

CARTOGRAFIA AUTOMÁTICA DE RISCOS HIDROLÓGICOS

APLICADA AO CONCELHO DE BRAGA¹

Ribeiro, Vítor²

Universidade do Minho,

Departamento de Geografia

Campus de Azurém, 4810 Guimarães.

Tf: 253510560

PALAVRAS CHAVE: Riscos Naturais, Planeamento, SIG, Modelação, Geostatística,

RESUMO

O município de Braga continua a assumir-se como um pólo receptor de população despoletando o crescimento urbanístico, levantando problemas ao nível do planeamento municipal. Por conseguinte procuramos com este estudo demonstrar algumas das potencialidades do Sistemas de Informação Geográfica (SIG) no apoio aos gabinetes de planeamento municipal. As técnicas de interpolação determinísticas e geostatísticas foram fundamentais para cartografar dados populacionais e ambientais.

Com o objectivo de produzir cartografia automática fundamental para a análise e melhor compreensão de diversas áreas da Geografia (Demografia, Geomorfologia, Hidrologia, Cilimatologia etc.) fundamentais para implementar políticas de desenvolvimento sustentável e que visem a melhoria da qualidade de vida urbana. Ao desenvolvermos uma metodologia para a elaboração da carta de susceptibilidade e de riscos hidrológicos uma mais correcta delimitação destas áreas.

METODOLOGIA

Para realizarmos este estudo recorreremos à análise de diversas variáveis físicas e humanas do Concelho. Toda a informação recolhida foi estruturada de forma a poder ser integrada num SIG de projecto. Para a produção da cartografia recorreremos fundamentalmente ao software ARC MAP da Esri disponível neste departamento bem como do Idrisi

¹ Estudo Realizado no âmbito do Seminário de Investigação orientado pela Dr. Virgínia Teles.

² Licenciado em Geografia e planeamento, U. Minho, email: geo33615@portugalmail.pt.

Kilimanjaro, Autocad Map, Geomedia e Geomantica V9. Utilizamos ainda um GPS da Garmin modelo GPS MAP 76S e ao software FUGAWI.

1 - INTRODUÇÃO

É numa mística de crescimento e aumento da procura do espaço urbano que assistimos ao avolumar de problemas perfeitamente diagnosticados, tais como os incómodos movimentos pendulares, congestionamento de trânsito, transportes públicos ineficientes, aumento da poluição atmosférica, sonora e visual, aumento da criminalidade e acentuar de desigualdades sociais. Contudo é indubitável que as cidades continuam a ser um foco de oportunidades e um plano de atracção. Mas é em virtude do conhecimento dos erros que os centros urbanos de grande dimensão têm cometido que se colocam novos desafios na área do planeamento de futuros grandes núcleos urbanos como é o caso de Braga.

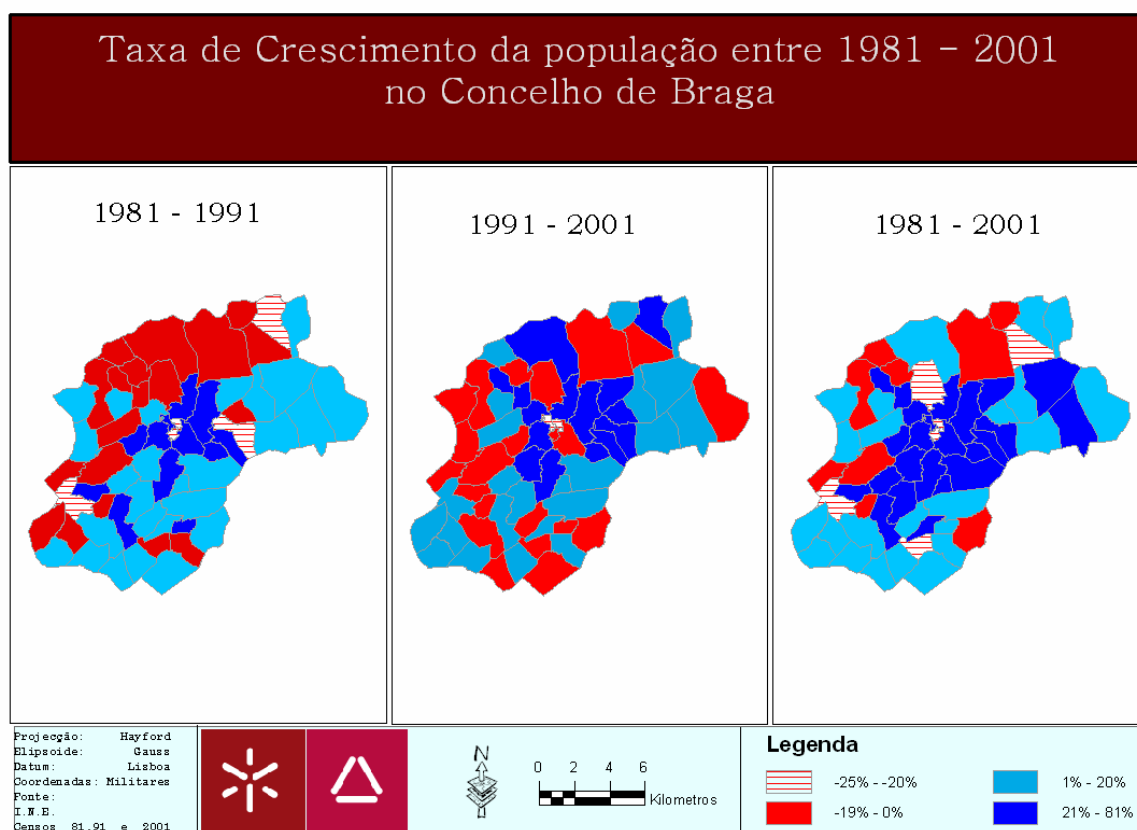
É fundamental que este processo de Planeamento não se deixe vincar por uma cultura urbanística assente numa postura de intervenção nem se ofusque pela cultura ambientalista. Qualquer uma das posições extremadas e isoladas só poderá ter como consequência os já velhos resultados de cidade problema. Certamente que uma política de intervenção ordenada assente em regras previamente definidas respeitando sempre as dinâmicas naturais evitarão muitas situações de insegurança e de descrédito pelo ambiente urbano. Só com a integração destas duas culturas podemos consolidar qualquer política de Desenvolvimento que se pretende sustentado e obter a qualidade de vida desejável num centro urbano.

É nesta linha de pensamento que nos surgiu a ideia de elaborar este estudo assente na definição de áreas de Planeamento e na cartografia dos Riscos Hidrológicos, tendo como base principal de estudo as precipitações intensas registadas no Inverno de 2000/01. Contudo, o objectivo primordial passa pela criação de um SIG de projecto como ferramenta de apoio à elaboração de cartografia automática. Assim, considerámos pertinente integrar um conjunto de variáveis físicas e antrópicas que pela sua especificidade influenciam a definição das áreas de risco de inundação.

2 - DEMOGRAFIA

Os recenseamentos gerais da população de 2001 indicam que no Concelho de Braga residiam 164.192 habitantes, cuja taxa de crescimento (T_c) no período inter-censitário 91-01 foi de 1,5% ano. A manter-se esta taxa de crescimento populacional é de esperar que nos próximos 11 anos a população residente em Braga atinja os 200 mil habitantes e que duplique em 2047.

No mapa seguinte representamos a Tc da população entre 1981 e 2001 no Concelho de Braga onde podemos aferir que no período 81 – 91 as Tc positivas estavam distribuídas pelas freguesias situadas a Sul do Concelho enquanto que as negativas eram características das freguesias a Norte invertendo-se esta tendência na década seguinte.

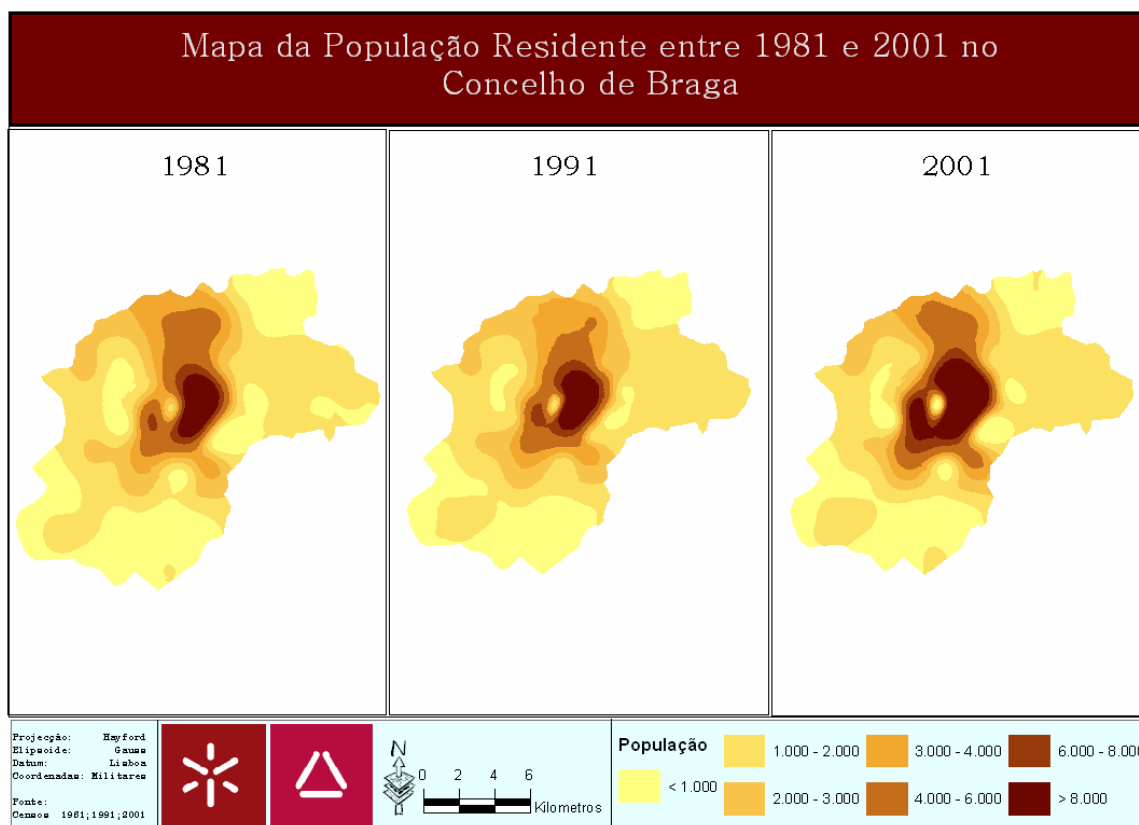


2.1 – MODELAÇÃO AVANÇADA DE SUPERFÍCIES POPULACIONAIS

A representação tradicional dos dados populacionais tem sido feita com recurso aos dados obtidos do Instituto Nacional de Estatística (INE) cuja distribuição espacial está associada ao objecto polígono representando a entidade espacial freguesia, ou ao objecto ponto que tradicionalmente está associado ao centróide desta unidade geográfica. Portanto ao referirmos que a freguesia de Palmeira em 2001 tinha 4.594 habitantes quando representamos graficamente esta informação assumimos que eles estão distribuídos uniformemente por toda a freguesia. Sabemos que na prática não é isto que acontece, uma vez que a população não se distribui uniformemente nem está toda concentrada no ponto representado pelo centróide.

Recorremos à interpolação dos dados populacionais através do método determinístico Radial Basis Function com a função Kernel para modelar a distribuição da população residente para o Concelho de Braga no período 1981 – 2001 representada no mapa seguinte. A primeira nota a salientar é a retracção populacional da parte sul do concelho face à maior

procura pela parte Norte e Noroeste, bem como a expansão populacional para o sector Nordeste. Outra constatação pertinente é o fecho e expansão do núcleo central da cidade em torno da Sé e da Cividade da mesma forma que se acentua a procura das freguesias situadas a Norte nomeadamente a freguesia de Palmeira. É também visível a procura crescente das freguesias situadas a Oeste do núcleo central em direcção ao Cávado.

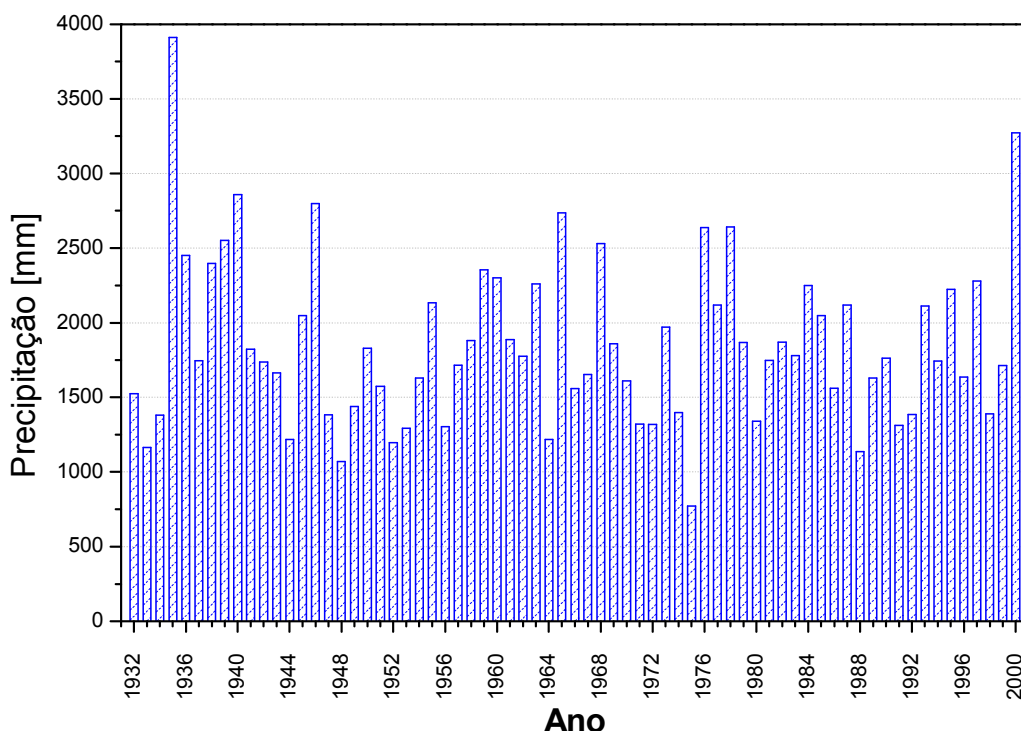


3 – CARACTERIZAÇÃO CLIMÁTICA

Com o gráfico nº 3.1 procura-se elucidar o enquadramento da magnitude da precipitação anual em 2000/01 ao longo da série temporal da estação do Sameiro para a qual disponhamos dos dados completos. No ano hidrológico 1935/36 registaram-se os valores de precipitação mais elevados, cerca de 4000 mm tendo-se registado em 2000/01 os segundos valores máximos dos últimos 70 anos.

Através do quadro 3.1 podemos verificar que os meses de Novembro, Dezembro, Janeiro e Março duplicaram os valores normais de precipitação, ficando apenas os meses de Outubro e Fevereiro abaixo da situação normal. Comparando os valores da série entre 1932 e 2001 verificamos que a precipitação ocorrida nos meses de Novembro e Janeiro de 2000/01 foram superados pelos do ano hidrológico de 1935/36 enquanto que a ocorrida no mês de Dezembro foi ultrapassado pelos valores ocorridos no ano 1978/79.

Gráfico 3.1 – Precipitação anual registada na estação climatológica do Sameiro entre 1932 – 2002.



Fonte: INAG – SNIRH.

Contudo as precipitações registadas no mês de Março atingiram um valor histórico registando o valor máximo de 877 mm no posto udométrico do Sameiro bastante acima do valor máximo registado nesta série que tinha sido de 658 mm no ano hidrológico de 1946/47. Com excepção da estação de Gondizalves todas as outras registaram mais de 125 dias com precipitação no período em causa.

Quadro 3.1 – Síntese da precipitação registada entre os meses de Outubro e Março de 2000/2001 e valores máximos ocorridos entre 1932 -1999, no concelho de Braga.

	Mensal				Dias com Prec.				Maximo				Dias				Valores normais (32 - 99)		
	ESC	SAM	GON	VIL	ESC	SAM	GON	VIL	ESC	SAM	GON	VIL	ESC	SAM	GON	VIL	Mensal	Max/mensal	Ano
Outubro	153,1	165	158,7	142	14	14	15	15	44,7	44,5	43,2	32,3	31	10	31	11	171,8	489,6	1960/1961
Novembro	464,7	437,3	458,1	456,2	25	25	25	26	102,3	80	106,5	102	2	2	2	2	215,5	603	1935/1936
Dezembro	619,4	681,6	659,9	656,3	28	29	28	27	67,3	76	110,3	65,7	7	7	7	7	257,6	1100,8	1978/1979
Janeiro	601,2	585	597,2	475,1	24	23	23	27	79,8	72	76	59,6	5	26	5	5	266,2	863,2	1935/1936
Fevereiro	174,6	158,2	183,9	172,4	9	8	9	9	54,4	45	49,1	43,9	6	6	6	6	216,6	698,6	1946/1947
Março	785,6	877,7	s/d	844,2	29	28	s/d	28	108,5	98,5	s/d	112,3	4	21	s/d	21	186,2	658	1946/1947
Total Mensal	2799	2905	2058	2746	129	127	100	132	109	99	110	112							
Nov-Jan/Mar	2471	2582	1715	2432															

Os dados referentes à série do Sameiro permitiram-nos uma análise probabilística através de métodos estatísticos cujo principal objectivo é o cálculo dos intervalos de

recorrência de um determinado acontecimento designado por I_r , que corresponde ao intervalo de tempo médio dentro do qual esse acontecimento pode ser igualado ou excedido uma vez. Para tal utilizamos o método Gumbel – Chow, apresentado por Ven Te Chow baseando-se em valores estatísticos propostos por Gumbel sendo os valores dos acontecimentos provenientes das Precipitações máximas anuais diárias do SNIRH-INAG.

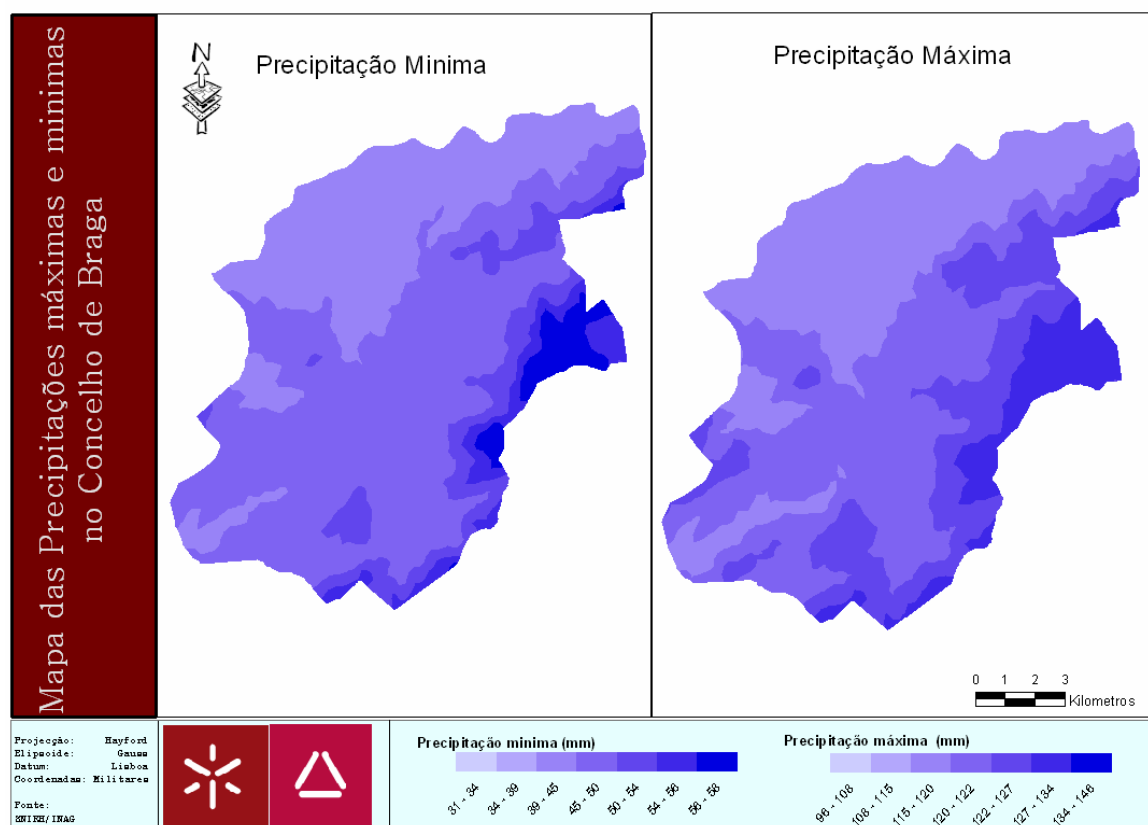
Quadro 3.2 – Precipitação acumulada absoluta mensal (mm) para diferentes períodos de retorno, com dados relativos à estação do Sameiro no período de 1932 e 2002.

Períodos de retorno (anos)	2	5	10	25	100	500
Outubro	153,8	270,3	347,5	445,0	589,1	755,0
Novembro	193,5	326,4	414,3	525,5	689,8	878,9
Dezembro	230,0	412,0	532,6	685,0	910,0	1169,2
Janeiro	239,5	421,1	541,3	693,2	917,8	1176,3
Fevereiro	185,5	355,9	468,7	611,2	821,8	1064,4
Março	170,2	324,0	425,8	554,5	744,6	963,6
Outubro – Março	1244,4	1748,2	2081,7	2503,2	3126,1	3843,2

Verificamos que na estação do Sameiro o período de retorno da precipitação registada no mês de Dezembro é de 25 anos. Contudo, o volume de precipitação que ocorreu no mês de Janeiro tem um período de retorno na ordem dos 13 anos, verificando-se que a ocorrida em Fevereiro corresponde à esperada anualmente. No que concerne ao mês de Março constatamos que aquele volume de precipitação mensal tem um período de retorno na ordem dos 270 anos. É por estas razões que catalogamos o mês de Março como sendo um mês verdadeiramente excepcional do ponto de vista udométrico.

3.1 - MAPAS PLUVIOMÉTRICOS

O mapa pluviométrico seguinte foi elaborado com recurso à Geoestatística segundo o método de interpolação de dados ambientais coKrigagem a partir dos quais é possível medir e correlacionar duas ou mais variáveis. Assim sendo e dada a forte correlação obtida entre os dados da precipitação e a altitude optamos por integrar uma *grid* altimétrica para interpolar os valores da precipitação. Nele estão representados os valores mínimos e máximos da precipitação no Concelho de Braga, ambos desenvolvidos segundo o modelo matricial. Constata-se que os maiores valores de precipitação ocorrem na parte drenante para a bacia hidrográfica do Ave, a sul do interflúvio Covelo – Gualtar.



4 – CARACTERIZAÇÃO GEOMORFOLÓGICA

O Concelho de Braga é caracterizado por uma morfologia tipicamente alveolar onde podemos encontrar vales extensos e largos bem como sistemas orográficos com vertentes ora abruptas ora suaves, barrancos, rechãs, bolas graníticas, tor, em consequência de uma base geológica marcadamente granítica e fortemente controlada pela tectónica. Encontram-se ainda áreas deprimidas do tipo *Graben* e relevos do tipo *Horst*.

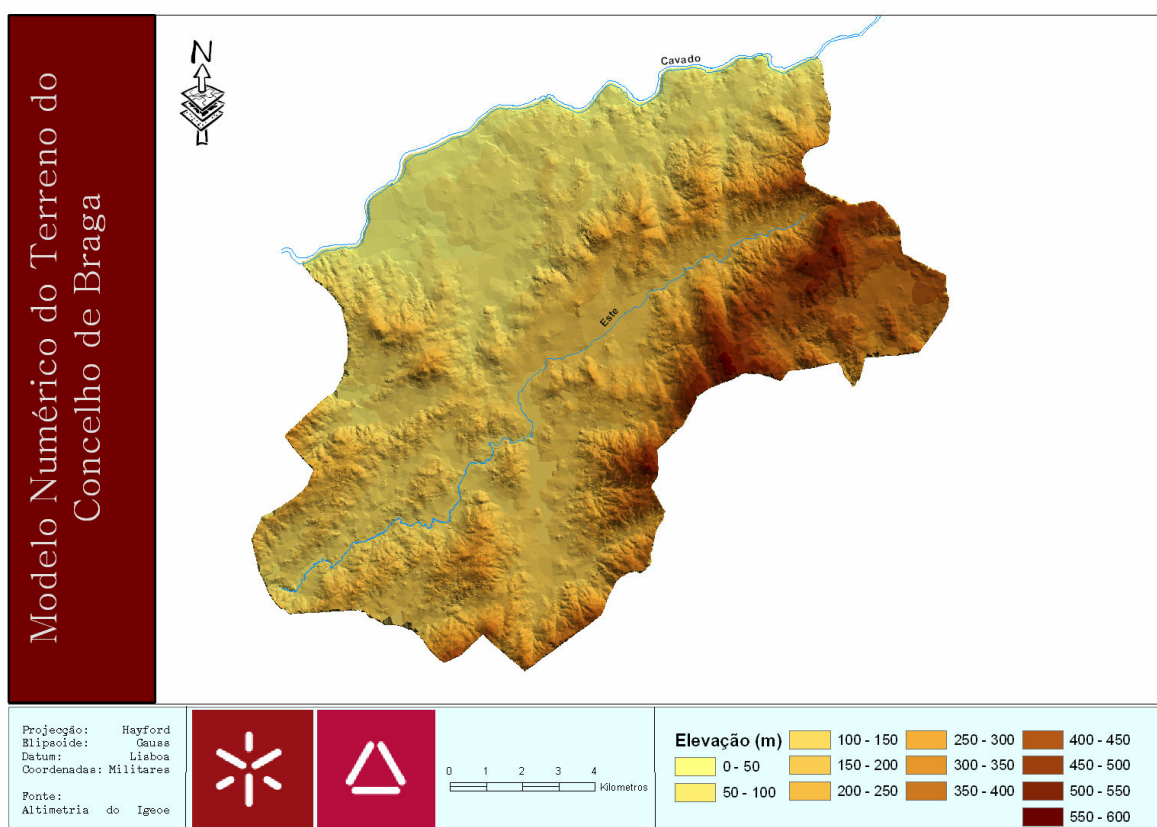
Para avaliarmos as características geomorfológicas de Braga foi construído um TIN (Triangulated Irregular Network) com base nas curvas de nível e pontos cotados vectorizadas a partir das cartas militares à escala 1:25000 com equidistância de 10 metros. Esta superfície será a base para a cartografia dos declives e do mapa hipsométrico.

4.1 – MODELO NUMÉRICO DO TERRENO

O Modelo Numérico do Terreno apresentado no mapa seguinte, corresponde a uma das potencialidades dos sistemas de Informação Geográfica e através dele podemos por um lado obter uma visão tridimensional do terreno e por outro efectuar um diversificado número de simulações e operações espaciais.

A primeira percepção que temos ao visualizar o mapa numérico do terreno é a da existência de um vale amplo a norte por onde fluí o rio cávado e a parte mais elevada onde

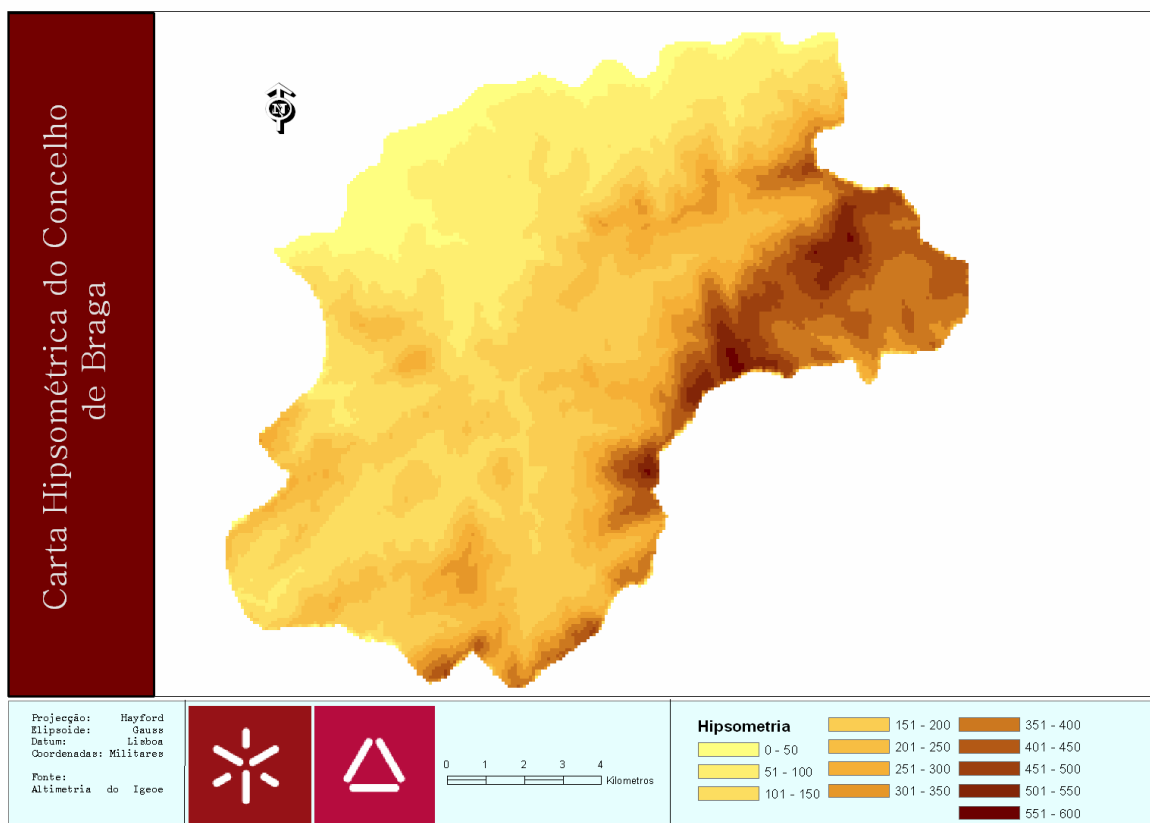
estão localizados os santuários do Bom Jesus e Sameiro bem como do Miradouro de Santa Marta das Cortiças a Este. As bacias do Cávado e da Ave são divididas pelo interflúvio Covelos – Gualtar observando-se mais um vale a sul deste aproveitado pelo rio Este. É perceptível nas áreas mais elevadas diversas fragilidades tectónicas variscas NNE-SSW, NW-SE e alpina ENE-WSW perfeitamente patente nalguns troços do Rio Este. É possível ainda perceber diversos alvéolos característicos na morfologia da região de Braga.



4.2 – HIPSOMETRIA

A carta Hipsométrica seguinte foi obtida a partir da conversão do Modelo Numérico do Terreno (MNT), gerado por uma rede irregular de triângulos, numa grelha com 852 linhas por 964 colunas tendo-se optado por células com 20 metros de lado.

As variações altimétricas em Braga oscilam entre os 0 e os 570 metros sendo a classe mais representativa a dos 100 – 150 metros. O sector N – NW do Concelho é o mais representativo das baixas altitudes onde estamos perante um vale amplo por onde flui o rio cávado. Por seu turno as maiores altitudes encontram-se na área mais a E na transição para os concelhos da Póvoa de Lanhoso e a S para Guimarães. Os alinhamentos NNE – SSW e ENE-WSW estão bem marcados na orientação dos rios cávado e este e afluentes bem como nas principais elevações fruto da actuação tectónica *Tardi Hercínica* e dos movimentos *Alpinos*.



4.3 – CARTOGRAFIA DE DECLIVES

Quase todos os softwares de S.I.G. possuem ferramentas de visualização e análise tridimensional. A elaboração dos Modelos Numéricos do Terreno (MNT) tem uma grande relevância pelo facto de nos permitir simular cenários (implantação de uma mini hídrica, de uma urbanização, auto estrada, centro comercial etc.), prevendo os seus impactos.

Porém esta simplicidade de manuseamento contrapõe-se com a qualidade dos resultados obtidos, pois embora o resultado seja sempre um mapa de declives importa saber se essa derivação representa fielmente a realidade. Esta é uma das problemáticas associadas aos S.I.G. uma vez que a qualidade dos dados é fundamental por isso é necessário termos presente que o facto de possuímos dados com qualidade não implica necessariamente resultados com qualidade. Daí a necessidade de dominar a conceitualização dos Softwares, das metodologias e do modelo que estamos a desenvolver. Um erro muito comum e que pudemos testar neste modelo prende-se com a elaboração de cartas temáticas a partir de informação base da área de estudo confinada aos seus limites. Sabemos que os maiores erros quando geramos uma TIN ocorrem nos limites da carta, logo se a informação que estamos a utilizar se cinge à área de estudo naturalmente que os maiores erros estarão no seu limite como podemos constatar através da figura n.º 4.1.

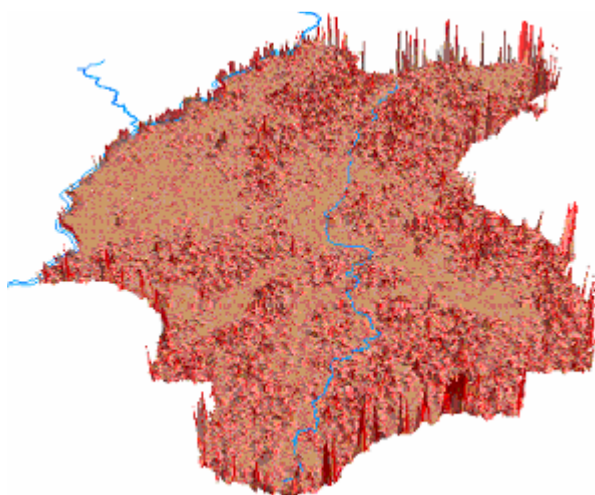
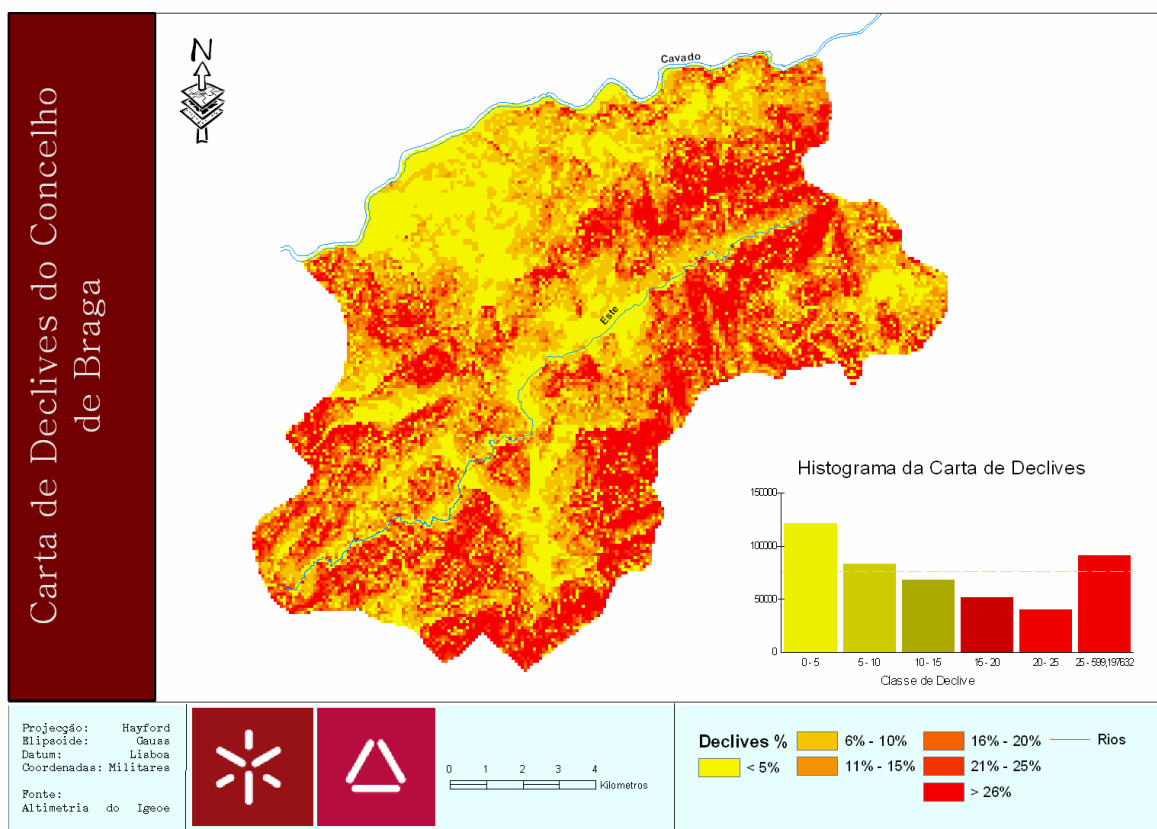


Figura 4.1 – Representação tridimensional dos erros relativos à carta de declives elaboradas com informação de base oriunda de dimensões de área diferente.

Dado que o Limite N – NW é definido pelo rio cavado ao estudarmos as áreas sujeitas ao risco de cheias estaríamos a utilizar informação onde os erros são maiores. Pelo facto construímos o MNT dos Concelhos contíguos ao de estudo e só depois é que restringimos a informação obtida ao limite do Concelho de Braga. Desta forma transferimos os maiores erros para os limites do Concelhos vizinhos retendo a maior qualidade da derivação no centro da carta que corresponde ao concelho de Braga.



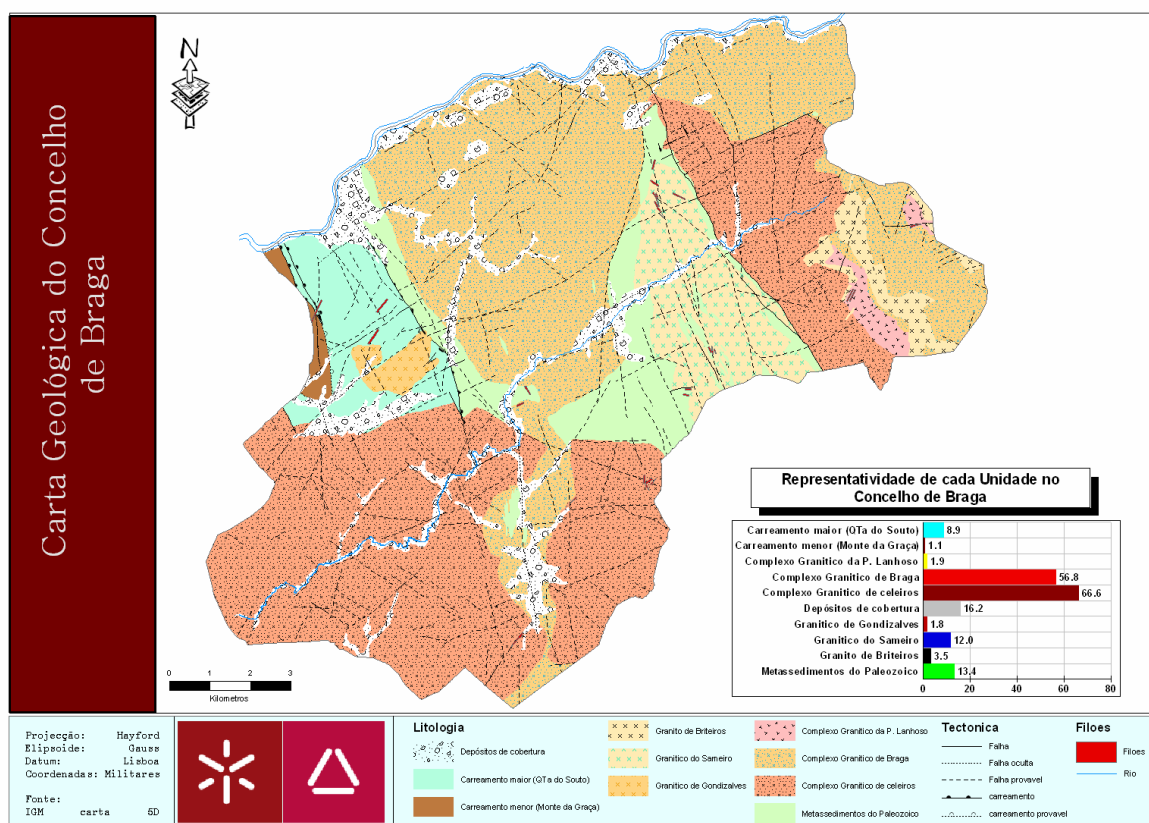
Ao nível do Planeamento Municipal a análise das classes de declives é fundamental para a avaliação fisiográfica proposta nos PDM's para a classificação dos solos na RAN e na

integração de áreas de REN. O processo para a elaboração desta carta passou por numa primeira fase construir o MNT dos Concelhos contíguos ao de Braga a partir do qual se gerou uma Grid com 851 linhas e 964 colunas com pixeis de 20 metros.

Optamos por expressar os declives em percentagens tendo sido definidas 6 classes com variação de 5%. Calculamos ainda um histograma para quantificarmos a distribuição dos declives no Concelho de Braga.

4.4 – GEOLOGIA

O Concelho de Braga encontra-se integrado na Zona Centro Ibérica, e compreende fundamentalmente formações Graníticas de idade Hercínica, Metassedimentos do Paleozóico e Depósitos de cobertura (Ferreira, Narciso).

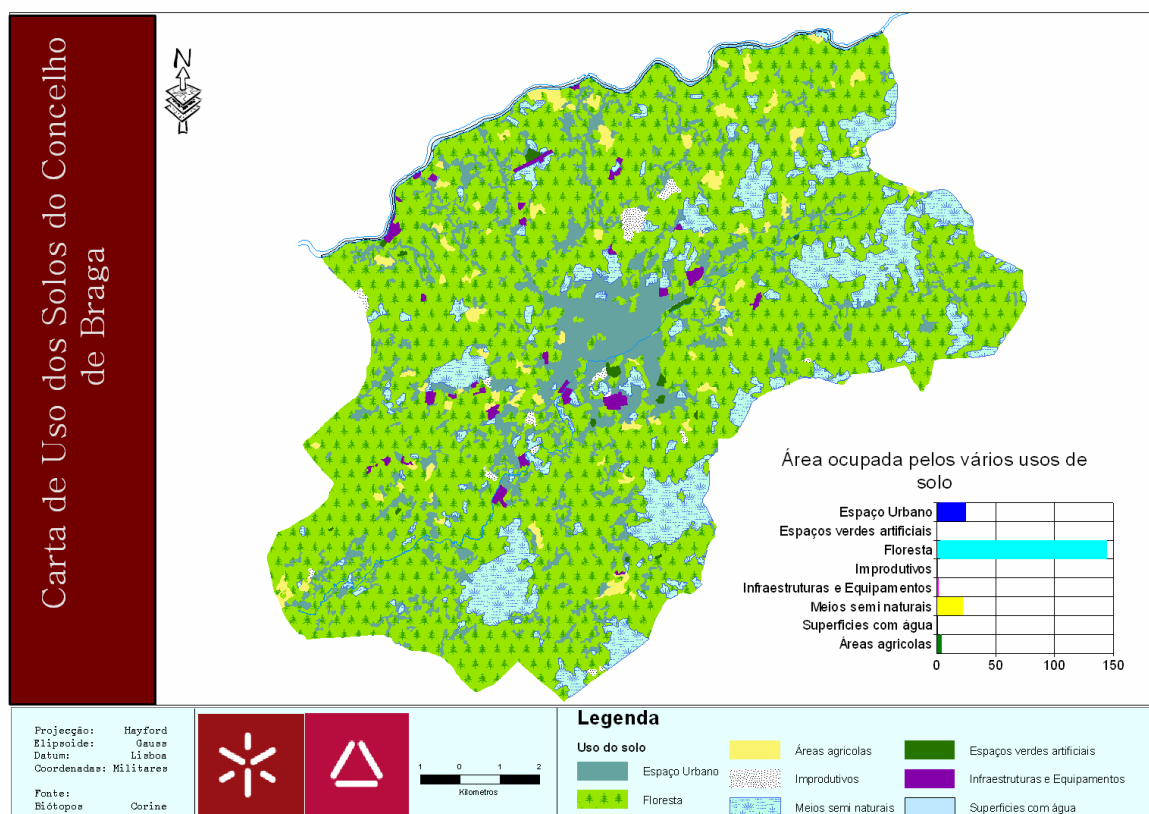


Os complexos graníticos de Celeirós e Braga são as unidades mais representativas no Concelho ocupando 66,8 km² e 56,8 km² respectivamente seguindo-se os depósitos de cobertura ocupando 16,2 km² os quais ocorrem em depressões tectónicas e em terraços fluviais (Ferreira, Narciso). No que concerne aos metassedimentos do paleozóico e apesar de no contexto da carta 5 – D esta ser uma formação com pouca expressão a sua representatividade ocorre maioritariamente no Concelho de Braga ocupando cerca de 13,4 km². Com alguma expressividade surge-nos o granito do Sameiro que ocupa 12 km² seguido

do Carreamento maior da quinta do Souto com cerca de 9 km². As restantes unidades no seu todo representam cerca de 8 km² e correspondem ao Granito de Briteiros, Gondizalves, ao Complexo Granítico da Póvoa de Lanhoso e ao Carreamento menor do Monte da Graça.

4.5 – OCUPAÇÃO DO SOLO

A cartografia da ocupação do solo foi obtida a partir do programa europeu CORINE (Coordination Information Environment) desenvolvido a partir a partir de 1985, onde é apresentada uma cartografia biofísica de Portugal Continental (Ferreira, Narciso) Esta cartografia apesar de muito completa tende a desactualizar-se facilmente em áreas onde a dinâmica populacional é elevada como acontece no Concelho de Braga. Refira-se ainda que neste tipo de cartografia a Teledeteccção assume-se como uma fonte promissora de informação, onde as imagens de satélite cada vez mais surgem com preços competitivos e com maior precisão. Têm a vantagem de poder ser actualizadas diariamente caso se justifique.



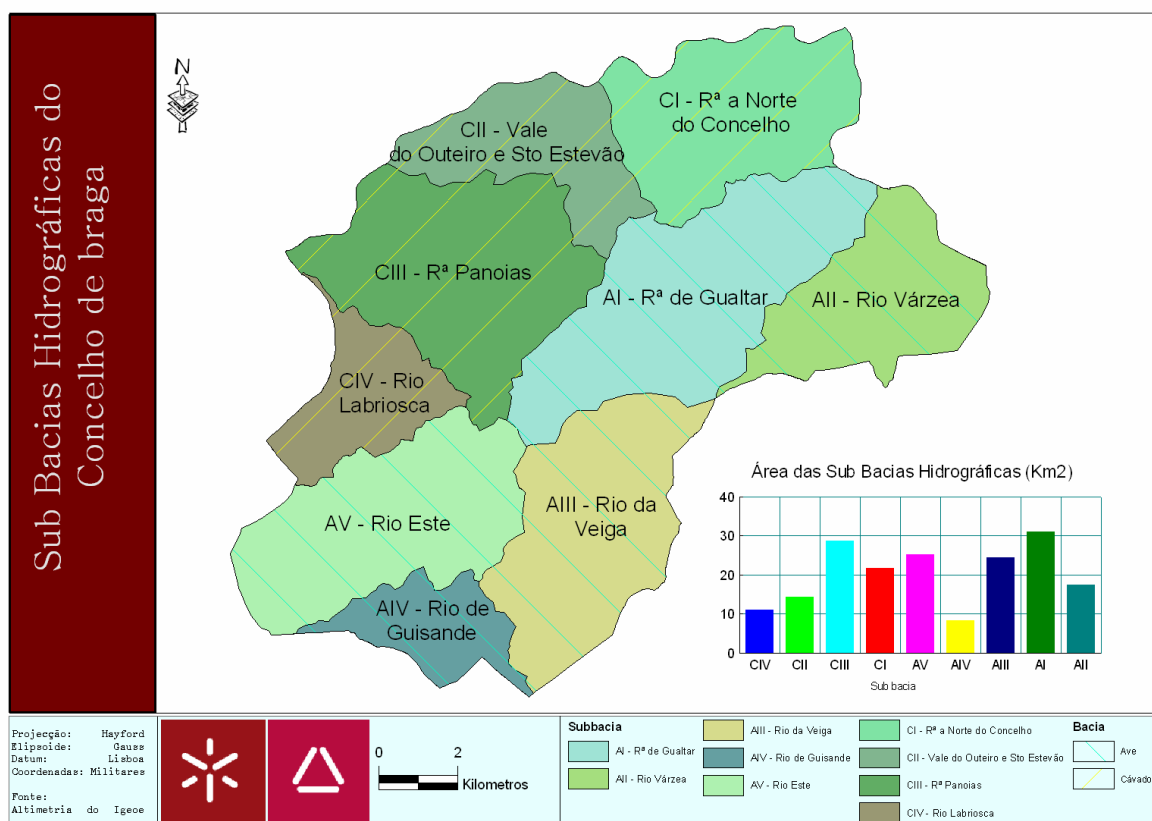
5 - HIDROGRAFIA

O Concelho de Braga é constituído por dois cursos de água principais o rio cávado e o rio este que é o principal afluente do rio ave nascendo nos limites do Concelho é responsável por drenar a maior área e prima por atravessar o núcleo urbano de Braga. Tem sido utilizado

como reservatório de descargas múltiplas que lhe conferem muitas vezes cores e cheiros desagradáveis que motivam o desagrado da população, ambientalistas e planeadores.

5.1 – AS BACIAS HIDROGRÁFICAS

Por questões metodológicas optamos por subdividir as áreas drenantes para o cávado e ave em 9 domínios ou sub bacias que assentam em critérios topográficos, geológicos, importância hierárquica dos cursos de água e parâmetros quantitativos como sejam o factor de forma (K_f) e coeficiente de compacidade (K_c) encontrando-se delimitados no mapa seguinte. Apesar de nem todos os cursos de água serem perenes foram no entanto elementos importantes na nossa análise pelo facto de serem fundamentais em alturas de grande precipitação como é o caso do período que nos encontramos a analisar.

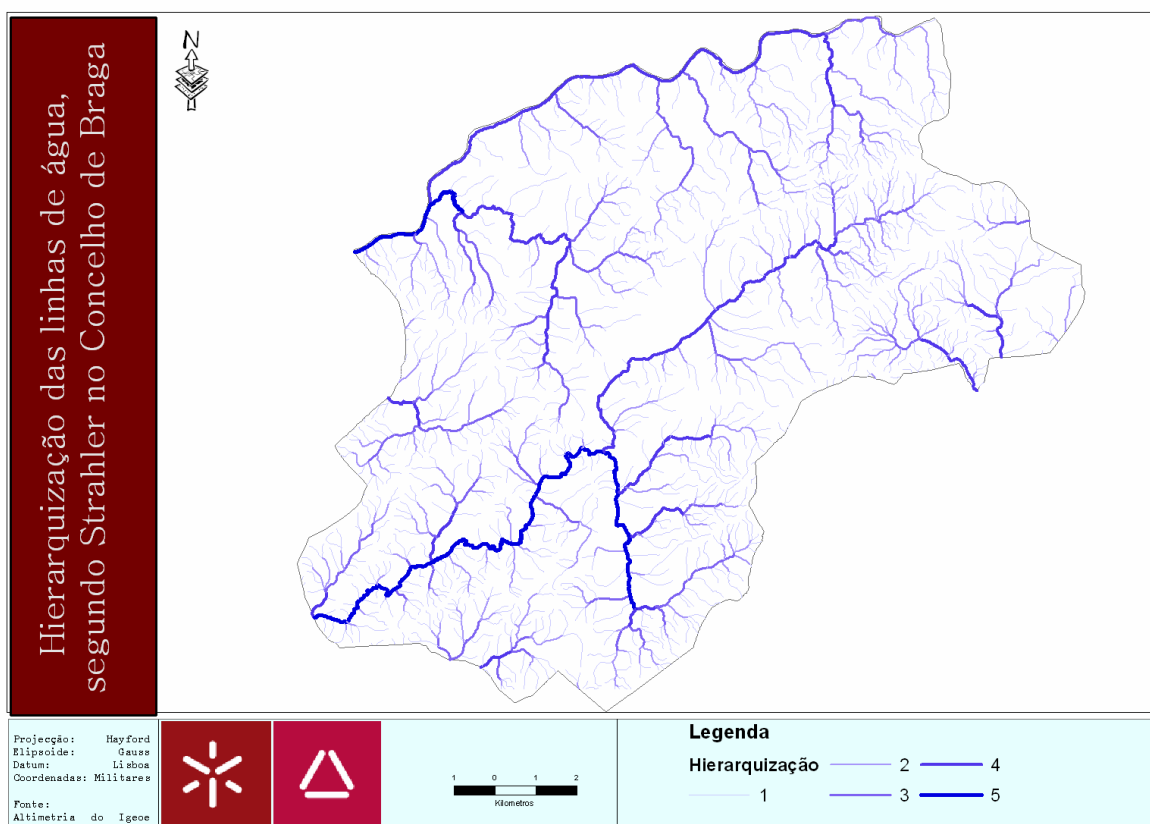


Na área drenante para o Rio Cávado foram individualizadas 4 sub bacias onde destacamos a Rª de panoias de 5ª ordem (strahler) que drena uma área de 29 Km². Em termos geomorfológicas é fortemente marcada por uma plataforma fluvial talhada no granito de Braga onde encontramos depósitos fluviais actuais. O padrão de drenagem é dendrítico e apresenta densidades de drenagem elevadas sugerindo a existência de terrenos pouco permeáveis. Apresenta um coeficiente de compacidade baixo e a sub bacia tem uma forma

arredondada que em caso de cheia ela será de crescimento rápido e pronunciado. Encontra-se a jusante da estação elevatória do cávado. Em termos de duração será curta e intensíssima.

No que concerne à parte drenante para a bacia da ave verificamos que comparativamente com a do cávado apresenta maior tendência para a ocorrência de grandes cheias devido a (K_f) mais elevados e (K_c) mais baixos. Esta tendência agrava-se pelo facto de haver maior impermeabilização dos solos, maior intervenção ao nível da regularização do canal do rio este e pelo facto de este atravessar a cidade de Braga. As sub bacias cujas características fazem antever maior disponibilidade para a ocorrência de cheias são as do rio da veiga e do este. A do rio este é indubitavelmente a mais preocupante porque corresponde ao troço final do rio este no Concelho de Braga, cujo canal é de ordem 5 e inicia-se com a confluência do rio da veiga. Estamos numa plataforma que assenta no granito de Celeirós e dispõe de uma considerável mancha de depósitos fluviais actuais. Tem nas proximidades do leito o parque industrial de Celeirós e áreas residenciais construído sobre eles. Ocupa uma área com cerca de 25 km² e toda a drenagem apresenta um padrão de distribuição dendrítico e confluyente para o rio principal.

5.2 – HIERARQUIZAÇÃO DOS CURSO DE ÁGUA

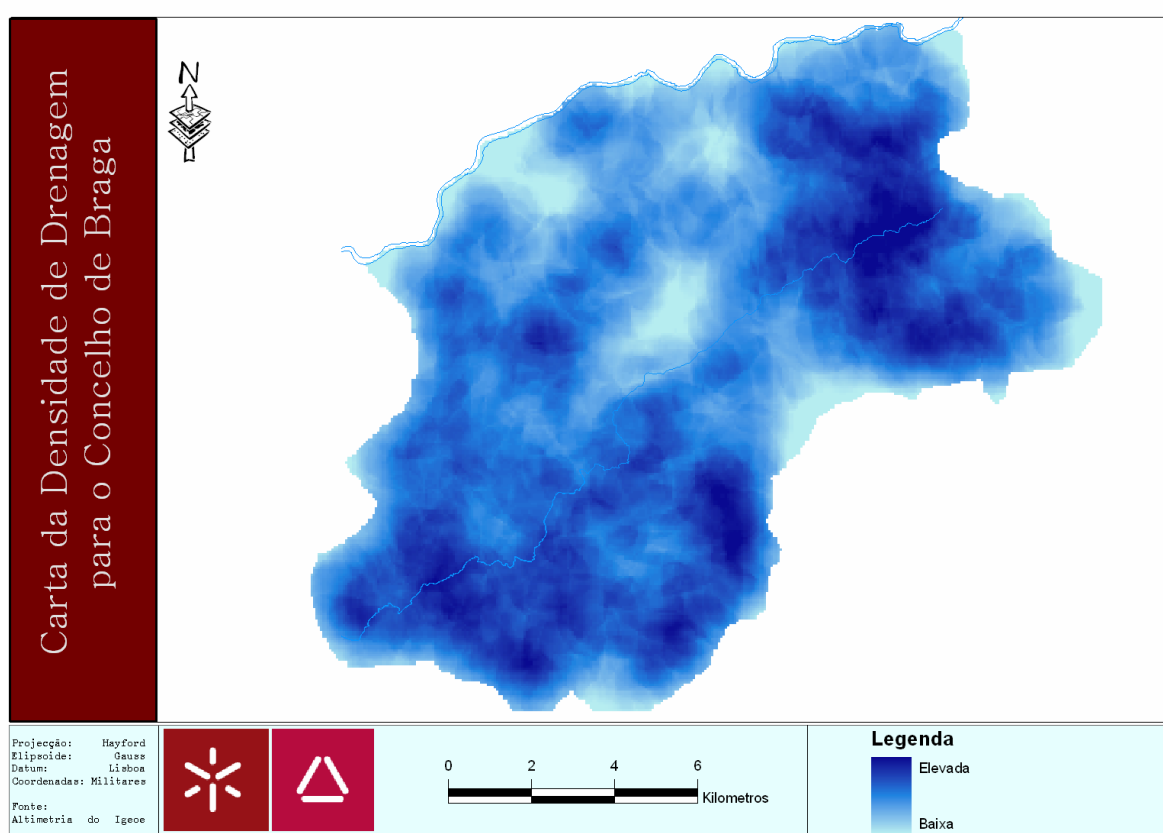


Os dois rios que drenam o Concelho de Braga são de ordem 5 e a rede de drenagem

apresenta um padrão de distribuição dendrítico. Esta característica permite identificar uma rede bem regular que permite uma drenagem eficaz para os principais cursos de água.

5.3 – DENSIDADE DE DRENAGEM

Para o cálculo das densidades de drenagem utilizamos uma *grid* com 65 metros de lado a partir dos dados raster referentes ao comprimento das linhas de água. Foi utilizado o cálculo simples para determinação das densidades sendo definida uma área de procura de 1000 metros a partir da qual o algoritmo soma todos os comprimentos dos segmentos e divide-os pelo tamanho da área de procura. Assim obteve-se a carta da densidade de drenagem para o Concelho de Braga expressa em km^{-1} no mapa seguinte.



A análise desta carta evidencia a existência de vários valores elevados o que reflecte as características litológicas da região. Os valores mais elevados da densidade de drenagem aparecem associados ao Granito de Celeirós denunciando a sua fraca permeabilidade e apetência para a escorrência superficial. Por oposição os valores mais baixos encontram-se associados a depósitos aluvionares ou arenosos. Estes reflectem a sua elevada permeabilidade configurando desde logo a existência de importantes depósitos de água subterrânea (Ferreira, Narciso), onde a área mais notória é a da veiga de Ruivães nas imediações das freguesias Merelim e em Mire de Tibães estando estas baixas densidades de drenagem também

associadas ao Granito de Braga e aos Metassedimentos. Ainda com baixas densidades de drenagem aparecem-nos as áreas fortemente impermeabilizadas onde a acção Antrópica rompeu com o escoamento natural das águas face ao crescimento da cidade.

A delimitação das cabeceiras por este método pode ser utilizado para efeitos da Reserva Ecológica Nacional (REN) desde que refaçam os parâmetros utilizados e as variáveis intervenientes.

6 – CARTOGRAFIA AUTOMÁTICA DOS RISCOS HIDROLÓGICOS

Adoptamos o modelo conceptual raster pelas potencialidades na integração de dados contínuos e pela capacidade em utilizarmos a álgebra de mapas. Para tal utilizaremos a cartografia temática anteriormente desenvolvida, convertendo-se para o formato raster toda a base vectorial necessária.

Consideramos que as variáveis essenciais para esta delimitação são os declives, a litologia, os solos, a posição ocupada na hierarquia segundo Strahler dos cursos de água e as características das subbacias hidrográficas.

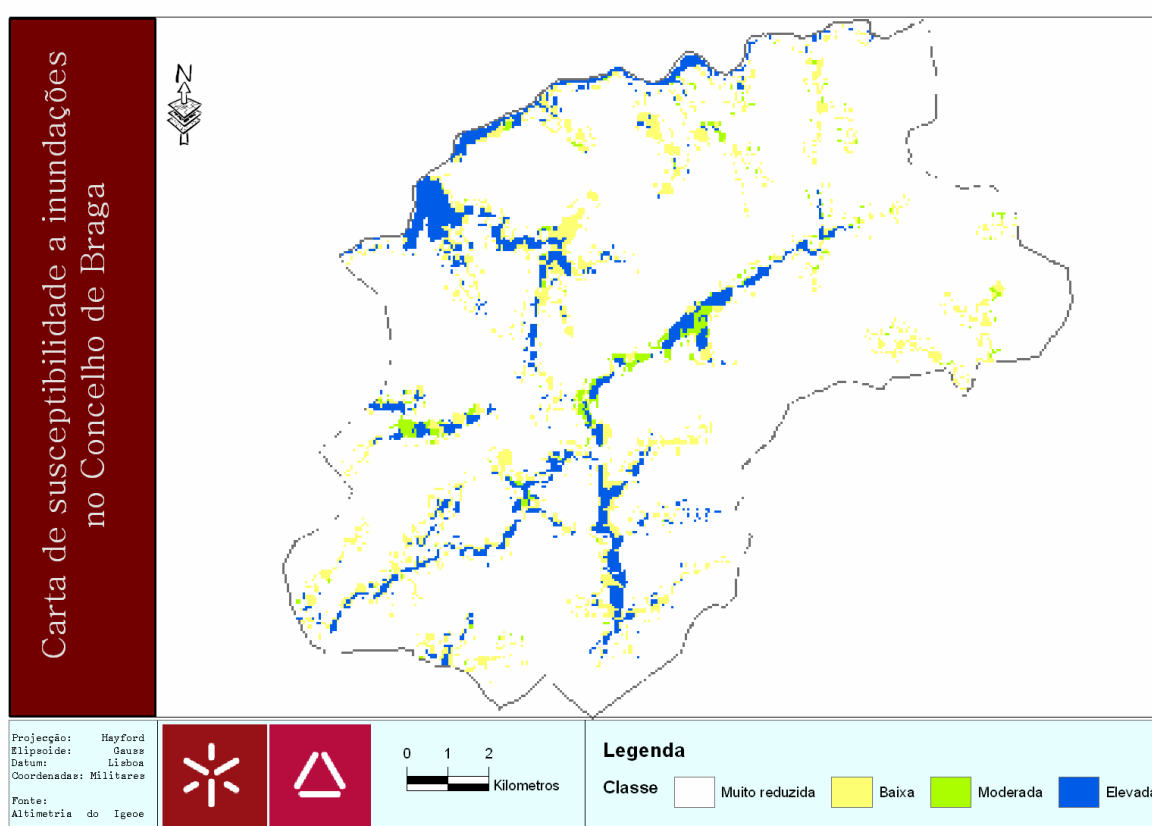
Quadro nº 6.1 – Factores intervenientes na elaboração da carta de susceptibilidade à ocorrência de Inundações.

Elemento		Reclassi- ficação	Peso relativo	Índice final	Factor
Declive (D)	0 - 1	3	1	3	Multiplicação
	1 -3	2	1	2	
	3 - 5	1	1	1	
	> 5	0	1	0	
Litologia (L)	Depósitos	3	1	3	Multiplicação
	Outras	1	1	1	
Solo (S)	Meios naturais e seminaturais	3	11	3	Adição
	Espaço Urbano	3	1	3	
	Espaços verdes artificiais	1	1	1	
	Florestais	1	1	1	
	Agrícolas	3	1	3	
	Infraestruturas e Equipamentos	3	1	3	
Sub bacia (SB)	K _c baixo e K _f elevado	3	0,5	1,5	Adição
	K _c médio e K _f médio	2	0,5	1	
	K _c alto e K _f baixo	1	0,5	0,5	
Hierarquização da rede hidrográfica		Ordem superior a 3			Incluída através do operador <i>distance</i>

6.1 – CARTA DE SUSCEPTIBILIDADE HIDROLÓGICA

A carta de susceptibilidade está representada cartograficamente no mapa seguinte, onde foram definidas 4 classes, após aplicação da álgebra de mapas e utilizando os diversos mapas reclassificados nos índices finais segundo a fórmula: $(S+SB) \cdot L \cdot D$.

As classes foram definidas sendo os resultados finais obtidos sendo a primeira classe definida pelos pixels de valor igual ou inferior a 4, a classe de baixa susceptibilidade é definida pela agregação das células de valor entre 4 e 8. A classe com moderada susceptibilidade integra as células com valores compreendidos entre os 8 e os 12, a partir do qual foram agrupadas as células contidas na classe de elevada susceptibilidade.



6.2 – CARTOGRAFIA DE RISCO DE INUNDAÇÃO

A cartografia dos riscos hidrológicos procura traduzir as consequências da ocorrência de uma inundação induzidas pelos danos e prejuízos causados à população local. A quantificação dos danos implicaria um estudo paralelo onde se faria o cálculo dos mesmos, pelo que neste trabalho ficaremos pela classificação do risco segundo um determinado gradiente qualitativo, determinado pelo n.º de edifícios envolvidos (industriais, residenciais e sociais). Consideramos que para este estudo e pelo facto de estarmos a desenvolvê-lo a uma

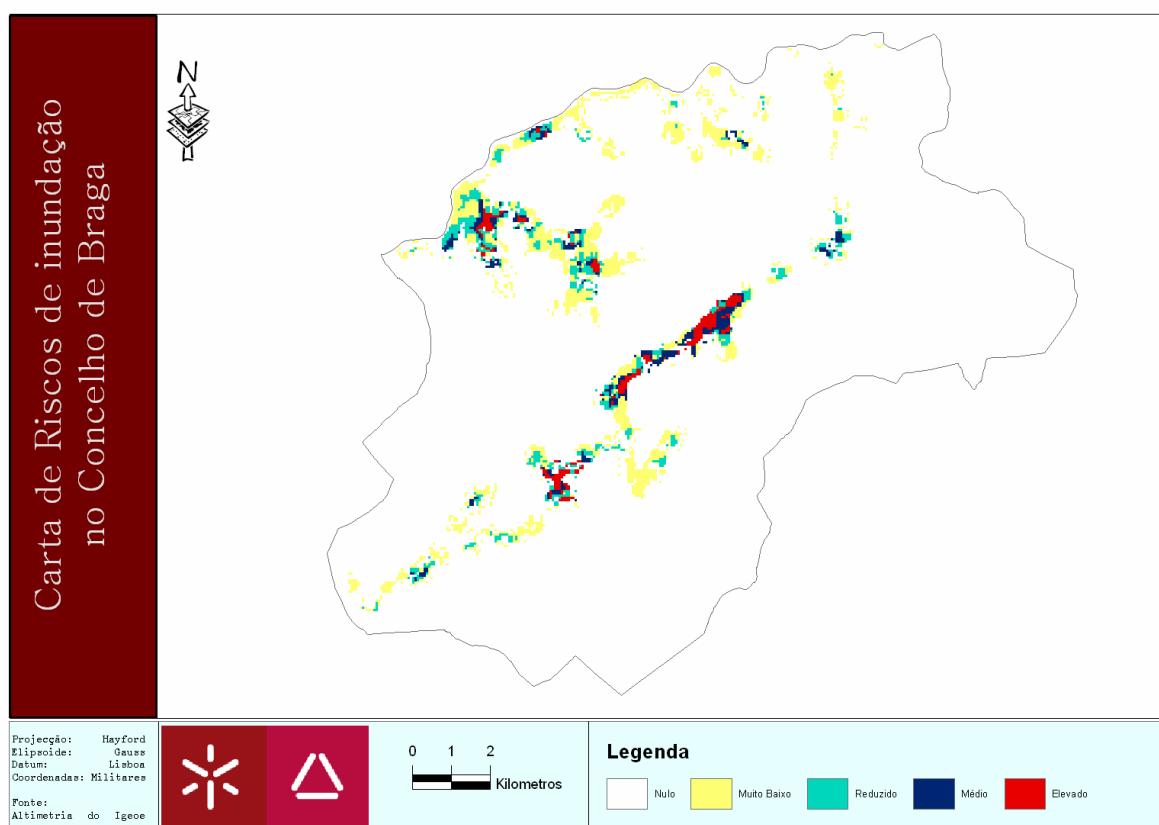
escala média de análise, que o factor de risco se resumiria aos danos materiais causados que se materializam pelos edifícios existentes.

Para tal tivemos que elaborar uma carta de densidade de edifícios nas áreas susceptíveis à ocorrência de inundações, tendo sido necessário vectorizar todos os edifícios contidos nessas áreas através de um objecto do tipo ponto, para as quais calculamos as respectivas densidades de edifícios.

Quadro 6.2 – Combinações dos índices possíveis dos mapas de Susceptibilidade e densidade de edifícios para a elaboração da carta de riscos.

		Densidade de edifícios			
		1	2	3	4
Susceptibilidade	1	1	2	3	4
	2	2	4	6	8
	3	3	6	9	12
	4	4	8	12	16

Após a elaboração desta carta temática e respectiva reclassificação, recorremos uma vez mais à álgebra de mapas onde utilizamos o operador multiplicação da carta de densidades de edifícios com a da susceptibilidade (Quadro 6.2). Assim passamos a ter confinadas as áreas de densidades às áreas susceptíveis à ocorrência de inundações. O resultado final encontra-se cartografado no mapa seguinte onde podemos visualizar quatro classes de risco, que variam entre o risco nulo e o elevado.



7 – A 3ª DIMENSÃO E AS ÁREAS INUNDÁVEIS

A estrutura de um SIG tridimensional é útil para a componente da visualização onde muito dos problemas podem ser modelados antes de se tomar as decisões, por exemplo podemos avaliar o impacto visual da implantação de uma nova urbanização. No nosso caso serão representados os aspectos tridimensionais das áreas inundáveis.

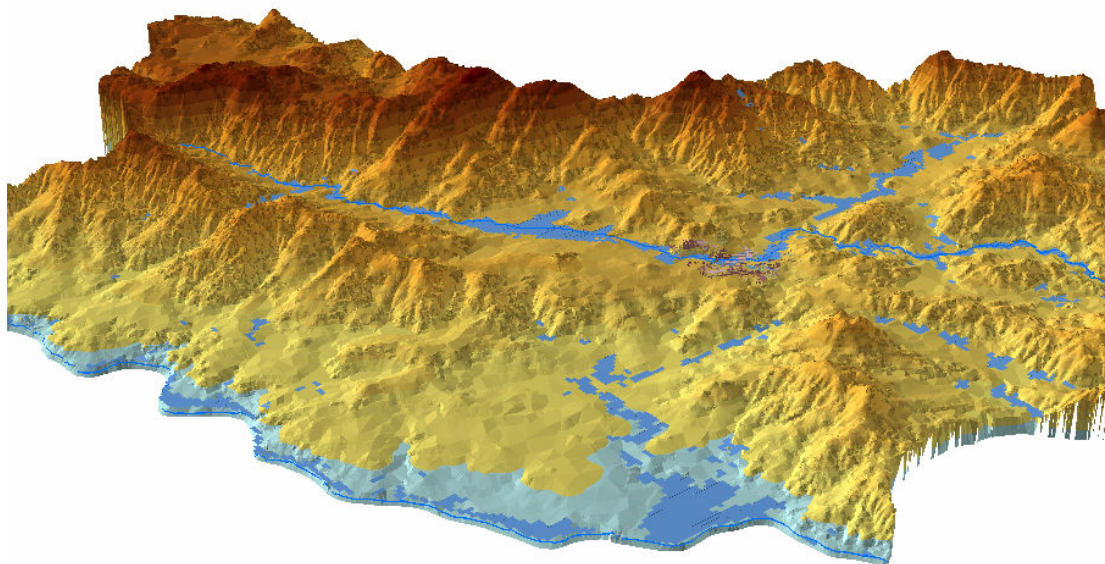


Figura 6.4 – Ilustração tridimensional das áreas inundáveis, representada com a cor azul-escuro, vista para Sul.

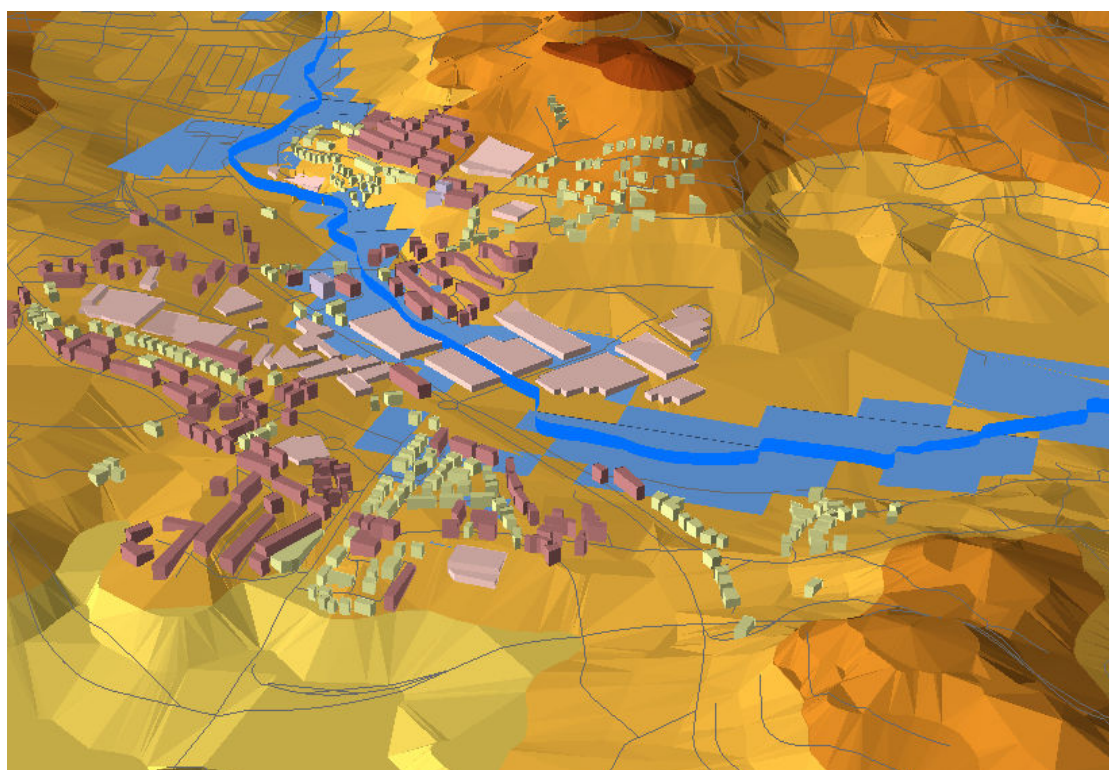


Figura 6.5 – Ilustração tridimensional da área inundada no Parque Industrial de Celeirós.

CONCLUSÃO

O estudo agora finalizado permitiu-nos obter um conhecimento mais aprofundado do Concelho de Braga fruto da criação de um SIG de projecto onde utilizamos técnicas de interpolação determinísticas e geoestatísticas de dados populacionais e ambientais com bons resultados finais. A diversa cartografia automática elaborada reveste-se de extrema importância para o processo de planeamento municipal. Ressalve-se contudo que a sua elaboração requer um domínio profundo em primeiro lugar da conceitualização dos diversos modelos elaborados e em segundo lugar das próprias ferramentas de informação geográfica correndo-se o risco de elaborar cartografia que não traduza fielmente a realidade. No planeamento municipal deve-se premiar a cartografia de susceptibilidade hidrológica integrando-a em sede de REN e utilizar a carta de riscos hidrológicos como áreas que justificam uma atenção particular ao nível dos serviços de protecção civil. O modelo que adoptamos para elaborar ambas as cartas traduz a realidade do Concelho porém para desenvolvimentos futuros aconselhar-se-ia a utilização dos dados obtidos à escala 1:10.000. Os modelos tridimensionais são um instrumento poderosíssimo de visualização sendo de extrema utilidade para os planeadores.

BIBLIOGRAFIA

- Arlinghaus, Sandra L.;** (1996) – *Practical handbook of Spatial Statistics*, CRC Press. N.Y..
- Carvalho, Marília de Sá et al;** (2000) – *Conceitos básicos de SIG e cartografia aplicados à Saúde*, Rede de interagencial de informações para a Saúde – RIPSa, Ed. Organização Panamericanada Saúde – Representação no Brasil Ministério da Saúde.
- Chow, Ven Te; et al;** (1988) – *Applied Hidrology*, McGraw – Hill Internacional Editions (Civil Engineering Series). Madrid.
- Ferreira, Narciso et al;** (2000); *Noticia Explicativa da Folha 5-D Braga*. Lisboa
- Mangelsdorf, J. et al;** (1990) – *River Morphology – a guide for Geoscientists and engineers*, Springer Verlag. Germany.
- Matos, João Luís de;** (2001) – *Fundamentos de Informação Geográfica*, Lidel.
- Nazareth, J. Manuel;** (1996) – *Introdução à Demografia*. Editorial Presença, Lisboa.
- Rowell, Edmund Penning; Foedham, Maureen;** (1985) – *Floods Across Europe – Flood hazard assessment, modelling and management*, Middlesex University Press.
- Stillwell, J.; Openshaw S. Geertman S.;** (s/d) – *Geographical Information and Planning – Advances in Spatial Science*, Springer. New York.
- Vallejo, Luís I. Gonzalez de;** (2003) – *Ingeneria Geológica*, Pearson Prentice Hall. Madrid.