%20Hidrografica%20e%20Perfil%20Topografico/perfil_topografico.pdf)
- [http://www.idcplp.net/archive/doc/georrefIntroducaoSIG_InesPinto.pdf;](http://www.idcplp.net/archive/doc/georrefIntroducaoSIG_InesPinto.pdf)
- <http://citrus.uspnet.usp.br/geousp/ojs-2.2.4/index.php/geousp/article/viewFile/497/342>
- http://www.apgeo.pt/files/docs/CD_X_Coloquio_Iberico_Geografia/pdfs/085.pdf
- Textos de apoio Fornecidos pelo IPTM e Camara Municipal Peso da Régua;
- Cosme, António - Projeto em Sistemas de Informação Geográfica. Lidel;
- Matos, João Luís – Fundamentos da Informação Geográfica. Lidel.

ANEXO

I

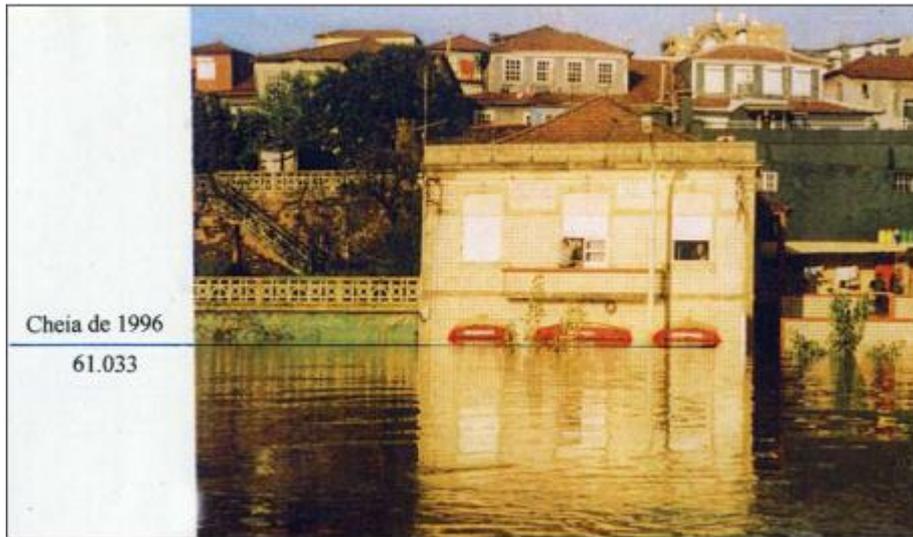
(Marcas de cheia da margem direita do Rio Douro)



ANEXO

II

(Fotografias de marcas de cheias existentes no Peso da Régua)



Cheia de 1996 (cota: 61.03 m) – Av. João Franco (Fonte: Câmara Municipal do Peso da Régua)



Cheia de 1996 (cota: 50.58 m) – Av.^a João Franco (Fonte: Câmara Municipal do Peso da Régua)



Cheia de 1996 (cota: 60.15 m) – Av.ª João Franco (Fonte: Câmara Municipal do Peso da Régua)



Cheia de 1996 (cota: 60.81 m) – Rua Dr. António Fonseca de Almeida (Fonte: Câmara Municipal do Peso da Régua)



Cheia de 1996 (cota: 60.73 m) Avenida de Ovar – Ed. Santa Rita I (Fonte: Câmara Municipal do Peso da Régua)



Cheia de 1989 (cota: 62.28 m) Avenida de Ovar – Ed. Santa Rita I (Fonte: Câmara Municipal do Peso da Régua)



Cheia de 1996 (cota: 60.64 m) – Rotunda de Tondela (Fonte: Câmara Municipal do Peso da Régua)



Cheia de 1962 (cota: 67.97 m) e cheia de 1909 (cota: 69.51 m) – Rua da Ferreirinha (Fonte: IHRH)



Cheia de 2001 (cotas: 57.79, 58.44, 58.64 e 59.95m) – Avenida João Franco (Fonte: IHRH)



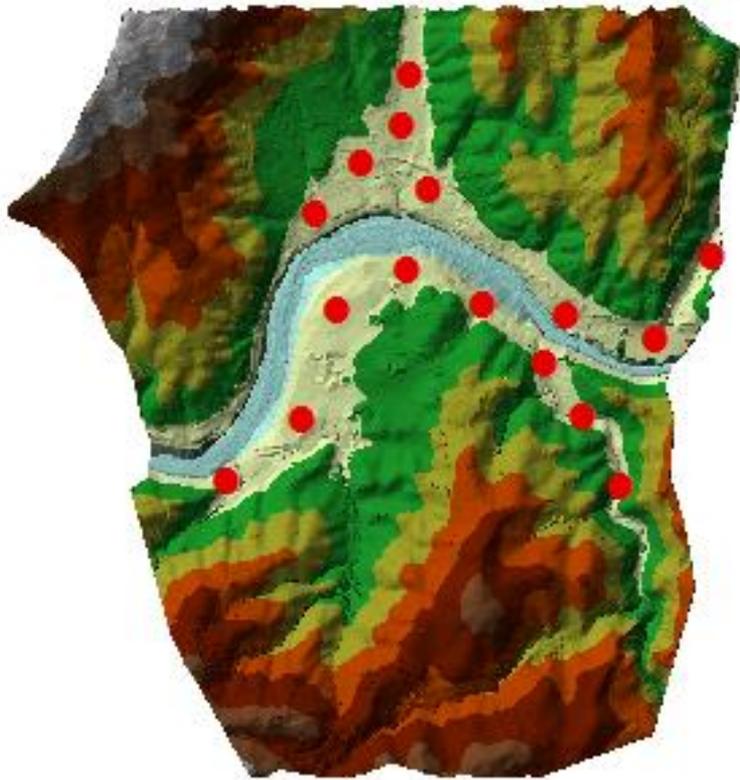
Cheia de 1962 (cota: 67.81 m) – Gaveto das Ruas da Ferreirinha e Custódio José Vieira (Fonte: IH)

ANEXO

III

(Layout Zonas mais Afectadas)

Zonas mais Afectadas



Legend

● zonas+afet

