

3. ANÁLISE GEOMORFOMÉTRICA APLICADA

Qual é a maior serra e a mais acidentada e como se posiciona hierarquicamente no contexto nacional?

Como foi referido na introdução, a análise morfométrica é feita considerando individualmente as características específicas de cada serra, estabelecendo-se em seguida a sua relação com o conjunto de todas as serras, através de uma análise descritiva, comparativa e hierárquica, focada principalmente nos aspectos dimensionais, morfológicos e de variabilidade: portanto, conhecer as de maiores e as de menores dimensões, sob diversos pontos de vista, e aquelas cujo relevo é mais acidentado, tanto em termos relativos como absolutos, considerando o conjunto das serras. A análise baseia-se em parâmetros quantitativos, que limitam a análise, mas permitem uma comparação equilibrada e organizada. Essa limitação existe, porque nem sempre conseguem descrever as características relacionadas com a morfologia, nos diferentes aspectos, devido à complexidade de muitas serras neste aspecto. Todos os parâmetros utilizados, alguns convencionais, outros inovadores, foram previamente testados para verificar se de facto conseguiam descrever aquilo para o qual foram projectados. Inclusivamente, são propostos dois parâmetros, um a *grandeza* e outro a *acidentação*, concebidos para identificar as serras maiores e as serras mais acidentadas, respectivamente, combinando um conjunto de indicadores relacionados com essas características. Foram testados muitos parâmetros descritivos, índices mais conhecidos e habitualmente aplicados a este nível, e combinações de variáveis. Muitos foram rejeitados, talvez a maioria, pois a sua adaptação ao conceito de serra aqui defendido não se considerou eficaz. De entre os preteridos encontram-se alguns que originalmente foram concebidos para a caracterização morfométrica de bacias hidrográficas.

A complexidade não pode ser descrita, de modo claro e objectivo, através de índices e indicadores e somente alguns dos aspectos dessa complexidade podem ser conseguidos por esse meio, principalmente quando se pretende agrupar, classificar e comparar. Alguns permitem identificar extremos ou casos mais particulares, nomeadamente em formas mais homogéneas, mas nem sempre se pode identificar uma determinada característica só pelo valor do indicador, embora alguns sejam mais expressivos que outros. O próprio conceito de serra adoptado, não é linear nem matemático, mas, tendo-se em vista a possibilidade de se estabelecer alguns

padrões para agrupar tipos comuns, para se chegar a conclusões que permitam definir regras ou modelos geográficos, não se pode exigir, no final, um rigor matemático muito elevado, ou o estabelecimento de paradigmas e conclusões inequívocas. Portanto, o que vai ser apresentado, estará longe de ser perfeito, mas os indicadores e índices⁵⁴ apresentados são aqueles que à partida pareceram soluções aceitáveis, após testes e análises.

Uma vez obtidas as serras principais, conforme o processo esquematizado na figura 10, apenas e só será analisado este tipo de serras, incluindo as transfronteiriças para os aspectos em que a sua inclusão faça sentido.

Não é fácil sistematizar os tipos de parâmetros usados (TABELA VII). A soma das partes não permite chegar a conclusões fiáveis sobre o todo. Sempre em ambiente SIG, determinaram-se os parâmetros básicos, dimensionais, que se podem obter directamente da cartografia de base, como a altitude máxima e, após a digitalização dos limites, a área e o perímetro de cada serra. A partir do modelo digital do terreno (MDT) de Portugal, usado para a interpretação e identificação desses limites, obtiveram-se os modelos de cada uma das serras extraindo-os do MDT geral, usando aqueles limites. A partir de cada um foi calculado o volume e obtidos directamente valores estatísticos considerados essenciais, como as altitudes média, mínima, máxima⁵⁵, desvio padrão da altitude. Uma vez obtido também o modelo de declives (a partir do MDT) também se obtiveram os valores correspondentes a este parâmetro, nomeadamente o declive médio e o desvio padrão, importantes

⁵⁴ Pode ser gerada alguma confusão ao leitor quando se misturam ou usam termos como indicador, parâmetro, índice ou variável. Na realidade pode haver sobreposição dos termos. Mas neste trabalho a utilização de cada um deve ser esclarecida. Quando se refere indicador quer-se referir a um parâmetro, grandeza física fundamental, que é usado para identificar ou dar uma informação sobre um determinado fenómeno específico num determinado contexto. Numa situação em que tal indicador pode assumir valores diferentes, pode ser chamado de variável embora este termo seja mais empregue quando se está a falar de operações matemáticas ou, em sentido lato, quando se refere um factor determinado que faça variar o fenómeno que está a ser explicado. Um indicador pode ser simples – quando envolve somente um parâmetro - composto quando relaciona pelo menos duas variáveis, ou complexo. Por fim, índice é um indicador complexo que é referido quando há uma relação matemática ou lógica que envolve vários indicadores ou mesmo outros índices menos complexos, mas que também pretende explicar ou caracterizar determinado fenómeno.

⁵⁵ Devido ao algoritmo de cálculo do MDT, a altitude máxima dada pelo modelo raramente coincidiu com a altitude máxima obtida directamente através da cartografia oficial, mas para efeitos de cálculo usou-se a do MDT.

TABELA VII - Indicadores usados, por tipos e objectivos.

TIPO		Designação	Objectivos
Dimensões primárias		Altitude do cume	Estabelecer uma hierarquia das serras mais altas em termos absolutos
		Área	Estabelecer uma hierarquia das serras maiores em termos de espaço ocupado
		Comprimento	Estabelecer uma hierarquia das serras mais compridas
		Perímetro	Estabelecer uma hierarquia dos comprimentos da base das serras
		Volume	Estabelecer uma hierarquia das serras mais volumosas
Dimensões derivadas		Altitude máxima da base (altitude mínima máxima)	Analisar a dissimetria relativa das serras
		Altitude média da base	Analisar a dissimetria relativa da base das serras
		Altitude mínima	Analisar a amplitude altimétrica das serras
		Altura máxima (=desnível)	Estabelecer uma hierarquia das serras mais desniveladas e avaliar a proeminência relativa
		Altura Média	Estabelecer uma hierarquia da altura das serras
		Desnível Máximo da base	Analisar a dissimetria relativa da base das serras
		Desnível médio	Analisar a dissimetria relativa das serras
		Desnível médio da base	A Analisar a dissimetria relativa da base das serras
		Desnível mínimo	Analisar a dissimetria relativa das serras
		Largura média	analisar as serras mais estreitas e mais largas
Estatísticos		Altitude média	Analisar a variabilidade do relevo em cada serra
		Declive médio	avaliar o vigor relativo do relevo nas serras
		Desvio padrão da altitude	Analisar a variabilidade do relevo em cada serra
		Desvio Padrão do declive	Analisar a variabilidade do relevo em cada serra
Índices	Tamanho	Grandeza	Avaliar o tamanho relativo das serras (comprimento, altura e volume)
		Vigor	Avaliar a energia do relevo ou Vigor Volumétrico
		Vigor Altimétrico	Avaliar o tamanho sem considerar o comprimento
	Variabilidade	Acidentação	Avaliar a homogeneidade relativa do relevo
		Disseimetria altimétrica	Avaliar a homogeneidade relativa do relevo
	Forma	Indicador de alongamento lateral	Analisar o maior ou menor alongamento das serras e forma do perímetro
Assimetria		Analisar a simetria relativa da forma geral da serra	

Nota: as dimensões primárias são as que se obtêm directamente da cartografia de base ou dos elementos cartográficos gerados com base em interpretação do relevo; as derivadas as que resultam de cálculos envolvendo pelo menos dois parâmetros entretanto obtidos; estatísticos os que se relacionam com estatística e índices os que envolvem cálculos mais complexos com vários indicadores.

para a caracterização da variabilidade do relevo. Já as medidas do comprimento e da largura das serras resultaram de procedimentos menos directos. Recorde-se que o comprimento, o declive médio, o desnível, a altitude e a área, foram analisados *à priori*, a partir do MDT geral para servirem de referência para a identificação de serras, conforme os critérios atrás indicados. A TABELA VII mostra a relação de indicadores usados, de acordo com os tipos e objectivos a que se propõem e a figura 19 apresenta o esquema/fluxo de obtenção de parâmetros e índices derivados, usados como indicadores, a partir das origens dos dados.

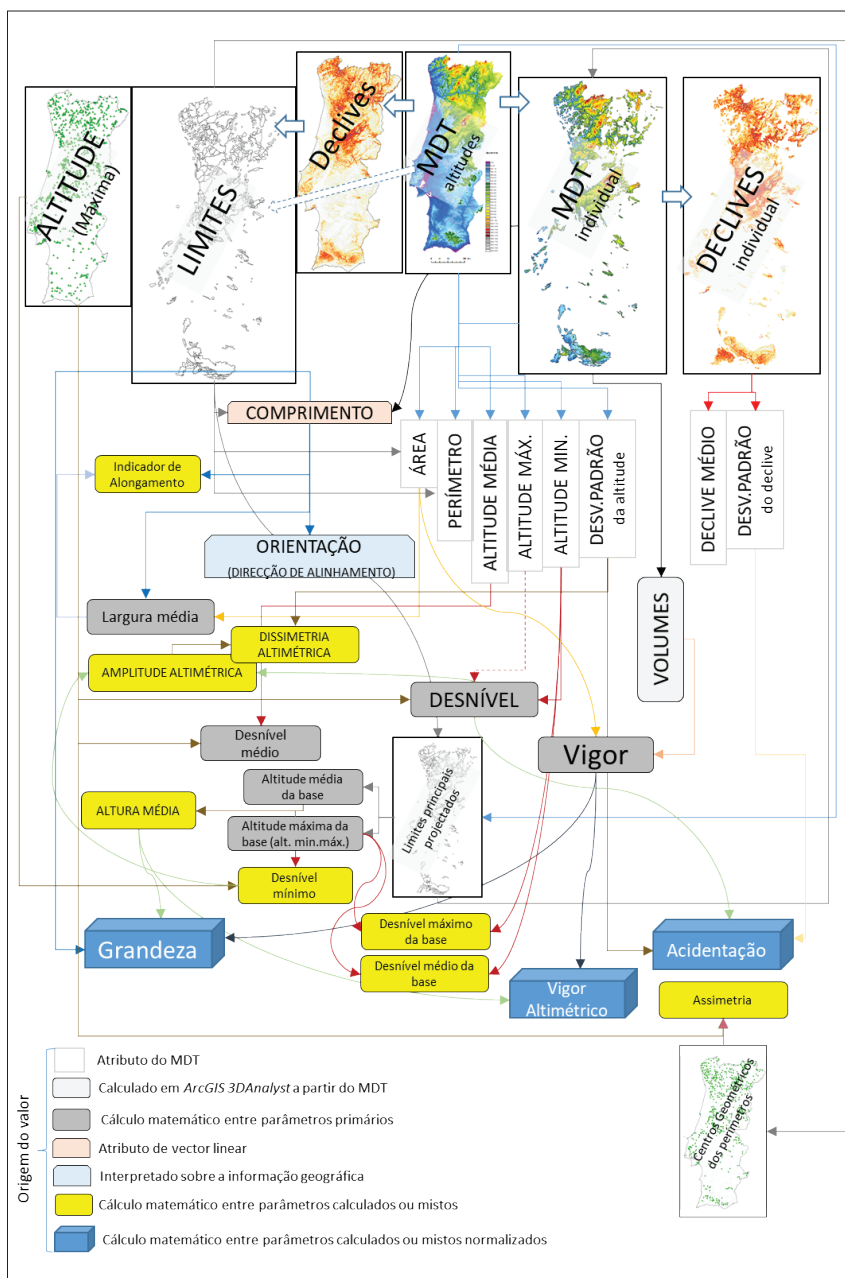


Fig. 19 - Variáveis, parâmetros, indicadores e índices utilizados para a análise das características geomorfológicas das serras de Portugal Continental: esquema de interdependência e fluxo de cálculo.

3.1. Classificação temática

A apresentação de resultados será feita atendendo à ordem hierárquica da classificação das serras por parâmetro, indicador ou índice. Para se manter uma homogeneidade de critério de classificação, conforme foi referido, os intervalos de classe basear-se-ão na divisão em classes, contínuas, com amplitude de um desvio padrão centrado na média, permitindo em simultâneo, observar-se o valor absoluto dos parâmetros e índices e inseri-lo no contexto da variabilidade do conjunto das serras de Portugal. No caso das variáveis ou indicadores compostos normalizados, o valor individual diz sempre respeito ao número de desvios padrão.

O desvio padrão como forma de classificação temática é particularmente interessante, uma vez que permite estabelecer uma relação de valores muito clara, nomeadamente quando se trata de valores que não podem ser entendidos de imediato, como no caso de índices ou de outros indicadores compostos.

Neste contexto, e tendo em vista a comparação entre as diferentes posições hierárquicas assumidas pelas diversas serras nos diferentes parâmetros e índices apresentados, é feita uma divisão em classes estatísticas representadas cartograficamente usando uma sequência cromática transversal em que a amplitude das classes é constante $=1\sigma$ (1 desvio-padrão). Usa-se uma sequência de cores padrão, transversal à maioria dos temas, já que, apesar de serem variáveis diferentes, a maioria dos mapas representa a distribuição espacial em valores de desvios-padrão⁵⁶ (TABELA VIII).

A sequência cromática apresentada nos diferentes temas é bipolar dissimétrica, centrada na classe da média, cuja amplitude varia entre $+0,5\sigma$ e $-0,5\sigma$. Assim, a classe da média tem uma cor independente (amarelo); as que são inferiores à média são representadas por uma sequência de azuis claros; as classes superiores à media, uma sequência de castanhos, havendo um incremento de valor cartográfico (escurecimento) em direcção às classes extremas. Foi ainda criada uma categoria suplementar – a superior – com um tipo de representação particular (padronizado

⁵⁶ Ainda se pensou em usar classes correspondentes a quantis ou percentis, mas como, neste caso, as classes têm números de elementos constantes, isso limitaria a comparação directa de variáveis.

TABELA VIII - Classes de representação cartográfica das categorias das serras nos temas apresentados tendo em consideração o espectro de variabilidade encontrado.

Classes de representação Temática	Categorias
$>>6,5\sigma$	Superior
$>6,5\sigma$	Alta
até $6,5\sigma$	I
até $5,5\sigma$	II
até $4,5\sigma$	III
até $3,5\sigma$	IV
até $2,5\sigma$	V
$+0,5\sigma$ a $1,5\sigma$	VI
$-0,5\sigma$ a $+0,5\sigma$	VII
$-0,5\sigma$ a $-1,5\sigma$	Baixa
$<-1,5\sigma$	Inferior

com linhas oblíquas) para dar ênfase às serras que se destacam excepcionalmente das restantes em determinados indicadores.

Deste modo, pelo contraste que se pretende estabelecer, espera-se que o leitor identifique de imediato as categorias superiores (com as tonalidades mais escuras), a categoria mais comum - a classe da média - e as categorias inferiores, que raramente se distribuem para lá da classe designada por “Baixa”. Desta forma, o leitor tem, desde logo, uma percepção da variabilidade espacial do fenómeno geográfico representado.

Pode dizer-se que todas as serras com categoria acima da VII, estão acima da média. De acordo com os resultados, a esmagadora maioria das serras são de categoria Média (VII) ou Baixa, e verifica-se uma grande assimetria positiva na maioria dos casos que, abaixo da média, faz com que o número de classes não ultrapasse as duas, enquanto que, acima, se podem verificar até oito. Afim de não prejudicar a eficácia da leitura dos mapas, limitou-se superiormente a $6,5\sigma$, ou seja, a 7 classes acima da média (mais uma para os destaques), já que a percepção humana comum só consegue distinguir de forma clara sete tons da mesma cor. Nalgumas situações em que há serras que nalguns parâmetros como a altura mínima, a área, o perímetro, o comprimento, o volume e o alongamento, contrastam demasiado com as restantes - ultrapassando a última classe a amplitude em mais de 1σ , mas como são casos particulares, a leitura do mapa não fica prejudicada. Ao invés, há parâmetros onde esse contraste é mais esbatido (como desnível máximo ou o

declive médio e a altitude média) e o número máximo de classes não atinge sequer as categorias mais elevadas. Por exemplo no declive médio, a classe mais elevada corresponde a uma Cat. IV, indicando, desde logo, a ausência de grandes diferenças de valores entre as serras comparativamente a outros parâmetros. Existem ainda situações em que há classes intermédias vazias, mostrando também, nesses casos, grandes contrastes entre algumas serras sobressalientes e a maioria, por exemplo nos casos de altitude máxima, desnível, perímetro e área.

Pode entender-se que, quanto maior for o número de classes de representação temática de uma variável, maiores são os contrastes existentes e a variabilidade de valores entre as serras nessa variável. A TABELA IX - mostra a variabilidade que se verificou em cada um atendendo ao número de categorias, não tendo havido nenhum caso em que se tivesse verificado, em simultâneo, o espectro completo de categorias (11), tendo sido a variável “comprimento” a que mais se aproximou (10 categorias) e a altitude mínima média aquela que apresentou menos variabilidade (5 categorias). Os indicadores serão analisados com maior detalhe no capítulo 2.

Como foi referido, para além de se pretender dar a conhecer as características morfométricas de cada serra, consideradas essenciais, o objectivo final é o de estabelecer uma relação de tamanho relativo, em termos de dimensões geométricas, e do grau de movimentação ou variabilidade topográfica relativa (aciditação). Empiricamente, tem-se a percepção do tamanho de uma serra, pelo conjunto da associação visual do seu volume, proeminência no contexto em termos altimétricos e comprimento: grande, alta e comprida⁵⁷.

No primeiro caso, o tamanho relativo, chamou-se de “grandeza” ao indicador que reflecte essa percepção e congrega uma associação de características dimensionais que, no conjunto, podem dar, entre outros aspectos, uma ideia da dimensão global de uma serra (embora abstracta), tanto individualmente, como no contexto nacional, portanto em comparação com as outras serras. Compreende a dimensão altimétrica – dada pelo desnível; a dimensão longitudinal – dada pelo

⁵⁷ Neste caso não se inclui a área, já que esta variável planimétrica não permite estabelecer uma relação de tamanho numa perspectiva tridimensional.

TABELA IX - Categorias verificadas por indicador morfométrico
 (por ordem alfabética).

Indicadores	Categorias											
	Inf.	Baix.	VII	VI	V	IV	III	II	I	Alta	Sup	
Acidentação												
Altitude												
Altitude média												
Altitude mínima												
Altitude mínima máxima												
Altitude mínima média												
Altura máxima (desnível)												
Altura média												
Altura mínima												
Amplitude Altimétrica												
Área												
Assimetria												
Comprimento												
Declive médio												
Desnível médio												
Desnível médio da base												
Desvio padrão da altitude												
Desvio Padrão do declive												
Dissimetria altimétrica												
Grandeza												
Indicador de Alongamento												
Largura média												
Perímetro												
Vigor												
Vigor Altimétrico												
Volume												

(ver legenda na TABELA VIII -. Classes vazias a branco)

comprimento; a dimensão volumétrica – dada pelo volume⁵⁸. Assim, em termos teóricos, a serra que apresenta maiores valores nessas três dimensões, é considerada à partida, a maior, podendo depois estabelecer-se uma classificação hierárquica absoluta e relativa.

⁵⁸ Quando aqui se fala em desnível, comprimento e volume, está a falar-se em sentido lato. À excepção do comprimento que é usado directamente (embora com o valor normalizado), o desnível e o volume são representados por indicadores compostos: o desnível pela “altura média” e o volume pelo “vigor”. A grandeza é dada pelo somatório dos valores normalizados destas três variáveis: altura média, comprimento e vigor.

Quanto ao segundo caso, a referência à “movimentação do relevo”, usada coloquialmente em Geografia para classificar a variabilidade relativa do relevo ou da maior ou menor monotonia topográfica relativa, parece pouco clara para o leitor comum: por exemplo, numa planície o relevo é pouco movimentado, enquanto numa cordilheira é muito movimentado. O relevo é movimentado quando há uma sucessão de altos e baixos e, por contraste analógico, é suave ou pouco movimentado quando há uma planura generalizada. Assim, para classificar essa tal “movimentação” do relevo, resolveu-se resgatar um termo pouco usado, mas sugestivo, que faz parte do léxico português: “acidentação”, ou grau de acidentação, com a adjectivação de que quanto maior, mais acidentado é o relevo e, quanto menor, menos acidentado tendendo para a homogeneidade e suavidade. Neste caso, o conceito é adaptado a serras onde o relevo será tanto mais acidentado quanto maior a variabilidade dos seus declives e das altitudes em termos de valores e contrastes internos, no seu conjunto⁵⁹.

Os referidos indicadores – *grandeza* e *acidentação* – são termos elaborados, complexos, resultantes da análise e combinação de outros parâmetros básicos, compostos ou mesmo complexos⁶⁰. Mas para se chegar aos seus valores, foi preciso obter componentes básicos, directamente da cartografia (como a altitude máxima), ou a partir do MDT (como as altitudes média, máxima, mínima e desvio padrão da altitude) ou ainda dos polígonos vectoriais entretanto desenhados que representam os limites das serras (como a área e o perímetro). Usando ainda as potencialidades de análise das ferramentas SIG a partir do MDT, foram obtidos modelos derivados, como os declives (e exposições, embora não tenha sido um tema usado) e os volumes. Para além dos já referidos limites das serras, foi ainda necessário criar elementos geográficos novos para determinar alguns parâmetros, nomeadamente o comprimento, tendo sido necessário desenhar uma linha para o definir. Essa linha

⁵⁹ Este aspecto é importante, já que dentro do perímetro de uma serra pode haver variações no padrão de acidentação (a existir um). É assim um valor integrado que pode não ter correspondência se se analisarem sectores particulares de uma dada serra: deve analisar-se a serra como um todo. Isto faz com que este índice tenha menos significado em serras mais irregulares em termos de relevo, mas, de uma forma integrada, permite distinguir estas das mais homogéneas.

⁶⁰ Chamam-se complexos aqueles indicadores que resultam de uma operação em que há pelo menos um factor previamente calculado que não resulta da combinação de parâmetros básicos.

serviu ainda para aferir o alinhamento da serra, nos casos em que isso fazia sentido, já que há serras sem alinhamentos definíveis ou dominantes.

Aos parâmetros apresentados, estão muitas vezes subjacentes outros, que embora tenham sido ensaiados, se omitiram, pois iriam tornar esta análise demasiado complexa. Por isso não se apresentam aqueles cujos resultados da sua aplicação não foram satisfatórios em termos do objectivo a que se destinavam, ou que eram redundantes de outros, mais eficazes para o mesmo objectivo. Entre estes contam-se muitos indicadores morfométricos usados frequentemente em estudos de morfometria, nomeadamente aplicados a bacias hidrográficas, como por exemplo o Coeficiente de Compacidade, o Índice de Alongamento⁶¹, Relação do Relevo, o Coeficiente Orográfico ou o Índice de Homogeneidade. Outras relações também foram testadas sem resultados plausíveis.

Em seguida passa a descrever-se os indicadores utilizados, o modo como foram calculados e a sua utilidade prática.

⁶¹ Não confundir com o Indicador de Alongamento que é apresentado e usado aqui e que diz respeito à relação percentual entre a largura média e o comprimento.

3.1.1 Parâmetros Altimétricos (TABELA X e fig. 20)

A TABELA X mostra a relação de parâmetros obtidos que foram analisados e usados para caracterização e comparação das características altimétricas das serras.

TABELA X - Indicadores para caracterização das dimensões altimétricas das serras.

INDICADORES ALTIMÉTRICOS*
<i>Altitude (máxima, ou do cume)</i>
<i>Altitude máxima da base (ou mínima máxima)</i>
<i>Altitude média</i>
<i>Altitude média da base</i>
<i>Altitude mínima (mínima da base)</i>
<i>Altura média</i>
<i>Desnível (Altura máxima)</i>
<i>Desnível máximo da base*</i>
<i>Desnível médio*</i>
<i>Desnível mínimo*</i>
<i>Desvio padrão da altitude*</i>
<i>Dissimetria Altimétrica*</i>

* Alguns indicadores, apesar de serem altimétricos, são usados para analisar a maior ou menor assimetria das serras e não tanto a sua dimensão altimétrica pois, embora podendo servir para esse efeito, há outros mais adequados.

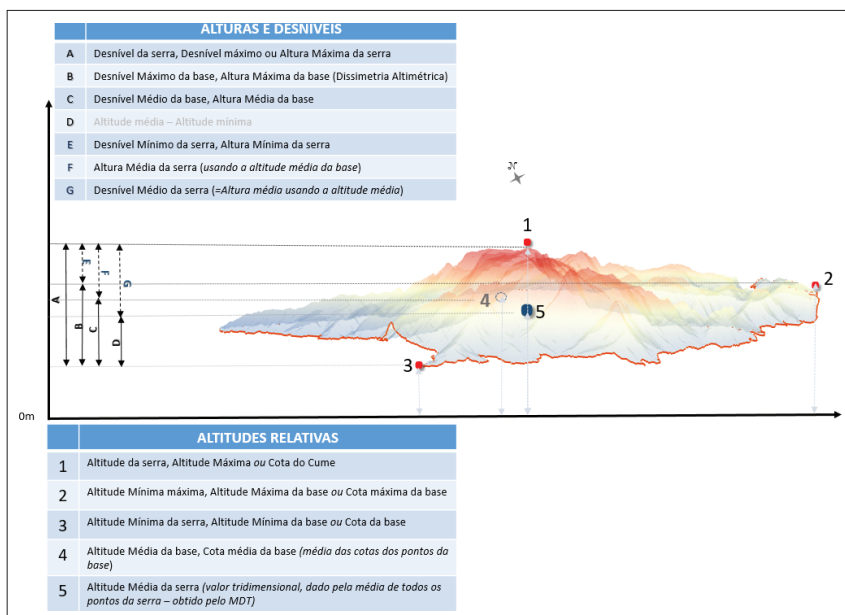


Fig. 20 - Esquema dos parâmetros altimétricos utilizados (ex. MDT da Serra da Estrela).

Inserem-se neste ponto os indicadores relacionados com a dimensão vertical das serras, tendo em vista dar uma perspectiva relativa deste factor que é imediatamente associado a serras. Qual a altitude de uma serra? A diferenciação do tamanho das serras tem sido feita ao longo dos tempos atendendo exclusivamente a esta variável. Mas nem só a altitude dá a dimensão de uma serra. Aliás, existem serras muito pequenas com grande altitude e o conceito pode relativizar-se até que se compreenda a verdadeira dimensão vertical de uma serra, pelo menos onde não haja destaques evidentes. A proeminência⁶², que é o aspecto mais determinante da dimensão/tamanho/grandeza de uma serra, em geral é muito variável: a menos que uma serra tenha uma forma muito regular, essa proeminência varia conforme a perspectiva ou plano a partir da qual a serra é observada da base para o topo. Só não varia muito em casos de relevos isolados que dominam áreas planas, como os do tipo *Inselberg*, que se destacam na paisagem sob todos os pontos de vista: um relevo elevado e de vertentes íngremes, contrastante com a planura circundante. De resto, mudando a perspectiva ou plano de visualização e até a distância a partir da qual se observa uma serra, quer a partir da base (para o topo), quer de um nível mais elevado, mais próximo ou mais afastado, a percepção de proeminência que uma serra pode dar é variável já que o seu relevo raramente se aproxima da uniformidade em todo o seu perímetro⁶³. No lado oposto dos *Inselberg*, as serras que se encontram sobre planaltos ou que não são mais do que prolongamentos em cabeça dos seus rebordos, podem dar uma ideia completamente errada da sua dimensão conforme a posição de observação: num determinado sector, podem aparentar enorme proeminência, por exemplo, se apresentarem vertentes muito escarpadas altas e imponentes (geralmente resultantes de profundos encaixes de vales e/ou de rejeitos tectónicos significativos) dando uma sensação de enorme vigor para quem observa do fundo do vale para o topo. Pelo contrário, quem observa a mesma serra desde o planalto de onde se eleva, a sensação pode ser completamente diferente e até inversa, podendo a serra tornar-se quase imperceptível como elevação de terreno. Pode assim falar-se em *proeminência selectiva*, em função de várias perspectivas de observação possíveis.

⁶² Nota: quando se usa este termo ao longo do texto, usa-se em sentido lato, cujo significado se refere à elevação relativa de um elemento no contexto em que se insere.

⁶³ Serão também estudados indicadores para esta característica, nomeadamente o indicador de alongamento.

Na realidade, nunca é possível ver uma serra sob todas as perspectivas possíveis em simultâneo – uma visualização de modelo 3D em perspectiva será a melhor aproximação – pelo que se tenta avaliar a proeminência absoluta ou integrada usando, neste caso, parâmetros altimétricos que vão para lá da altitude máxima, que o senso comum tem como referência para classificar as serras mais altas e maiores. Mas é possível, através de indicadores, dar uma perspectiva dimensional integrada de cada serra como um todo que, não sendo visível como tal, permite classificá-la no seu conjunto ou como um conjunto e não por partes.

À dimensão altimétrica, que é sem dúvida a mais importante, foram impostas condições aos valores dos parâmetros considerados relevantes neste aspecto, para que permitissem distinguir uma unidade de relevo como “serra” quando se verificassem essas condições. Talvez se devesse antes falar em dimensão hipsométrica. Sabe-se, portanto, *à priori*, que, sendo determinada unidade classificada como “serra”, já tem valores mínimos de altitude, desnível, declive médio, comprimento e área e se encontra em posição de destaque no contexto paisagístico, sendo a dimensão altimétrica que faz a principal diferença. Há outros parâmetros para além dos altimétricos, mas estes condicionam os restantes que só serão verificados após a validação dos altimétricos.

Neste campo, há que estabelecer uma distinção entre dois parâmetros, muitas vezes confundidos, que é fundamental para se perceber as verdadeiras dimensões altimétricas de uma serra: as altitudes e as alturas ou desníveis (rever figura 20).

A dimensão altimétrica é, não só a *altitude*, mas também a *altura/desnível*⁶⁴, já que, se a primeira nos indica a posição vertical relativa ao nível do mar, a altura/desnível tem como referência a base da serra⁶⁵ e indica à partida a proeminência efectiva no contexto local. Só que não é fácil nem linear a obtenção ou mesmo a definição destes parâmetros, precisamente porque, em torno da serra, variam, principalmente se a serra

⁶⁴ Os conceitos de altura e desnível sobrepõem-se. No texto, quando se fala simplesmente em desnível de uma serra, está-se a referir, por comodidade de linguagem, ao desnível máximo, ou altura máxima. Quando se fala simplesmente em altura, refere-se à altura média, que é a diferença entre o cume e a altitude média do perímetro da serra. Seja como for uma altura é um desnível e vice versa, sendo ambos distâncias verticais entre dois pontos de referência em níveis diferentes, conforme a fig. 19.

⁶⁵ Se a base da serra estiver ao nível do mar, a altitude coincide com a altura.

for dissimétrica. Por si só cada um desses indicadores pode não significar grande coisa. Para se entender a complexidade (que será tanto maior quanto maior for a *dissimetria altimétrica*⁶⁶), teria de se identificar todos os desníveis – diferenças entre o topo e a base de cada vertente e no final, tentar integrá-los de uma forma que pudesse dar uma perspectiva de altura relativa. Isso fica muito para além do objectivo deste trabalho, e exige uma análise previsivelmente mais morosa e complexa. Optou-se assim por usar um só valor de referência – a altura média – que serve de referência por si só.

Quando se refere a *altitude* de uma serra (1 da fig. 20), considera-se a sua altitude máxima que, tecnicamente, é a distância vertical entre o cume e a projecção do nível médio do mar no nadir. Mas esse valor pode significar pouco em termos de proeminência: tem de ser complementado com a informação da *altura da serra* (F da fig. 20), distância vertical ou desnível entre o cume e um ponto fictício que representa a cota média da base da serra que se pretende que seja um valor que permita a comparação directa das serras em termos da sua proeminência integrada. Esta variável, obviamente que também pode assumir vários valores consoante a perspectiva do observador, portanto não há um só valor absoluto de altura. Assim, convencionou-se usar um valor médio correspondente à diferença entre a altitude máxima e a *altitude média da base da serra* (4 da fig. 20). A base da serra não é isométrica em termos de altitude, pois se o fosse, a altura seria sempre igual ao desnível⁶⁷ da serra, usando o cume como referência superior. Portanto, a distância vertical entre o cume e a base varia em função da altitude variável da base (a altitude do cume, sendo um único ponto, é constante). A altura da serra é assim um parâmetro que permite fazer uma comparação directa entre as serras em termos da altura do seu conjunto e não somente ao nível do ponto mais elevado ou mesmo do seu desnível. A altura máxima, dada pelo desnível máximo, em serras dissimétricas, pode condicionar a percepção da altura relativa (e é praticamente impossível distinguir com precisão, entre serras aparentemente semelhantes, qual é a mais alta, dependendo tal da perspectiva de observação). A altura média, não é condicionada pela perspectiva. É um valor integrado, não tangível, estatístico, mas extremamente útil para se fazerem comparações objectivas ao nível da dimensão altimétrica relativa e integrada das serras.

⁶⁶ Este é outro indicador que será considerado.

⁶⁷ Entenda-se desnível máximo ou altura máxima.

A base da serra corresponde à linha que define o seu perímetro. É precisamente o valor do seu perímetro, a área que delimita e a sua forma, que permite determinar dimensões geométricas como a largura e o comprimento e estabelecer relações morfométricas dentro desse contexto. No entanto, apesar de, por uma questão funcional, se se considerar uma linha horizontal, na realidade, uma vez projectada no MDT deixa de o ser, pois assume diferenças ao nível das cotas altimétricas dos pontos que definem o seu perímetro. Não é, portanto, uma linha isométrica também em altitude. Nesse contexto existem alguns parâmetros a considerar. Embora por si só tenham pouca relevância para a caracterização morfométrica, serviram para o cálculo da altura média das serras. Para além deste precioso indicador, também se geraram outras variáveis como o *desnível médio da base* que permite avaliar a diferença média entre a cota mais alta e mais baixa que o polígono da base atinge, a variabilidade com o desvio padrão das cotas da base, os valores extremos, como a cota e o desnível máximos da base (sendo a altitude mínima coincidente com a cota mínima da base) ou ainda o *desnível mínimo da serra* que é a diferença entre a cota máxima da base e a altitude culminante da serra e que permitiu calcular, por exemplo, a *amplitude altimétrica*. No entanto, julgou-se que a análise destes indicadores seria demasiado exaustiva e pouco significativa para a caracterização morfométrica, pelo que a sua apresentação fica limitada a tabelas e mapas dos indicadores mais relevantes, com destaque para a altura/desnível média da base, que indica o quanto em média varia a altitude mínima da serra ou a altura máxima da base, indicador que é usado para o cálculo da amplitude altimétrica.

Em paralelo, um trabalho que ficou por fazer foi o do cálculo de valores médios e extremos das cumeadas, que seria importante para estudar a variabilidade das cumeadas das serras. Anteviu-se, no entanto, que essa missão seria aumentar demasiado a complexidade, dado que, enquanto a base se restringe a um só polígono, a consideração e determinação das várias cumeadas em cada serra, levaria à consideração de vários polígonos. Ainda assim não deixa de ser um trabalho que pode ser feito para melhorar este tipo de análise.

Tabelas disponíveis para consulta online:

[Principais Dimensões Altimétricas](#)

Dando um exemplo concreto e extremo, no que diz respeito à diferença entre altura e altitude – embora não se tenham calculado com rigor as respectivas alturas – comparam-se os desníveis dos montes [Evereste](#) e do Vulcão [Mauna Kea](#) (Havai), sabendo-se que o primeiro se eleva a 8.848 m acima do nível do mar e o segundo a 4.207 m, portanto, com menos de metade da altitude. Mas o Mauna Kea, desde a sua base (no fundo do oceano Pacífico) até ao topo tem uma altura máxima (desnível) de 10.203 m. Por seu lado, o Evereste, faz parte da cordilheira dos Himalaias cuja base se situa aproximadamente a 5.000 m de altitude. Desta forma, o Evereste teria assim cerca de 3848 m de altura, portanto menos de metade da altura do Mauna Kea. Esta estimação, ainda que pouco rigorosa, permite perspectivar (no extremo) a diferença que pode existir entre altura e altitude. Neste caso, os cálculos não foram feitos tendo como referência a altura média dos dois picos, mas o seu desnível máximo⁶⁸. Há, pois, que considerar que, se fossem vizinhos e se a base dos dois estivesse ao mesmo nível, isto é, se tivessem a mesma altitude mínima média, o Monte Evereste seria um montículo ao pé do Mauna Kea. Se, no entanto, estivessem juntos, e cada um no seu nível original, o Evereste dominaria o Mauna Kea em mais de 4 km e teria, assim, uma posição proeminente. Poder-se-ia ainda destacar como outro exemplo o da cordilheira montanhosa submarina de Gorringe, mais conhecida por “[Banco de Gorringe](#)”, fortemente associada ao choque das placas tectónicas Ibérica e Africana, que fica dentro da Zona Económica Exclusiva portuguesa, e que pode atingir desníveis próximos dos 5 km⁶⁹ apesar de ter uma altitude máxima negativa (cerca de -25 m): “esvaziando-se” o oceano seria a serra mais alta de Portugal com mais de cerca de 3 km de altura que a Serra da [Estrela](#), mas esta última seria proeminente em relação ao Gorringe em pouco mais de 2 km. Haveria um desnível próximo dos 7 km entre o cume da [Estrela](#) e a base do Gorringe.

Esta é, pois, uma comparação extrema, dada para se compreender a posição altimétrica relativa das serras e a diferença entre os parâmetros altura e altitude.

⁶⁸ No caso da montanha havaiana, tratando-se de um vulcão, a diferença entre alturas é reduzida.

⁶⁹ <https://www.marinha.pt/pt/media-center/Noticias/Paginas/A-primeira-cobertura-batimetrica-completa-do-banco-de-Gorringe.aspx>

No contexto deste indicador, alguns problemas surgiram para encontrar um parâmetro que pudesse permitir calcular a altura da serra de uma forma simples e significativa. A solução foi encontrada tendo como referência a média das cotas dos nós dos vectores que ligam os segmentos da linha que define o perímetro da base da serra, isto é, o seu limite⁷⁰. Assim, fez-se corresponder a altitude média da base, à media das cotas desses nós. Entretanto, há que referir um aspecto técnico importante: o perímetro de uma serra (correspondendo à sua base) é desenhado em 2D, portanto sem atender às cotas do terreno, apesar de ser feito sobre o MDT. Portanto, as cotas dos nós não correspondem efectivamente às cotas verdadeiras da base em cada ponto. Por outro lado, essa operação, também não assegura, à partida, a equidistância entre os nós⁷¹, já que o traçado é feito para definir contornos da serra, não havendo preocupação em garantir a equidistância entre nós. Estas duas questões foram resolvidas de dois modos: a primeira, projectando-se o limite desenhado no MDT para que o polígono assuma a cota do MDT em cada nó correspondente, portanto passando a linha para 3D; a segunda de forma automática pelo *software*, já que, uma vez concluído o procedimento, são gerados nós equidistantes que assumem a cota do MDT da posição correspondente. O polígono que define o limite/base/perímetro/área da serra é, portanto, uma linha tridimensional com nós equidistantes. As coordenadas Z dos nós são depois exportadas para uma folha de cálculo onde é obtida a sua média, que se faz corresponder à altitude média da base da serra (ou altitude mínima média). Este valor é subtraído à altitude máxima, obtendo-se assim a altura da serra ou mais exactamente, a altura média da serra (F, da figura 20)⁷². Recorde-se que o desnível máximo corresponde à altura máxima

⁷⁰ Para que se entenda esta questão, é preciso referir que, em ambiente SIG, uma linha vectorial não é uma linha contínua. É constituída por nós interligados em que cada nó tem uma coordenada Z correspondente à cota do terreno.

⁷¹ O polígono fechado que delimita o perímetro das serras, ou qualquer outro vectorial, corresponde a uma associação de segmentos de recta consecutivos, cada um definido por dois nós em cada extremidade. Embora seja possível fazê-lo, a digitalização/desenho desses polígonos é feita dando pontos consecutivos e não desenhando as linhas como tal. É nesses nós que ficam registadas as coordenadas, nomeadamente a altitude.

⁷² Deste modo, quando se fala em altura da serra refere-se à distância vertical entre o cume e a altitude média do polígono que define o perímetro da serra. Mas este valor só por acaso coincidirá com o desnível médio (explicado mais adiante) que é similar, mas em vez de se usar

da serra, já que é calculado entre os dois pontos mais extremos em cota (o cume e a altitude mínima absoluta). Como se disse, a altura e o desnível seriam coincidentes se a base estivesse sempre à mesma altitude. Foi a melhor solução encontrada, tendo em conta que este trabalho foi projectado para escalas médias.

A altura média da serra substitui o desnível na relação de grandeza, uma vez que, sendo aferida tendo em conta a variação das altitudes da base da serra, dá uma ideia da altura do conjunto. Pelo contrário, o desnível que só indica a altura máxima que corresponde a uma só perspectiva da serra que, sendo a maior amplitude, pode, no entanto, mascarar a ideia do conjunto, nomeadamente quando a serra é muito dissimétrica, o que acontece em particular nalgumas serras em áreas planálticas. que têm vertentes íngremes num sector e muito suaves noutro.

O trabalho sobre o polígono que define o perímetro das serras, permitiu ainda extrair mais alguns parâmetros de caracterização morfométrica, relevantes para a caracterização tanto da sua grandeza como da variabilidade do relevo em cada serra. Conforme a figura 20, para além da *altitude mínima* (3 da fig. 20) - que corresponde ao ponto mais baixo da serra, em termos de cota - e a partir da qual se calcula o *desnível* da serra (A, da fig. 20) - que corresponde à diferença entre a altitude máxima e mínima (portanto a altura máxima que a serra atinge) - obteve-se a *altitude máxima da base* (2 da fig. 20, que corresponde à altitude mínima máxima da serra). Este parâmetro permitiu calcular o *desnível mínimo* (E, da fig. 20) distância vertical entre o cume e o ponto mais alto da base ou altura mínima) que permitiu afinar o processo de selecção de serras, já que um dos critérios para que um relevo seja considerado “serra” é o de não ter nenhum sector com vertentes externas de comando⁷³ inferior a 50 m. Mais ainda, como adiante será referido, este parâmetro é uma das variáveis do cálculo da dissimetria altimétrica (variação máxima da proeminência relativa das serras). Aquando da delimitação inicial dos perímetros das serras, a verificação inicial dos comandos mínimos das vertentes externas tinha sido empírica, por estimativa e, constatando-se que havia serras com desnível mínimo inferior a 50 m, que foram

como referência para subtrair à cota máxima o valor da cota média da base, usa-se a altitude média (valor dado pelo MDT).

⁷³ Altura entre a base e o topo

revistas, tendo sido algumas eliminadas⁷⁴. São ainda obtidos parâmetros menos relevantes, mas não menos significativos, como o *desnível máximo da base* (B da fig. 20) que corresponde à amplitude máxima das cotas extremas da base, sendo, assim um indicador da irregularidade da própria serra tal como o *desnível médio da base*⁷⁵. Este valor tem um paralelismo com o anterior da altitude média da base da serra: ambos são desníveis médios, mas enquanto um é calculado através da média das altitudes dos nós que constituem o polígono da base, este último é o valor intermédio entre a cota máxima e a cota mínima da base. A comparação dos dois permitirá avaliar a irregularidade da serra a partir da irregularidade altimétrica dos seus contornos.

Ainda relacionado com a altitude, mas não tanto com a avaliação da dimensão altimétrica das serras e mais com a homogeneidade ou variabilidade relativas do seu relevo, surge a *altitude média* (5 da fig. 20), que corresponde ao valor da média das cotas de todos os pontos da superfície de uma serra, dada pelo MDT. Por si só não é um parâmetro interessante, mas é extremamente rigoroso, no sentido de ser aferido à totalidade da superfície. É ainda relevante quando comparado a outros, como com a altitude máxima, para avaliar a dissimetria altimétrica das serras através da obtenção do *desnível médio* (G, da fig. 20), que corresponde à diferença entre as altitudes máxima e média⁷⁶. Trata-se um indicador da magnitude relativa das serras dando uma ideia da média das diferenças de altitude que se verificam numa serra. Convertendo-se em percentagem, o seu valor indica a proporção da altitude média relativamente à máxima. Os seus valores máximos podem indicar serras tendencialmente mais planálticas e regulares; os mínimos indicam serras com picos que se destacam ou contrastam com o restante corpo da serra, portanto serras

⁷⁴ Exceptuaram-se as serras transfronteiriças, uma vez que só é considerada a parte portuguesa, há serras cuja fronteira é traçada sobre a linha de cumeada, portanto nesses pontos, o cume coincide com o limite da serra. Logo, a diferença entre a altitude máxima e mínima máxima (desnível mínimo) será próximo do zero.

⁷⁵ Este valor obtém-se pela metade da soma das altitudes máxima e mínima da base. É comparável à *altura* (média) da serra e as diferenças entre estes dois valores pode ter um significado em termos de variabilidade das cotas do perímetro e, portanto, da sua regularidade.

⁷⁶ Não confundir com a altura da serra que, apesar de ter um significado semelhante – diferença entre a altitude máxima e média – a forma de obtenção é diferente. Enquanto a altura é referida à altitude média da base (média das altitudes da base ao longo do perímetro), o desnível médio é aferido à altitude média da serra no seu conjunto, dada pelo MDT.

de topografia muito contrastante, ou ainda serras com vertentes opostas muito assimétricas em termos de declive (ex. relevos tipo costeira com anverso escarpado e reverso suave) ou/e de comando; e, os valores medianos, indicam regularidade ou serras grandes em que as assimetrias se compensam apesar da irregularidade.

Em rigor, a dimensão altimétrica das serras não pode ser aferida pela altitude média, embora, à falta de outro indicador, possa servir para o efeito. Por exemplo, a serra do [Homem da Pedra](#) (998 m) tem uma altitude média superior à da Serra da [Estrela](#) (943 m) e é a de maior altitude média⁷⁷, no entanto não há comparação possível entre as duas em termos de tamanho, apenas significa que, em média, a serra do [Homem da Pedra](#) está num plano mais elevado que a da [Estrela](#). Isto explica-se porque apesar da Serra da [Estrela](#) ser a mais alta, tem um desnível enorme e a sua base atinge cotas muito baixas (Altitude min.= 250 m) ao contrário da serra do [Homem da Pedra](#) que, tendo uma altitude máxima (1144 m) muito inferior à Serra da [Estrela](#) (1993 m) tem desníveis fracos e a sua base mantém-se sempre por cotas elevadas (Altitude min.= 851 m). Pode dizer-se por isso que serra do [Homem da Pedra](#), em média, é uma serra que está num plano mais elevado que a [Estrela](#), mas, apesar disso, é das menores em tamanho.

O *desvio padrão da altitude*⁷⁸, constitui um dos parâmetros para caracterizar a variabilidade do relevo dentro do perímetro de uma serra e, por isso, permite estabelecer comparações com outras, sendo um dos parâmetros que define o indicador de dissimetria altimétrica que adiante referiremos. Parte-se do princípio que, quanto maior for este valor, maior será a variação de p numa serra, pelo que se pode considerar um indicador quantitativo de homogeneidade do relevo⁷⁹.

Apenas com as variáveis encontradas, e já para não falar noutras que foram testadas e descartadas, foi possível estabelecer uma série de relações potencialmente conclusivas. Na bibliografia há quase nada sobre este tema da caracterização altimétrica de serras. Nalguns dos parâmetros que se encontraram, como por exemplo a “dominância”

⁷⁷ As serras de Laboreiro (1174 m); Larouco (1171 m); *Mourilhe* (1109 m); e *Mesas* (1050 m) têm maior altitude média, mas são serras transfronteiriças e, portanto, o seu valor não contempla o sector espanhol destas serras.

⁷⁸ Tal como a altitude média, é igualmente obtido directamente através do MDT.

⁷⁹ Foi considerado ainda o coeficiente de variação da altitude (razão entre o desvio padrão e a média), mas este parâmetro revelou-se menos selectivo e fiável que o desvio padrão.

(termo que podendo ser usado em sentido lato, tem um significado geométrico que corresponde à razão percentual entre o desnível e a altitude) foram excluídos da análise por só terem significado em casos particulares ou não terem nenhum quando se comparam serras entre si. Neste contexto, como foi referido, o desnível, salvo em serras muito simétricas, por si só não dá uma ideia integrada da amplitude altimétrica de uma serra. Teriam de ser medidos e estudados vários desníveis em redor de cada serra para se ter uma imagem real, o que seria exaustivo e, por hora, sem cabimento neste trabalho. Ainda assim muito trabalho subjacente foi feito nesta matéria e que serviu simplesmente para se concluir da sua inutilidade neste domínio. Para além da referida “dominância”, na TABELA XI referem-se alguns desses indicadores altimétricos, talvez os mais plausíveis, que foram ensaiados e excluídos da análise. Apresenta-se o método de cálculo de cada um, os seus objectivos e a razão por que foi descartado da análise.

No final, seleccionaram-se os indicadores incluídos na TABELA XI para se obter uma perspectiva integrada das dimensões altimétricas de uma serra e das serras entre si, que se consideraram possíveis, razoáveis e minimamente eficazes, dentro das possibilidades ao nível da qualidade da informação geográfica utilizada e das limitações da plataforma SIG.

TABELA XI - Alguns indicadores altimétricos ensaiados e excluídos da análise.

INDICADOR ALTIMÉTRICO DESCARTADO	CÁLCULO	OBJECTIVO	MOTIVO DA EXCLUSÃO
COEFICIENTE DE VARIAÇÃO DA ALTITUDE	Desvio padrão/Média x 100	Comparar a variabilidade da altitude entre serras.	O desvio padrão era mais selectivo.
COEFICIENTE OROGRÁFICO (Fournier, 1960)	Relação entre a altura média e a área.	Estudar o grau de dissecção do relevo.	Usa-se para a hidrologia e a sua aplicação nas serras não permitiu obter resultados conclusivos que permitissem fazer uma distinção clara entre as serras sobre o seu grau de dissecção, até porque numa mesma serra pode haver vários, e houve resultados que contrariavam o resultado do índice, como as serras mais dissecadas apresentarem valores maiores que outras menos dissecadas.
COMANDO	Altura de uma vertente medida na vertical entre o topo e a base (no caso seria a vertente maior a ser considerada).	Avaliar e comparar a dimensão altimétrica efectiva das serras pela vertente mais alta.	Cálculo complexo e moroso na maioria dos casos e limita a perspectiva integrada de proeminência que se pretende dar por só considerar um ponto de vista.

DISSIMETRIA ALTIMÉTRICA (VERSÃO 1)	Relação percentual entre o desnível máximo e a altitude média. $100 * (\text{Desnível máximo} - \text{Altitude média}) / \text{Altitude média}$	Avaliação comparativa dos contrastes altimétricos existentes numa serra, para posterior comparação entre serras.	Em teoria, quanto menor o valor, mais dispar seria o cume do restante relevo. Quando o valor fosse positivo, a serra seria dissimétrica em termos de altitudes, apresentando picos superiores à média da serra. Pelo contrário, quando fosse negativo significaria que não haveria grandes desníveis em toda a serra, sendo o relevo mais homogéneo...as serras com maiores contrastes altimétricos seriam as de maiores valores e as de valores negativos não deveriam ter grandes contrastes e quanto menor o valor mais suave seria o relevo. Mas basta haver uma vertente ou um sector da serra que seja abrupto para o valor ser grande. É o caso da Serra da Boa Viagem, que apesar de ser planáltica para o interior, tem uma vertente ocidental abrupta o que faz com que seja a que apresenta o maior valor de todas. O mesmo raciocínio, também é válido para a situação inversa, quando uma serra tem um pico que se destaca enquanto o resto da serra apresenta um relevo mais monótono (ex. Serra de <u>Perre</u>). As que têm valores mais negativos são as mais homogéneas em termos de declive ou as mais planálticas, embora nestes casos as conclusões relativas não sejam muito claras e não se possa estabelecer uma regra. Também o facto de uma serra não ter valores altos não significa que não seja movimentada, só que, nesses casos pode haver um certo equilíbrio entre cristas e vales com a mesma altitude o que faz aproximar o valor do zero. Portanto as mais próximas do zero seriam as mais homogéneas, o que não significa que o relevo seja monótono. O "perigo" de haver contrastes que se anulem é grande. Veja-se o caso de Alvelos, que é muito contrastante com o exterior, mas que apresenta um valor relativamente baixo... Pelo contrário, a serra de Mação - e as cristas quartzíticas em geral - apresenta valores positivos mais baixos, já que, em geral, se o limite se reduzir às cristas em si, há uma certa homogeneidade do relevo apesar dos contrastes de declive. Concluiu-se que o indicador não é conclusivo para expressar o objectivo definido.
DISSIMETRIA ALTIMÉTRICA (VERSÃO 2)	Diferença entre o Desnível máximo e a altitude média		Como seria de esperar são as serras maiores que têm os maiores valores positivos mais altos. As serras mais achatadas são tendencialmente as que têm valores negativos mais altos. As que têm valores próximos do zero não significam nada. Os resultados só são comparáveis em casos extremos, tornando-os inúteis.
DISSIMETRIA ALTIMÉTRICA (VERSÃO 3)	Comparação percentual entre metade do desnível com a altitude média		Em teoria quanto maiores fossem os valores, maiores seriam os contrastes altimétricos. No entanto, a observação dos resultados não permitiu tirar conclusões nesse sentido.

DISSIMETRIA ALTIMÉTRICA (VERSÃO 3)	Amplitude altimétrica (desnível máximo – desnível mínimo)	Avaliação comparativa dos contrastes altimé- tricos existentes numa serra, para posterior comparação entre serras.	Boa representação de contrastes altimétricos, mas inferior à versão adoptada (Amplitude altimétrica + Desvio-padrão da altitude).
DOMINÂNCIA	(Desnível/Altitude) %	Estudar a relação de altura entre serras.	A dominância é maior quando há uma vertente que liga directamente o topo mais alto à base da serra, ou seja, quando o comando coincide com desnível. Ainda assim, quanto maior for a altitude mínima, menor é a importância relativa da dominância, o que invalida o índice. Serras como a da Arrábida ou da Boa Viagem seriam as mais dominantes pois aí o desnível coincide com a altitude. Mas a dominância só se verifica para a vertente principal e na proximidade do nível do mar. Por isso não é um índice que permita comparar dominâncias relativas de serras.
RELAÇÃO DE ALTITUDE	(Altitude máxima / Altitude média) x 100%	Salientar as serras mais suaves e planáltica e as que têm grandes contrastos topográficos. Quanto maior o valor, mais aproximada é a altitude média da máxima, o que permitiria salientar as serras mais homogéneas ou destacar as planálticas. Por outro lado os valores menores poderiam também salientar as serras com grandes contrastes topográficos entre vertentes, com sectores muito suaves, mesmo planálticos e outros muito escarpados.	Os resultados não foram conclusivos em relação aos objectivos traçados.
RELAÇÃO DE RELEVO (SCHUMM, 1956)	Desnível / Comprimento %	Relação entre o relevo e o comprimento.	A observação dos resultados indicou que este indicador não é claro quanto à interpretação dos valores obtidos quando se pretende comparar serras entre si. Este índice usa-se sobretudo para a caracterização de bacias hidrográficas para comparação de formas de drenagem.
RELAÇÃO DE VIGOR	100*(Desnível– Altitude média)/ Altitude média	Comparação do desnível com a altitude média para avaliar os contrastos altimétricos. Quanto menor, mais dispar é o cume do restante relevo.	Sem significado evidente.

3.1.2. Parâmetros de superfície (TABELA XII)

TABELA XII - Indicadores para caracterização das dimensões planimétricas das serras.

INDICADORES DE SUPERFÍCIE
<i>Perímetro</i>
<i>Área</i>
<i>Comprimento</i>
<i>Largura (média)</i>
<i>Indicador de Alongamento</i>

O perímetro das serras é, afinal de contas, o elemento chave deste trabalho, pois todos os parâmetros decorrem dos limites desenhados. No entanto, o valor do perímetro, por si só, não é especialmente interessante considerando os objectivos deste trabalho. Uma comparação entre perímetros dá uma relação de grandeza entre as serras, mas a área é um valor mais fiável, já que o perímetro é condicionado pelo maior ou menor recorte da linha que define a base das serras ou do detalhe com que é desenhado⁸⁰. Ainda assim, na perspectiva de poder identificar, através do valor da relação, as serras mais recortadas e menos recortadas, estabeleceu-se uma relação entre a área e o perímetro, habitualmente usada em estudos de hidrologia. Também se estabeleceu uma relação entre os valores normalizados de ambos os parâmetros, tendo-se concluído que as maiores serras apresentam valores mais elevados e os valores mais baixos não são explicáveis de forma integrada, não havendo grande interesse nos resultados. Por isso, destes parâmetros será a área o utilizado para a análise comparativa do tamanho das serras. O perímetro será sempre interessante para medir o comprimento circundante da base de cada serra.

Em relação ao comprimento da serra, já foi descrito anteriormente que foi usado o valor do comprimento da linha de cumeada, muito generalizada, definida por segmentos de recta ligando os pontos mais elevados, de um extremo ao outro de cada serra, segundo o comprimento maior dado pelo polígono que define a base⁸¹.

⁸⁰ Apesar de haver a preocupação de se manter um determinado nível de detalhe constante durante a digitalização por interpretação dos limites das serras, existe sempre uma variação de critério consoante as diferentes situações.

⁸¹ Para casos particulares de marcação da linha de comprimento ver páginas 43 e 44.

O comprimento é também um parâmetro essencial para se determinar a largura. A metodologia usada para determinar a largura das bacias hidrográficas não se pode aplicar às serras⁸² embora seja possível nalguns casos onde a forma dos limites das serras seja próxima de formas geométricas regulares. Mas a regra não é essa no que diz respeito às serras. Assim, foi calculada a *largura média* (a que daqui em diante se passará a chamar “largura” no sentido lato). Dado o comprimento e o modo de se obter, a largura não se mede em função da forma do polígono que define a sua área, mas em função da relação do comprimento com essa forma. A existência de polígonos largos ou circunformes não significa necessariamente que as serras que delimitam sejam em média mais largas que outras com forma mais alongada. O valor obtém-se a partir da razão entre a área e o comprimento, mas, no sentido de permitir uma interpretação mais rápida e objectiva do valor final, resolveu-se converter esse valor em percentagem, chamando-lhe *indicador de alongamento (Ial)*. Portanto, o valor indica a proporção da largura relativamente ao comprimento. Este não é, no entanto, um parâmetro fundamental para caracterização do tamanho de uma serra nem da variabilidade do seu relevo, mas tão somente, com o seu cálculo, pretende-se dar uma indicação morfológica sobre o maior ou menor alongamento de uma serra, no sentido de que, quanto menor o valor, mais alongada será a serra no seu todo. Evidentemente que, apesar de ser selectivo, este parâmetro não é facilmente interpretável quando se trata de serras com forma complexa ou irregular. Uma serra pode ter sectores mais largos e outros mais alongados em proporções idênticas ou diferentes. Isto é, as conclusões neste contexto que o indicador se propõe obter não são inequívocas em todas as situações, pois o seu valor pode não indicar se uma serra é larga ou alongada, sobretudo nos valores intermédios. Esta complexidade não é transmissível por um único valor, mas em termos comparativos e na generalidade, constatou-se que o indicador é geralmente eficaz, sobretudo quando se comparam os valores mais extremos.

⁸² A largura de uma bacia hidrográfica é dada pelo comprimento do maior troço perpendicular à linha que define o comprimento que, por sua vez, é definido ligando o ponto correspondente ao nível de base do rio e a cumeada da cabeceira principal. Logo, não faz sentido aplicar esta metodologia às serras, nem tão pouco unir os pontos mais afastados do polígono sem considerar a lógica geométrica tridimensional de cada serra.

À margem das ST, para as quais o indicador de alongamento não tem significado por estarem cortadas na fronteira, há serras que apresentam larguras maiores que o comprimento, o que se deve ao facto das vertentes opostas, ao longo da linha que define o comprimento, serem muito assimétricas.

Quanto aos outros parâmetros de superfície, já foi referido que os valores de área, perímetro e comprimento são obtidos de forma directa a partir dos atributos associados às suas geometrias vectoriais desenhadas em SIG.

3.1.3. Parâmetros volumétricos

O *volume* constitui um parâmetro fundamental, já que é um dos mais selectivos e independentes no que diz respeito à análise e avaliação do tamanho relativo das serras, não tanto da variabilidade do relevo. Pode-se afirmar que congrega a visão integrada da dimensão global de uma serra, quando os valores das serras são comparados entre si. As serras com maior volume são as maiores, embora, por si só, tal não garanta que sejam simultaneamente as mais altas nem as mais extensas, sendo necessário combinar este parâmetro com outras variáveis significativas naqueles aspectos: a área, desde logo, pois quanto maior for o volume por área, maior é a proeminência; o comprimento; e o desnível/altura. Com estas variáveis constituiu-se o indicador que se designou por *grandeza* e que adiante será analisado. Relacionado o volume com a área das serras obtém-se ainda um melhor indicador de tamanho. Considerando que se um maior volume couber numa menor área será porque o relevo é mais alcandorado comparativamente a outro. Este indicador, usado pelo autor (Silva, 1996), designado então por *Energia do Relevo* - aqui referido por *vigor* - mede precisamente essa relação (razão entre o volume e a área).

Sem as actuais ferramentas SIG, seria extremamente difícil obter o volume das serras. Ainda assim o procedimento não é simples nem sistemático e foi um dos mais morosos de todo o processo, não tanto pela complexidade da utilização da ferramenta que permite obtê-lo, mas pela forma com os resultados são sistematizados e pela envolvente prévia da preparação dos dados e configuração da informação geográfica necessária para o seu cálculo e posterior sistematização dos resultados para análise.

O volume é obtido a partir da definição de um plano altimétrico de base, tendo-se usado a altitude mínima da serra para esse efeito. Pode-se identificar a existência de um erro associado a este processo, pois pressupõe-se a isometria da base da serra, o que não corresponde à verdade. À escala a que se propôs apresentar os resultados, e após alguns ensaios, este erro pôde considerar-se desprezável, embora seja maior nas serras onde as variações altimétricas do perímetro sejam maiores. Portanto o volume considerado diz respeito a toda a massa acima desse plano à altitude mínima da serra. Neste trabalho usou-se a ferramenta *ArcGIS 3D Analyst* para obter o valor do volume. O resultado é mostrado apenas em ficheiro de texto e não é passível de ser visualizado em mapa de forma imediata ou sistemática, havendo, para o efeito, que transpor os valores para uma folha de cálculo e depois passá-los para formato SIG através de ligações às tabelas de atributos, neste caso associando o volume ao perímetro correspondente.

No sentido de usar o volume para avaliar a variabilidade do relevo foi engendrado um índice – *relação de volumes* – que, em analogia com a *relação de altitude* (ver TABELA XII), pode, em teoria, ser um indicador para discriminar e hierarquizar as variações do relevo das serras. Assim, calculou-se o *volume médio*, usando como plano de referência o valor da altitude média e estabelecendo uma razão percentual entre o volume total e o volume médio. Em teoria, quanto maior for a relação de volumes, ou seja, quanto mais o valor do volume médio se aproximar do volume total, maior a regularidade do relevo. Os resultados mostraram uma certa tendência para os valores mais elevados se relacionarem com os relevos mais planálticos ou de cumeadas mais regulares ou serras de declive mais suave. Esta ideia ficou longe de se tornar regra por haver demasiadas excepções que, afinal seria de esperar, dada a já referida complexidade ou irregularidade do relevo em diversas serras dentro do próprio perímetro, estando a considerar-se cada serra como um todo. Na realidade, seria demasiado exaustivo e trabalhoso estar a diferenciar sectores diferentes dentro de cada serra e isso ficaria para lá do objectivo deste trabalho. Refira-se ainda que a delimitação de muitos dos perímetros teve que atender à posição do nome das serras e outros foram ajustados a topónimos que se posicionavam periféricamente ao perímetro final, além de outras circunstâncias, tudo isso contribuiu para que essas heterogeneidades se acentuassem. Assim, tal como a relação de altitudes, a relação de volumes foi descartada como indicador.

Neste contexto, a reter em termos de utilização final, o *vigor* será o indicador por excelência.

3.1.4 Índices e relações entre parâmetros (TABELA XIII)

Este ponto diz respeito a indicadores obtidos através de operações matemáticas básicas, entre parâmetros básicos. Nos pontos anteriores já se lhes referiu.

TABELA XIII - Índices dimensionais das serras e de variabilidade do relevo.

ÍNDICE	CÁLCULO	OBJECTIVO	NOTAS
ENERGIA DO RELEVO (VIGOR)	Volume / Área	Identificar padrões afectáveis à variabilidade do relevo.	Indicador muito selectivo.
INDICADOR DE ALONGAMENTO (IAL)	Largura média x 100 / Comprimento	Estudar o maior ou menor alongamento das serras.	Idêntico à Largura Média, mas o valor é mais perceptível.
ÍNDICE DE ALONGAMENTO	$Ia = 2 \frac{\sqrt{Área/\pi}}{Comprimento}$	Estudar o maior ou menor alongamento das serras.	Pouco eficaz, só funciona nos casos mais extremos e não é certo.
LARGURA MÉDIA	Área / Comprimento	Estudar o maior ou menor alongamento das serras.	Eficaz, mas o IAL é mais completo.
RELAÇÃO ÁREA / PERÍMETRO	Área/Perímetro	Comparar a regularidade do perímetro das serras.	Inconclusivo.
RELAÇÃO DE VIGOR	Vigor / Vigor médio	Estudar a variabilidade relativa do relevo em cada serra através da relação entre volumes considerando a área.	Pouco conclusivo.
RELAÇÃO DE VOLUMES	Volume / Volume médio	Estudar a variabilidade relativa do relevo em cada serra através da comparação de volumes.	Pouco conclusivo.
RELAÇÃO PERCENTUAL COMPRIMENTO/ PERÍMETRO	Comprimento x 100 / Perímetro	Identificar padrões afectáveis à variabilidade do relevo.	Os resultados não foram satisfatórios.

3.1.5. Indicadores integrados de tamanho e variabilidade do relevo

Os indicadores integrados de Tamanho e Variabilidade do Relevo são de extrema importância, pois é a partir destes que as serras são classificadas pelo seu tamanho e grau de acidentação do relevo. Como este trabalho é original em termos da perspectiva de abordagem, não há na bibliografia referências de índices específicos directamente aplicáveis. Por outro lado, dos que se tentaram adaptar, nomeadamente os usados para a análise morfométrica de bacias hidrográficas, foram em geral postos de lado, como já se viu. Na bibliografia internacional, trabalhos similares referem-se genericamente a montanhas e em escalas demasiado abrangentes. Assim, teve de haver um trabalho de ensaios, experiências, comparações e verificações, sempre numa tentativa de encontrar um parâmetro cujo valor, dentro do universo das serras de Portugal Continental, pudesse transmitir essa ideia de tamanho e de variabilidade do relevo. Conforme já referido, após vários testes, determinou-se que o volume, o comprimento e a altura eram as três variáveis seleccionadas, *à priori*, para essa caracterização, garantindo em simultâneo alguma independência entre si embora, na realidade, exista uma certa correlação entre elas. Para encontrar a já referida relação de grandeza integrada somaram-se indicadores representativos de comprimento, altura e volume. Obviamente que, sendo grandezas diferentes, para que tal operação seja válida e os resultados tenham significado, foi preciso normalizar os dados para serem directamente comparáveis (mais adiante o assunto será retomado). Diga-se que se testaram e mapearam praticamente todas as combinações possíveis entre todas as variáveis, mesmo aquelas que não fariam grande sentido, tendo sido seleccionadas inicialmente as variáveis indicadas na TABELA XIV (que foram normalizadas para comparação directa) e que, à excepção da área, comprimento e altura, são variáveis espaciais, aferidas ao MDT (TABELA XV).

Cada uma destas variáveis, por si só, e por comparação, pode dar uma ideia do objectivo para a qual foi seleccionada. Acontece que, na mesma base de classificação (que adiante será referida) para o mesmo objectivo só se obtém a importância relativa da serra para o tamanho ou para a variabilidade em separado e não de forma integrada apesar de haver um indicador - *vigor* - a partir do qual se possa inferir a esse respeito. Uma serra pode ser mais ou menos comprida, mas pode ocupar uma maior ou menor superfície, ser mais ou menos irregular em termos de formas, ser mais alta ou mais

TABELA XIV - Indicadores básicos normalizados para cálculo de parâmetros integrados de tamanho e variabilidade do relevo das serras.

PARÂMETROS BASE PARA A DETERMINAÇÃO DE INDICADORES INTEGRADOS DE TAMANHO E VARIABILIDADE DO RELEVO DAS SERRAS		
VARIÁVEIS	TIPO DIMENSIONAL	OBJECTIVO
<i>COMPRIMENTO</i>	linear 1D	tamanho linear
<i>ALTURA MÁXIMA/DESNÍVEL</i>	linear 1D	tamanho vertical e variabilidade
<i>ÁREA</i>	espacial 2D	tamanho espacial planimétrico
<i>VOLUME</i>	espacial 3D	tamanho global
<i>ALTITUDE MÉDIA</i>	estatístico espacial 3D	variabilidade altimétrica
<i>DESVIO PADRÃO DA ALTITUDE</i>	estatístico espacial 3D	variabilidade altimétrica
<i>DESVIO PADRÃO DO DECLIVE</i>	estatístico espacial 3D	variabilidade geométrica do relevo
<i>DECLIVE MÉDIO</i>	estatístico espacial 3D	variabilidade geométrica do relevo

baixa. A altitude média e o declive médio foram variáveis menos interessantes, cuja importância se desvanece, sobretudo quando se apresentam relevos muito complexos e com grandes variações da morfologia que a tendência central (média) mascara. Pelo contrário, os desvios-padrão dessas mesmas são variáveis mais interessantes na identificação da variabilidade em cada contexto (tamanho ou variabilidade). No entanto, individualmente, o declive médio tem mais interesse que a altitude média, já que estabelece uma hierarquia das serras mais declivosas e menos declivosas (embora os resultados devam ser sempre analisados com espírito crítico, pois há serras que têm sectores mais suaves e outros menos, onde os extremos se podem anular, e a média mascara essas dissimetrias). A altitude média, por si só define apenas as serras que, no seu todo, se encontram em média mais elevadas em relação ao nível do mar, o que, apesar de tudo, no contexto nacional, não deixa de ser um indicador. Seria um bom indicador se a base das serras estivesse sempre ao mesmo nível.

Já o desnível é uma variável muito interessante, pois é um duplo indicador: de altura relativa/tamanho e de variabilidade morfológica, embora a sua eficácia descritiva seja mais relevante quando associado a outras variáveis.

Independentemente de cada indicador ser apresentado individualmente, a sua combinação selectiva permite dar uma sólida - embora nunca perfeita - percepção do tamanho e variabilidade relativos das serras. Diz-se relativos porque, como foi referido, a avaliação não é feita em termos absolutos, mas em termos comparativos, embora nalgumas variáveis seja feita uma comparação absoluta apesar da classificação

(o intervalo de classes) se basear, em regra, nos desvios padrão das séries de valores, estabelecendo-se assim a distinção nessa base.

O índice *vigor*, por si só, já dá boas indicações sobre a grandeza e variabilidade em simultâneo, mas não é muito selectivo e tem de ser complementado por outros indicadores para que se cheguem a conclusões claras, tendo-se optado por testar indicadores mais complexos, para se obter essa maior selectividade. Também se explorou o índice designado por *dissimetria altimétrica* para ilustrar o contraste de alturas em cada serra e entre serras. Após vários ensaios (rever TABELA XI) utilizou-se para o seu cálculo um indicador parcial, a *amplitude altimétrica*: diferença entre o maior e o menor desnível de uma serra; e ainda o desvio padrão da altitude. Este índice congrega assim dois aspectos que, por um lado indicam o quanto pode variar a altura de uma serra dentro do seu perímetro e, por outro, a variabilidade das altitudes atingidas. Poderia ser usado também como indicador da variabilidade do relevo no seu conjunto, mas só envolve parâmetros relacionados com a dimensão vertical e, por isso, será apresentado outro indicador – o já referido índice *acidentação* que envolve a dissimetria altimétrica e também o declive. Assim, a dissimetria altimétrica, individualmente, apresenta-se apenas para ilustrar a variabilidade altimétrica extrema numa serra.

Em suma, concentra-se em dois índices o propósito de identificar, classificar e diferenciar as serras em termos de tamanho, por um lado, e variabilidade ou movimentação do relevo por outro: a *grandeza* e a *acidentação*, que resultaram de vários ensaios e combinações de parâmetros descritivos na figura 19.

Assim, designou-se por *Grandeza* o parâmetro a partir do qual se analisa e avalia o tamanho relativo das serras (não se chamou de “tamanho” porque o termo “grandeza” é mais abrangente em termos de percepção subjectiva da dimensão espacial integrada). Conforme já foi referido, este indicador deveria ser obtido a partir de parâmetros que, em conjunto, transmitissem a noção integrada de tamanho: comprimento, altura e dimensão volumétrica, isto é, considera-se grande uma serra alta, volumosa e comprida⁸³. Depois de alguns ensaios de combinações de variáveis resolveu-se substituir o *volume* pelo *vigor*, já que este índice estabelece a relação entre

⁸³ Note-se que comprida, não significa necessariamente alongada, funcionando o comprimento mais no sentido da extensão relativa.

volume e área o que reforça a ideia de dimensão global. A utilização do volume só por si, enfatiza serras com grandes superfícies e comprimento contudo, também enfatiza algumas com fraca proeminência relativa (pondo por exemplo a serra do Caldeirão ao nível da Serra da Estrela). Por outro lado, se o *desnível* inicialmente foi pensado para integrar este índice, por representar apenas a faceta mais alta das serras – a que corresponde à altura máxima – considerou-se que não daria uma perspectiva integrada da dimensão altimétrica da serra. Assim foi substituído pela *altura média* que se aproxima mais dessa tal perspectiva integrada, embora não directamente tangível por se tratar de um valor calculado e não observado.

Assim, o tamanho relativo das serras é avaliado pela *grandeza*, que, então, corresponde à soma dos valores (normalizados) do comprimento, vigor e altura média, sendo estabelecida uma classificação hierárquica, com intervalos de classe iguais a um desvio padrão, a partir da classe central. A figura 21 mostra algumas das soluções testadas e recusadas, onde se jogou com diversas combinações de parâmetros representativos de cada um dos vectores considerados para definir o tamanho de uma serra (comprimento, altura e dimensão global), de acordo com a TABELA XII.

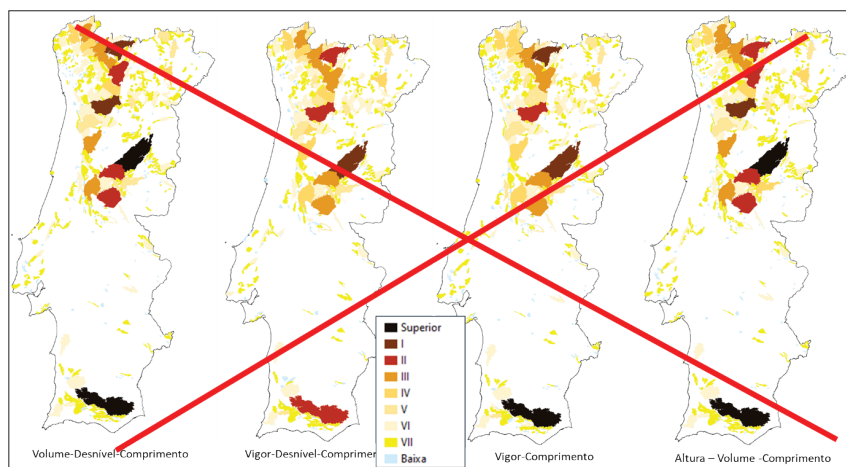


Fig. 21 - Algumas das soluções para obter o indicador de grandeza, que foram descartadas (A exclusão destas e de outras soluções testadas, teve como base a comparação de algumas serras conhecidas onde a relação pretendida não correspondia à realidade nalguns casos, ou não transmitia correctamente, entre si, a relação de grandeza pretendida).

Uma vez obtidos e analisados os resultados, emergiu ainda uma nova questão: havia serras, como a do [Caldeirão](#), que sobressaíam entre as maiores, mesmo não tendo um dos três componentes considerados - a altura média - nos valores mais elevados. Isto é, a Serra do [Caldeirão](#), é de facto uma serra fora de série à escala nacional, pois dispõe das maiores área e comprimento, mas é apenas uma serra média em termos de dimensão altimétrica, pois é a apenas 231^a mais alta de Portugal. A combinação dos dois factores – comprimento e área – sobrevalorizam serras como esta, o que desvirtua o objectivo do índice, dado que a dimensão altimétrica é, neste caso desvalorizada. Assim, aplicou-se um filtro à relação de grandeza estabelecida - sem ponderações que seriam sempre subjectivas - considerando para a contabilidade apenas as serras cujos valores de altura, vigor e comprimento cabiam simultaneamente no percentil 90 do conjunto de todas as serras (ver adiante a TABELA XVII). Registaram-se apenas 22 serras nesse contexto, que assim se destacam como as maiores e que, garantidamente, estão sempre entre as 10 % maiores nos três indicadores considerados fundamentais, evitando assim a preponderância excessiva de um dos factores em relação aos outros.

Por outro lado, é ainda interessante analisar a grandeza das serras, no que diz respeito apenas à sua altura e vigor conjugados, independentemente do comprimento, já que esta última variável tende a promover serras mais compridas exagerando a sua importância relativa neste contexto. Assim, incluiu-se uma categorização que se designou por “serras mais altas e vigorosas”, considerando apenas o *vigor* e a *altura* para o indicador de grandeza, excluindo o comprimento e que originou o índice *vigor altimétrico*. Sendo uma informação complementar, permitiu que se pudesse atender à existência de serras que, potencialmente, fossem projectadas para as maiores por causa do seu *vigor altimétrico* díspar em relação ao comprimento. Na realidade, os resultados mostraram que isso apenas foi observado na variação de algumas posições relativas de algumas serras, mas nada comparável com o que sucede em relação ao comprimento, o que de certa maneira permite concluir que existe uma relação directa entre a altura e o vigor. Ainda assim foram feitos alguns ajustes⁸⁴ para que não houvesse nenhum dos três factores de grandeza

⁸⁴ Ver [fig. 41](#).

com preponderância decisiva na posição relativa de cada serra.

Para classificar uma serra quanto ao tamanho e forma, à ideia de grandeza deve acrescentar-se a de variabilidade/regularidade/simetria. Para além de ser grande, é importante definir se se trata de uma serra muito ou pouco acidentada, mais, ou menos simétrica. Neste sentido procurou obter-se um indicador para o efeito, incidindo sobre os parâmetros que reflectem a variabilidade relativa, tendo-se definido o já referido índice que se designou de *Acidentação*. A adjectivação ou a qualificação de uma serra como “acidentada” depende da variabilidade do relevo.

De entre o universo das serras de Portugal Continental, pretende-se fazer uma avaliação relativa da movimentação do relevo. Ou seja, pretende-se realçar as que, no conjunto⁸⁵, apresentam maiores ou menores variações da topografia, isto é, de declives e de alturas/desníveis e tentar por via paramétrica obter um indicador minimamente significativo. Uma serra é acidentada quando tem, em simultâneo, grandes variações de declive e de altitude dentro do seu perímetro. Quantificar e validar os resultados a partir da percepção empírica que se tem desta quase abstracção não é fácil e, sobretudo, não deve ser tida como única e absoluta. Mas foi nesse contexto que se fizeram opções sobre a melhor combinação de variáveis a usar e se efectuaram várias experiências para o efeito. Como os resultados não são absolutos, ou seja, os resultados relativos a uma determinada serra, devem ser sempre interpretados à luz do panorama geral de todas as serras, para além dessa percepção empírica, retirada da análise do relevo a partir das formas, usando o MDT e os mapas de declives e hipsométrico, ainda foi possível estabelecer comparações directas entre serras. Mediante os diferentes resultados que foram surgindo de diferentes combinações possíveis, a partir do conhecimento de cada serra, foram sendo tomadas opções sobre combinações de variáveis até se chegar à solução final.

Assim, para a acidentação foram testadas várias combinações de variáveis, para que se pudesse transmitir uma imagem dessa movimentação relativa do relevo em cada serra, em comparação com as outras, classificadas com base

⁸⁵ Mais uma vez se refere que se faz a avaliação integrada de cada serra como um todo, não atendendo aos contrastes que internamente podem ter e que não são ou não se podem transmitir de forma objectiva através de um indicador quantitativo.

no desvio padrão dos valores normalizados das variáveis seleccionadas. Deste modo estabeleceu-se uma classificação hierárquica neste contexto. É certo que se poderá sempre comparar directamente os parâmetros de dispersão do declive e da altitude em separado e retirar conclusões, mas preferiu-se ensaiar um indicador composto que englobasse essas duas variáveis em conjunto, considerando-se a aciditação. Esta é tanto maior quanto maior for o valor resultante da combinação de parâmetros representativos da variabilidade altimétrica e do declive. Assim, as serras mais aciditadas são as que apresentam maiores variações de altitude e de declive em simultâneo. Considerando os indicadores da TABELA XIII, foram testadas as combinações possíveis, tendo-se obtido resultados díspares. À partida, o desvio padrão da altitude e do declive combinados deveriam garantir uma imagem da variabilidade do relevo, já que são por excelência parâmetros de dispersão. No entanto, verificou-se que isso privilegiaria as serras mais dissecadas (mapa 3 da fig. 22), mas nem por isso com grandes variações de desnível, nomeadamente enfatizando as serras de xisto, e pondo para segundo plano serras com grandes variações de altitude. Por outro lado, usando, por exemplo, os coeficientes de variação da altitude e do declive, sobressaem serras dissimétricas, mas nem por isso irregulares, nomeadamente algumas no litoral com anversos escarpados e reversos mais suaves (Ex. [Arrábida](#) ou [Boa Viagem](#)), para além de inúmeras situações cuja explicação dos resultados seria, no mínimo, difícil e complexa.

Das combinações mais plausíveis à partida, a fig. 22 mostra os resultados obtidos.

No número 1 da figura 22 a relação mais plausível pareceu ser a combinação do desnível, com os desvios-padrão do declive e da altitude, mas como se concluiu, entretanto, haver uma correlação quase directa entre o desnível e o desvio padrão da altitude, optou-se por se excluir esta última variável.

Admitiu-se inicialmente que a associação do desnível com o desvio padrão do declive pudesse ilustrar as diferenças entre a aciditação relativa das diferentes serras, mas, finalmente concluiu-se que a dissimetria altimétrica (rever atrás) daria uma melhor noção do contraste altimétrico de uma serra do que apenas o desnível máximo. Assim, acabou por se optar pela associação da dissimetria altimétrica com o desvio padrão do declive para se determinar a aciditação, somando os respectivos valores normalizados. Partiu-se assim do pressuposto de que as serras

mais acidentadas fossem aquelas que apresentassem, em simultâneo, valores elevados de dissimetria altimétrica (grandes contrastes altimétricos) e do desvio padrão do declive (grande variabilidade de pendentes).

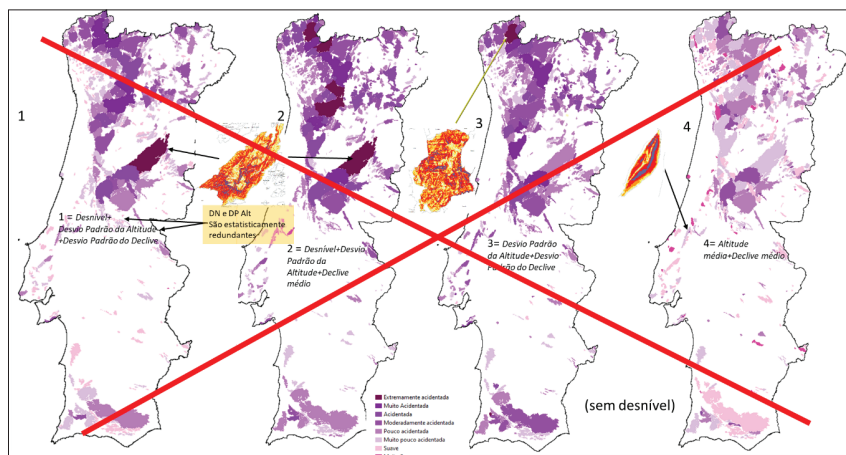


Fig. 22 - Exemplos de combinações descartadas de variáveis para avaliação da acidentação (Obtiveram-se resultados muito díspares no que respeita, neste caso, ao máximo valor obtido, devendo atender-se ainda à relação comparativa entre as serras, considerando o conhecimento empírico que se tem delas. A solução final, apresentada no ponto seguinte, aproxima-se da relação do mapa da esquerda. Na figura é ainda mostrado em janela ampliada o mapa de declives das serras que, em cada combinação testada, são indicadas como as mais acidentadas, e que, salvo nos dois primeiros casos (1 e 2 – Serra da Estrela), são serras com características muito diferentes (3- Serra do Soajo; 4- Serra dos Candeeiros)).

Para se ter uma indicação sobre a assimetria de uma serra, foi ainda concebido o indicador *assimetria*, já referido na TABELA VII, tendo em vista avaliar a simetria relativa da forma de uma serra, a partir do desfasamento entre o cume e o centro geométrico da serra, medido em relação ao comprimento da mesma serra. Desta forma, quanto maior esse desfasamento, maior a probabilidade de a serra ser assimétrica, já que, se o cume coincidir com o centro, a serra será provavelmente simétrica (embora não seja garantido). O valor dessa assimetria é ponderado pelo comprimento, pois se não o fosse, as maiores serras surgiriam como as mais assimétricas porque os valores das distâncias seriam aí maiores em termos absolutos, adulterando assim o objectivo deste indicador. Portanto a assimetria é o valor

percentual da distância euclidiana entre o cume e o centro geométrico da serra, dado pela proporção em relação ao comprimento total da serra.

Em síntese, a TABELA XV mostra as fórmulas utilizadas para os diferentes indicadores seleccionados de grandeza e acidentação.

TABELA XV - Fórmulas para o cálculo dos indicadores compostos para classificação da grandeza e acidentação das serras.

ÍNDICE	FÓRMULA DE CÁLCULO
INDICADOR DE ALONGAMENTO (%)	LARGURA MÉDIA X 100 / COMPRIMENTO
ASSIMETRIA (%)	(DISTÂNCIA ENTRE O CUME E O CENTRO GEOMÉTRICO) X 100 / COMPRIMENTO
VIGOR (km ³ /km ²)	VOLUME / ÁREA
VIGOR ALTIMÉTRICO	ALTURA MÉDIA + VIGOR
GRANDEZA	VIGOR ALTIMÉTRICO + COMPRIMENTO
DISSIMETRIA ALTIMÉTRICA	AMPLITUDE ALTIMÉTRICA + DESVIO-PADRÃO DA ALTITUDE
ACIDENTAÇÃO	DISSIMETRIA ALTIMÉTRICA + DESVIO-PADRÃO DO DECLIVE

A amarelo os índices em que são usados valores normalizados das variáveis que os compõem, portanto adimensionais. A cinzento, os que podem ser usados com valores normalizados ou com valores absolutos. Sem preenchimento, os indicadores em que se usam os valores absolutos das variáveis.

Apresentados os indicadores de caracterização morfométrica das serras e o seu significado e objectivo, passa-se em seguida à análise dos resultados obtidos.

3.2. Análise Estatístico-Orográfica de Portugal continental

A análise incidirá sob duas perspectivas: uma integrada, outra particular. No primeiro caso, será observado o panorama do conjunto no território continental, numa análise simples de valores estatísticos. No segundo caso será tratado o panorama individual de cada serra ou de grupos de serras, também no contexto nacional, já baseado em mapas.

Deve referir-se previamente que o panorama orográfico de Portugal Continental decorre da relação de serras estabelecida em função dos critérios usados, apesar do cuidado tido na escolha dos critérios de forma equilibrada e de modo a constituir um inventário de todos os elementos do relevo passíveis de serem considerados como serras.

Outro aspecto importantíssimo a considerar *à priori*, é que uma parte das serras delimitadas pode não constituir unidades naturais, uma vez que, conforme foi referido na introdução, os seus limites foram primeiramente estabelecidos com base na toponímia pré-existente. Já em relação às serras propostas isso não acontece, podendo estas ser consideradas como conjuntos naturais com limites genuínos, embora por vezes condicionados pela existência de serras conhecidas contíguas.

Há ainda serras que foram agrupadas ou inseridas em conjuntos mais abrangentes. Nesses casos, delineou-se uma serra principal resultante desse agrupamento, ou contendo esse agrupamento, em que essas serras agrupadas passaram à condição de sub-serras⁸⁶. Portanto, se tivesse havido uma delimitação de raiz, como se fez com as serras propostas, o panorama seria certamente diferente: o número de serras seria diferente, a dimensão de algumas e a sua relação topológica seriam também diferentes.

Tudo isto tem certamente influência nos resultados obtidos, nomeadamente nos valores de parâmetros como a área, o comprimento e o volume. Também a adopção de critérios usando limites mais largos ou mais apertados (rever TABELA I),

⁸⁶ Neste aspecto, poderia ter-se ido mais além, como por exemplo no caso das serras do conjunto Açor-Lousã que poderiam ser agregadas numa só. Mas como se trata de serras da maior importância, isso não foi feito, por todas as consequências que daí poderiam advir.

ou mesmo se se tivesse adoptado outros critérios diferentes, ou mais ou menos critérios, tudo isso faria variar o panorama e a relação de valores e os resultados a jusante. Ainda assim, ao nível de detalhe que é proposto neste trabalho, julga-se que se consegue transmitir uma imagem bem real da distribuição geográfica das serras de Portugal e principais características do seu relevo, mesmo num contexto exclusivo voltado única e simplesmente para a situação obtida com base nos pressupostos definidos.

Neste contexto, pode ainda afirmar-se que, para além das Unidades Morfo-Estruturais reconhecidas, não há divisões mais finas, a nível nacional, que nos permitam enquadrar as serras de forma consensual em unidades orográficas mais selectas. Por esta razão a análise terá essencialmente como suporte contextual, as grandes unidades que foram definidas em função das serras e como grandes superfícies ou se se quiser, grandes blocos interfluviais – conjuntos de serras e área de enquadramento em redor - embora, sempre que se justifique ou seja oportuno, sejam mencionadas outras unidades conhecidas, entretanto já referidas na bibliografia.

No sentido de se estabelecer uma base estatística para comparação das serras num contexto exclusivamente nacional do Continente, os valores de cada indicador analisado são agrupados separadamente em séries estatísticas individuais e tratados em conformidade para o universo da totalidade das serras, calculando-se os parâmetros estatísticos mais comuns e que se considerou serem mais relevantes para explicar a variabilidade orográfica (TABELA XVI).

TABELA XVI - Parâmetros estatísticos usados na análise das diferentes variáveis consideradas no estudo da morfometria das serras de Portugal.

Tendência central	Dispersão	Extremos	Probabilísticos
Média	Desvio Padrão	Máximo	Percentis
Mediana		Mínimo	

Nota: O coeficiente de variação também foi estudado, mas acabou por não ser usado.

Apresentam-se em seguida os resultados dos indicadores morfométricos mais relevantes, obtidos para o conjunto do País, considerando todas as serras principais (TABELA XVII e TABELA XVIII).

A área das serras corresponde a cerca de 25 % do território continental português (fig. 23) e o seu volume a 27 %.

TABELA XVII - Estatística dos indicadores morfométricos mais relevantes da Orografia de Portugal Continental. Nota: Grandeza, Acidentação e Dissimetria altimétrica_N, resultam da adição de valores normalizados das variáveis que compõe estes índices, pelo que a média é forçosamente zero.

	Altitude máxima	Altitude mínima	Altitude média	Desnível	Altura média	Desv. Pad. Altitude	Comprimento (km)	Área (km ²)	Perímetro (km)	Volume (km ³)	Vigor (km ³ /km ²)	Declive médio (°)	Desv. Pad. Declive (°)	GRANDEZA	ACIDENTAÇÃO	DISSIMETRIA ALTIMÉTRICA (m)	DISSIMETRIA ALTIMÉTRICA_N
mínimo percentis	127	2	36	103	79	19	2	1	5	0,1	0,03	5	3	-3	-3	56	-2
10%	261	25	153	155	118	31	3	3	8	0,2	0,06	7	4	-2	-2	111	-2
20%	331	51	198	188	141	39	4	4	11	0,4	0,08	8	5	-2	-2	144	-2
30%	394	89	244	224	165	48	4	6	13	0,6	0,10	9	5	-2	-1	178	-1
40%	466	125	302	269	193	55	5	9	15	1,1	0,12	10	5	-1	-1	224	-1
mediana	562	151	353	327	231	67	6	12	18	1,8	0,14	10	6	-1	0	269	-1
média	603	226	406	377	276	81	9	38	29	13,0	0,18	11	6	0	0	331	0
60%	657	225	432	371	269	79	8	17	22	3,0	0,17	11	6	0	0	333	0
70%	752	300	531	434	309	93	10	23	28	4,7	0,21	12	6	1	1	393	1
80%	852	400	606	522	376	114	13	37	37	7,7	0,25	14	7	1	1	474	1
90%	987	500	743	675	491	151	18	68	57	19,5	0,33	15	7	3	2	638	3
máximo	1993	903	1174	1743	1339	334	116	1432	497	770,0	0,71	21	10	17	7	1362	9
desvio padrão	296	193	227	233	175	52	10	104	35	51,2	0,12	3	1	3	2	226	2

TABELA XVIII - Parâmetros morfométricos principais de Portugal Continental.

Altitude máxima	1.991 m *
Altitude mínima	0 m
Altitude média	319 m
Altitude média das serras	406 m
Desnível máximo	1.991 m **
Desvio Padrão da altitude	264 m
Coefficiente de Variação da altitude	83%
Comprimento máximo	577 km
Área	89.082 km²
Área total de Serras	2.335 km²
Perímetro	25.22 km
Volume	28287 km³
Volume total das Serras	7.658 km³
Vigor	0,32
Declive médio	5,4°
Desvio padrão do declive	6,4°

*A altitude máxima indicada na cartografia oficial é 1993 m (Carta Militar 1:25000).

** Este valor corresponde ao desnível máximo do país, portanto a diferença entre o cume da serra da Estrela e o nível médio do mar (aferido ao MDT).

(dados obtidos a partir do MDT nacional com 50 m de resolução)

Os MDT utilizados para este trabalho (modelo base com unidade mínima 50 m² e modelo de apoio ALOS World 3D⁸⁷ com 30 m²) revelam que Portugal Continental tem uma altitude média de cerca de 319 m com um desvio padrão de 264 m, portanto um coeficiente de variação de 83 %, o que significa que o relevo em Portugal é muito variável em altitude, embora não se atinjam valores muito elevados em comparação com outros países europeus mais montanhosos. De entre [os cumes mais elevados dos 52 países europeus](#), a Torre da Serra da [Estrela](#) é o 26º ponto mais elevado de um país europeu continental⁸⁸. O ponto de maior altitude em Portugal é o Pico nos Açores com 2.351 m⁸⁹, 15 % mais que a [Estrela](#). Os cumes alpinos centro-europeus chegam a ultrapassar os 4.000 m de altitude (Monte Branco – 4.809 m) e, sobretudo os caucasianos, ultrapassam os 5.000 m (Monte Elbrus – 5.642 m). Mesmo ao nível da Península Ibérica, o mais alto, o Monte Mulhacén (Serra Nevada), chega aos 3.482 m ou o pico Almansor, o mais alto da Cordilheira Central – onde se enquadra a Serra da [Estrela](#) - chega aos 2.592 m (fig. 23).

A nível global, a altitude da Serra da [Estrela](#) corresponde a pouco mais de 22 % da altitude máxima terrestre (Himalaias, Pico do Evereste – 8848 m), portanto cerca de 4,4 vezes menor. Evidentemente que, sendo, do ponto de vista geológico, a correspondência topográfica de um bloco tectónico levantado, ou, estendendo a perspectiva, a Serra da [Estrela](#) e a Cordilheira Central onde se insere, cuja proeminência resulta essencialmente de episódios tectónicos secundários como rejogos terciários de [grandes falhas tectónicas](#) - episódios marginais da morfotectónica global - não se pode comparar às enormes cadeias montanhosas do Alpes e do Cáucaso e até dos Pirenéus, que são resultado directo de fases orogénicas activas como o enrugamento Alpino provocado pelo choque das placas continentais Euroasiática e Africana (Alpes) ou Euroasiática e Arábica (Cáucaso). Além disso, a Cordilheira Central Ibérica, é um resquício da orogenia Hercínica do Paleozóico

⁸⁷ ALOS - *Advanced Land Research Observing Satellite*, <https://www.eorc.jaxa.jp/ALOS>.

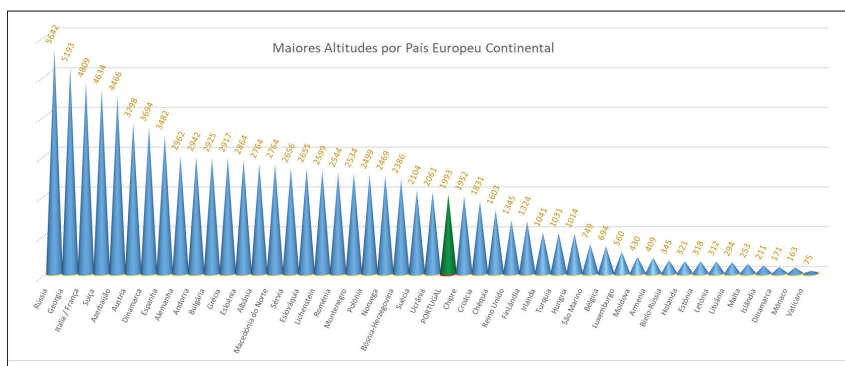
⁸⁸ Existem cumes em territórios insulares pertencentes a alguns países europeus que podem ter altitudes superiores.

⁸⁹ O ponto mais alto de Portugal até à independência de Timor era o Pico Ramelau com 2986 m, 33 % mais alto que a Serra da Estrela).



Fig. 23 - Relação de áreas ocupada por serras em Portugal Continental.

(Carbónico -345-280 M.a), já arrasada, enquanto as cadeias alpinas ainda se estão a formar desde o Início da Era Terciária (65 Ma.). A figura 24 mostra a relação de altitudes dos principais cumes em cada país da Europa Continental, onde a [Estrela](#) aparece a meio da tabela.



Numa visão de conjunto, mais do que as grandes unidades (GU) que foram propostas (rever fig. 17), a distribuição espacial das serras esboça dois grandes conjuntos principais, um secundário e outros menos significativos, dispersos (fig. 25):

- O sector norte-noroeste inserido numa espécie de triângulo invertido cujo vértice que se situa a sul, grosso modo, na intersecção das grandes falhas Verin-Penacova (NNE-SSO) e Porto-Tomar (NNO-SSE) e a base coincide sensivelmente com a fronteira setentrional minhota. Inclui o arco montanhoso [Soajo-Caramulo](#)⁹⁰ que passa pelas chamadas Serras do Noroeste, essencialmente graníticas, em que o sector culminante, de norte para sul forma um alinhamento em arco NNO-SSE passando a NNE-SSO. Integram as serras do nordeste do Minho: [Soajo](#), [Amarela](#), [Gerês](#); a [Cabreira](#) (N-S, NO-SE); [Alvão](#), [Marão](#), [Montemuro](#); as serras do [Maciço da Gralheira](#) - [Arada](#), [Freita](#) e [Arestal](#) (NNE-SSO) - e [Caramulo](#);
- A Cordilheira Central num contexto mais abrangente do que a GU7 delimitada nas grandes unidades, forma aproximadamente um rectângulo NE-SO (ver na fig. 25), que engloba as GU Entre Zêzere e Mondego; Entre Zêzere e Ocreza e Serrania da Beira Interior (apenas com a depressão da Cova da Beira a interromper a sequência montanhosa), em que, pela sua rectilinearidade,

⁹⁰ a tracejado na fig. 25.

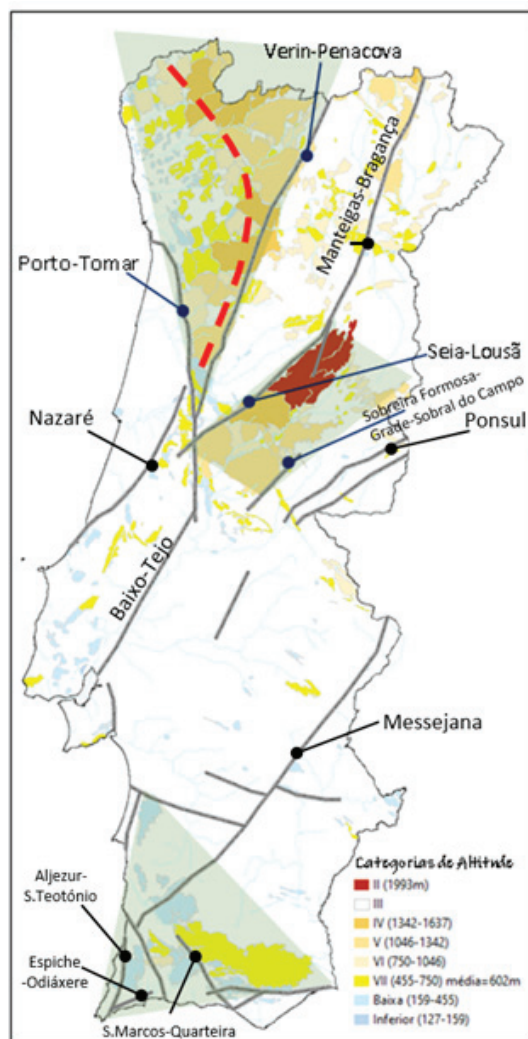


Fig. 25 - Relação de Grupos de Serras com as principais falhas tectónicas em Portugal Continental
(Arco montanhoso Soajo-Caramulo a tracejado vermelho, falhas a cinzento)

é evidente a correspondência entre o limite noroeste e a falha Seia-Lousã e, a fronteira sudeste, limitada em Alvelos pela falha Sobreira Formosa-Grade-Sobral do Campo (ver fig. 25).

O conjunto secundário, no sul, também forma uma espécie de [triângulo](#) com o vértice mais a sudoeste no Cabo de São Vicente, embora não tão evidentemente guiado pela tectónica, compreende as serras algarvias, incluindo as quatro GU aí definidas ([Monchique](#), Orla Sudoeste, Orla Algarvia, e Silves). Embora o [Caldeirão](#) seja a maior em termos de área e comprimento, apenas a serra de [Monchique](#), sem dúvida a mais proeminente, figura entre as maiores de todas e é a única a sul do Tejo, ainda assim fora das 20 maiores (é a 22ª maior serra de Portugal)⁹¹.

Os outros conjuntos, menos significativos, não são tão evidentes, havendo grande dispersão como ao longo dos planaltos transmontanos, com muitas e importantes serras, mas dispersas e de menor dimensão, onde se destacam as serras de [Bornes](#), [Chavães](#), [Nogueira](#) e [Coroa](#). No Ribatejo não existem serras e no Alentejo são pontuais, destacando-se apenas as da GU de São Mamede ([São Mamede](#) e [Fria](#)). A Estremadura tem algumas serras, mas são pouco importantes destacando-se claramente as grandes serras do Maciço Calcário Estremenho – [Candeeiros](#) e [d'Aire](#) e ainda as de [Montejunto](#), [Sintra](#) e [Arrábida](#).

Na verdade, é no Maciço Antigo do norte e centro do país que se encontram as maiores serras e, sobretudo em áreas predominantemente (mas não exclusivamente) graníticas, onde a tectónica tem sempre um papel determinante na explicação da sua morfologia e distribuição geográfica.

A média da altitude dos cumes do conjunto das serras portuguesas é apenas cerca de 27 % superior à do país continental e a variabilidade de 49 %, o que ainda assim, é significativo. Mostra grandes contrastes que se verificam entre as serras e o restante relevo, e nas serras entre si, embora as diferenças de altitude culminante, salvo quando comparando com a Serra da [Estrela](#), não sejam assim tão significativas. Existe um grande número de serras nas categorias baixas mesmo em maior número que as serras de Cat. VII (classe da média). As 45 serras de maior altitude (8 %) destacam-se das restantes, mas sobretudo as últimas 10 (2 %) com destaque nítido para a Serra da [Estrela](#) (fig. 26).

⁹¹ Ver [fig. 41](#).

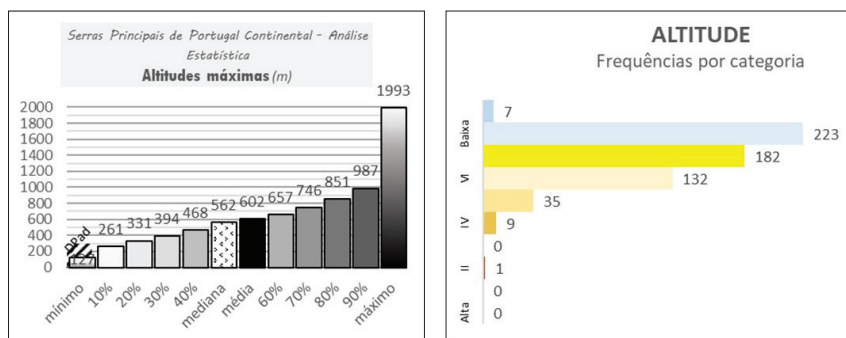


Fig. 26 - Probabilidades de ocorrência e frequências de valores altimétricos básicos do conjunto das serras de Portugal: Altitude máxima.

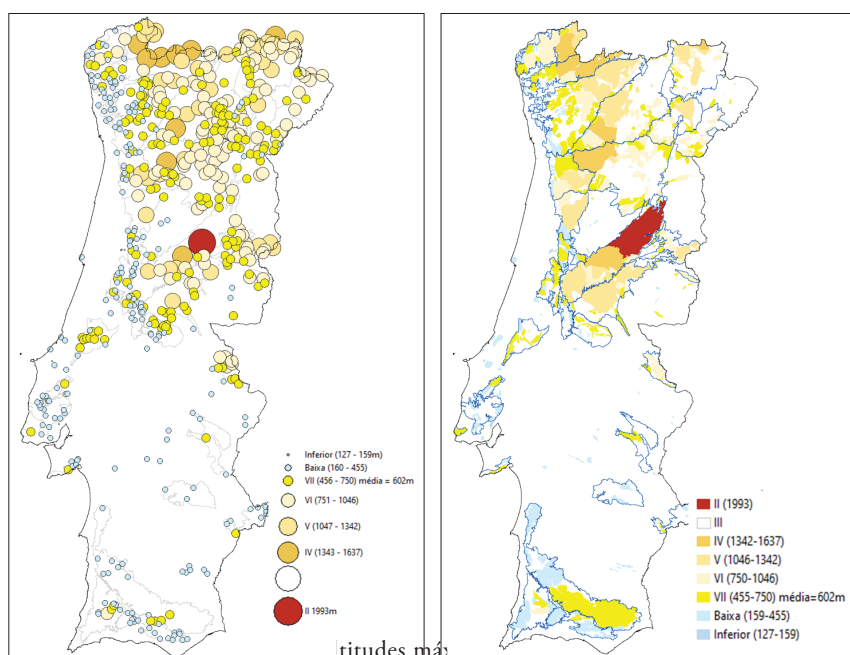
Na realidade, só a Serra da [Estrela](#) se pode considerar caso à parte, impondo um grande contraste entre o valor do último percentil e o máximo em termos de altitude culminante: o valor da altitude máxima ultrapassa esse percentil em mais de 1000 m enquanto do percentil 9 para o 8 a diferença é de apenas 136 m. Se se quiser reforçar essa ideia de contraste veja-se a diferença – 987 m – entre o percentil 9 e o mínimo, que é menor que a diferença entre o percentil 9 e o máximo (1.006 m). Portanto, 90 % das serras têm cumes abaixo dos 987 m e um pouco mais de metade abaixo dos 600 m. Ainda assim, a [Estrela](#) é apenas uma serra de Cat. II⁹², não existindo categorias superiores. Esse contraste evidencia-se, no entanto, uma vez que as serras com cumes mais altos seguintes - no Minho e norte Transmontano - já são de Cat. IV: o [Gerês](#) - a segunda com maior altitude - tem menos 445 m (Pico da Nevosa – 1.548 m) e o [Larouco](#) com menos 465 m ([Larouco](#) - TF25 – 1.528 m). Indo mais longe, não considerando o [Gerês](#) e o [Larouco](#) por serem transfronteiriças⁹³, a diferença de altitudes para a serra seguinte inteiramente portuguesa, é ainda maior:

⁹² Através-se a que esta categorização, conforme foi referido, diz respeito ao conjunto de todas as serras, sendo estabelecidas as categorias com base em intervalos de classe de 1 desvio padrão relativamente à classe da média que corresponde à categoria VII. Assim, para que fosse de categoria Alta, a serra da Estrela deveria ter pelo menos 2.526 m (seis desvios padrão acima da classe da média) que, curiosamente, seria a categoria do ponto mais alto da Cordilheira Central Ibérica se fosse considerado (Pico Almansor – 2.592 m, Serra de Gredos, Espanha).

⁹³ Apesar das cotas máximas destas duas serras corresponderem às cotas máximas das respectivas serras por inteiro.

575 m (VG da Cebola, na Serra do Açor, Subserra da Cebola – 1.418 m). Os mapas da figura 27 mostram os contrastes no país e entre as serras em termos da altitude máxima das serras.

Apenas 10 % das serras continentais (53) ultrapassam os 1.000 m⁹⁴, todas nas regiões Norte e Centro, e mais de metade tem altitudes máximas inferiores a 500 m, contraste que não é tão acentuado nas altitudes médias e mínimas, como adiante se verá. Exceptuando o sector da GU7 (7 serras), a esmagadora maioria das serras com cumes superiores a 1.000 m, situa-se no Minho e em Trás-os-Montes: é na região interfluvial da GU10 que se concentra o maior número de serras com mais de 1.000 m de altitude (10), seguido das GU6, GU3 e GU9 (5 serras); GU5(4 serras).



(categorias proporcionais entre cumes; e categorias por serra em GU).

São, pois, as serras do Maciço Antigo as mais elevadas. Na Orlas a altitude

⁹⁴ Há ainda duas serras com 1.000 m exactos.

máxima não ultrapassa os 678 m (Serra [d'Aire](#)), na Ocidental, e os 390 m, na Meridional (Serra da [Arroteia](#))⁹⁵.

Considere-se ainda os diversos sectores do país onde não há praticamente serras ou estas se enquadram nas categorias menores. Estes sectores, todos somados, em termos de área, superam os sectores de serra juntos (fig. 28). No seio destes, destacam-se, entre outros, as maiores superfícies da Orla Ocidental, a área do vale central do Mondego e Dão, os sectores planálticos da superfície da Meseta Ibérica do extremo nordeste do Alto Douro; Vale superior do Rio Côa; Cova da Beira, Raia da Beira Interior entre outros. Esboça-se toda uma faixa N-S junto à fronteira oriental – correspondendo grosseiramente à Superfície da Meseta – que no conjunto é um altiplano – só interrompida pelas serras quartzíticas ligadas ao Maciço de Morais (região nordeste de Portugal), ou pelas serras da [Malcata](#) e [Penha Garcia](#) e outras pequenas serras dispersas. Essa faixa alarga-se para sul, onde praticamente passa a ocupar toda a largura do país, incluindo todas as bacias do Tejo, Sado (excepto as cabeceiras) e Guadiana, onde a ausência de serras é apenas interrompida pelos alinhamentos de cristas quartzíticas, em grande parte associadas à erosão diferencial, que põe em evidência as pequenas serras da raia alentejana. Só no sudoeste alentejano e no Algarve, o [triângulo](#) formado pela serra algarvia e o maciço de [Monchique](#), quebra a monotonia, ainda assim com serras relativamente baixas que, à excepção de [Monchique](#), são relativamente planálticas, apesar de algumas, pelo seu isolamento, se destacarem na paisagem.

Por inerência aos critérios impostos para a identificação e delimitação de serras, a altitude máxima não pode ser inferior a 100 m, havendo 7 serras de Cat. Inferior em termos de altitude máxima e 223 de Cat. Baixa, portanto quase 40 % das serras não ultrapassam os 455 m e entre estas encontram-se todas as serras da Bacia Terciária do Tejo-Sado, Orla Meridional e mais de 80 % das da Orla Ocidental.

A altitude mínima não é um indicador de grandeza para as serras, considerando que se trata do ponto de cota mais baixo ao longo do perímetro da serra. Desta forma as menores altitudes mínimas são, obviamente, as que

⁹⁵ Se se considerar as serras de transição entre a Orla Meridional e o Maciço Antigo, a altitude máxima pode atingir os 479 m (Serra da Pena).

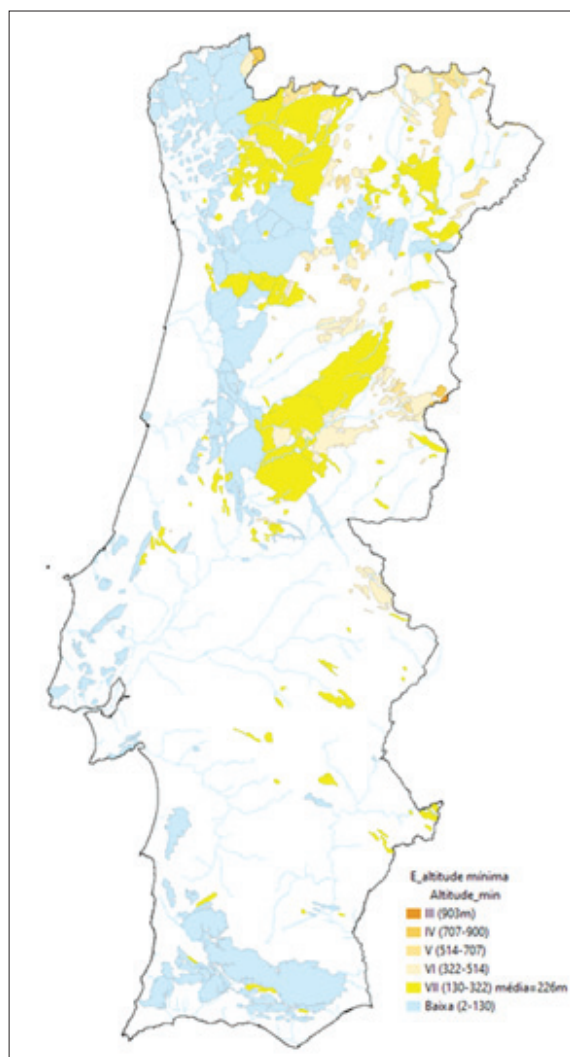


Fig. 28 - Altitudes mínimas das serras (m).

se encontram mais próximas do mar e as maiores altitudes mínimas as que se encontram nos níveis mais elevados do país das regiões planálticas da superfície da Meseta, no Nordeste: A GU10 é a que apresenta serras com maior altitude mínima, seguida da GU24 (fig. 29).

Baixas altitudes mínimas nas regiões mais interiores, podem indiciar grandes desníveis, como é o caso da Serra do *Gerês*. O panorama nacional serve apenas para constatar que as altitudes do país crescem para nordeste. Nenhuma serra tem a sua base acima dos 1.000 m, e não são muitas aquelas cujos sopés ultrapassam os 500 m. Neste parâmetro, a média e a mediana são semelhantes, e não há grandes contrastes, o que, em comparação com a altitude máxima, deixa antever a existência de grandes desníveis, como se pode comprovar na figura 29. Isto é, as diferenças relativas de altitudes mínimas entre as serras não são tão contrastantes como as diferenças entre altitudes máximas, mas permite que se estabeleça um padrão de variação do litoral para o interior no sentido do aumento da altitude mínima, o que, no caso português, seria de esperar. O Norte e o Centro interior norte, são as regiões mais altas de Portugal, por isso as serras têm sopés mais elevados. Nem todas as serras que têm altitudes mínimas mais elevadas são as mais altas ou as maiores, como adiante se verá, apesar de existir uma forte correlação directa entre a altitude mínima e altitude média (não confundir com altura média).

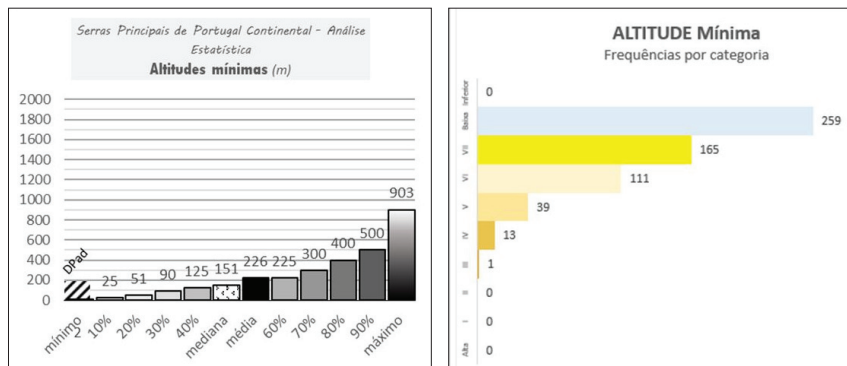


Fig. 29 - Probabilidades de ocorrência e frequências de valores altimétricos básicos do conjunto das serras de Portugal: Altitude mínima.

A altitude média (fig. 30), não permite estabelecer comparações entre serras em termos de magnitude, no entanto serve para identificar aquelas que, no seu conjunto, estão em contextos mais elevados o que não significa que sejam as mais altas ou mais proeminentes tal como acontece com a altitude mínima. Já foi referido

que a Serra da Estrela não é aquela que tem maior altitude média prevalecendo neste aspecto algumas ST ou junto à fronteira, nas regiões altas de Trás-os-Montes e Alto Douro. Não contando com as ST⁹⁶ a pequena serra do Homem da Pedra na Serrania da Beira Interior é, em média a mais alta de Portugal e com a maior altitude mínima. Por outro lado, as serras mais altas com altitudes mínimas mais baixas (próximas do zero) são aquelas em que, obviamente, a altitude e a altura são mais próximas⁹⁷ e, neste contexto, destacam-se algumas serras da GU6, e das Montanhas Ocidentais, especialmente as da GU4, que são as serras mais altas mais próximas do mar.

Ainda assim, existe um contraste significativo entre as de maior altitude média de todas e as restantes em que a diferença entre o máximo e o percentil 9 (432 m) é idêntica à diferença entre este percentil e o P4. Refira-se que as altitudes médias das ST são condicionadas pelo facto de só ser contabilizado para o efeito, a parte portuguesa da serra, podendo causar algum viés nesta estatística. Não há nenhuma serra inteiramente portuguesa que ultrapasse os 1.000 m de altitude média, e neste parâmetro não há tantos contrastes entre as serras superiores e as restantes como acontece na altitude máxima: desvio padrão mantém-se próximo dos 200 m nas altitudes média e mínima, enquanto na máxima se aproxima dos 300 m. As serras de maior altitude média surgem apenas na Cat. IV. Neste parâmetro, a média é cerca de 200 m inferior à máxima e cerca de 170 m superior à mínima o que mais uma vez enfoca a marginalidade das serras mais altas relativamente ao conjunto.⁹⁸

Mas altitude, não significa necessariamente altura. A Serra da Estrela apesar de ser simultaneamente a de maior altitude e a de maior altura, não o é no que respeita à altitude mínima ou à média. O desnível ou altura máxima (fig. 31), diz respeito apenas à maior distância vertical que se pode encontrar numa serra, isto é, a

⁹⁶ Nestes casos, as serras não ficam integralmente em Portugal e, como para esta avaliação só se considera a parte portuguesa, a altitude média, na maior parte dos casos fica inflacionada.

⁹⁷ Na realidade, se as cotas do sopé de uma serra se mantiverem constantes (plano horizontal), a altura máxima da serra é igual à altitude máxima.

⁹⁸ O Coeficiente de correlação entre a altitude máxima e a Altura média ou mesmo a Grandeza, é de cerca de 70 % em ambos os casos, correspondendo a um coeficiente de determinação de cerca de 50 %. Se isto nos diz que há alguma correlação, também nos diz que a altitude não é determinante no tamanho de uma serra ou vice-versa.

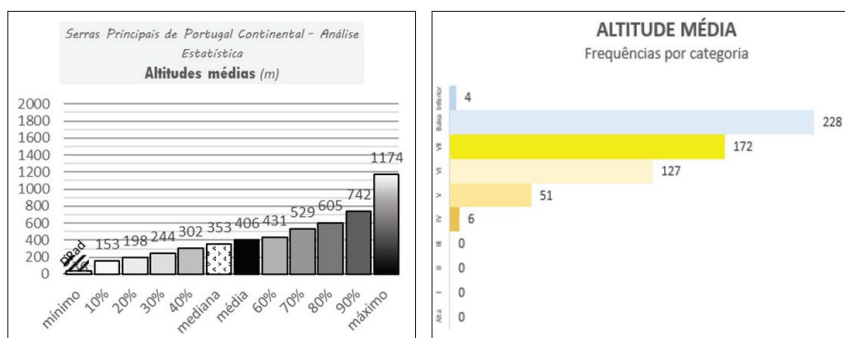


Fig. 30 - Probabilidades de ocorrência e frequências de valores altimétricos básicos do conjunto das serras de Portugal: Altitude média.

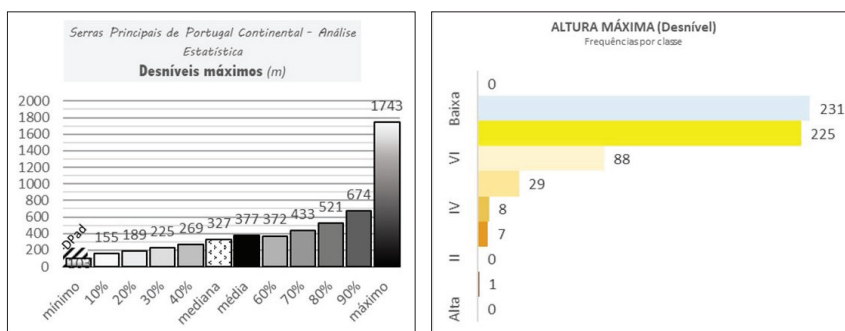


Fig. 31 - Probabilidades de ocorrência de valores básicos de alturas do conjunto das serras de Portugal: Desníveis.

diferença entre as cotas mais extremas. Mas pode dar uma ideia errada do conjunto dos desníveis que podem ocorrer dentro do perímetro de uma serra. Existem serras com cumes elevados e a maior parte do restante corpo da serra pode estender-se por altitudes muito mais baixas que esses cumes. ST à parte, a altura média (fig. 32) dará uma ideia mais correcta da perspectiva de altura de uma serra por comparação com outras, já que o seu valor é obtido com base na altitude média da base⁹⁹.

A altura média permite ter uma ideia mais concreta de quais são as serras mais altas ou mais imponentes de Portugal. A Serra da [Estrela](#) já não se destaca tanto de entre as mais altas como na altitude máxima, mas continua a ser um caso à parte. Ainda assim, tal como sucedia na altitude máxima, há contrastes enormes,

⁹⁹ O cálculo deste parâmetro é explicado atrás e corresponde à diferença entre a altitude média da base/altura mínima média e a altitude máxima.

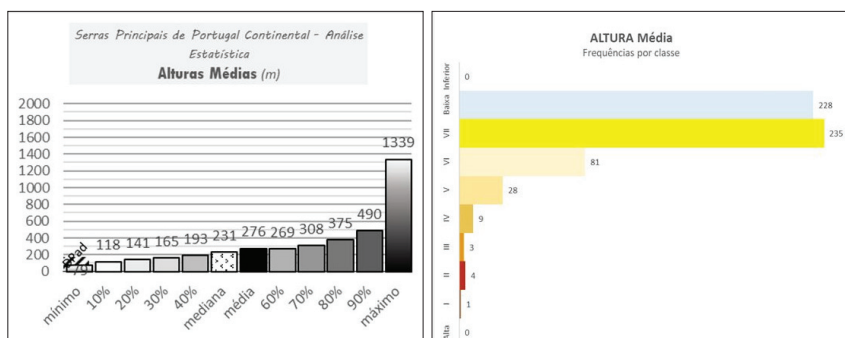


Fig. 32 - Probabilidades de ocorrência de valores básicos de alturas do conjunto das serras de Portugal: Altura média.

já que apenas 10 % das serras têm alturas superiores a 490 m e, a diferença da menor das 10 % maiores para a mais baixa de todas (411 m) é três vezes inferior à diferença para a mais alta de todas (1.260 m). São as serras do arco NNO-SSE/ NNE-SSO, que vai desde as serras do interior minhoto, às Montanhas Ocidentais e às da Cordilheira Central, que se revelam as mais altas e, não contando com as Serras *Amarela* e do *Gerês* por serem transfronteiriças, a Serra do *Soajo* é a segunda mais alta e a Serra do *Marão* a terceira.

Em Portugal Continental não há, obviamente, uma repartição homogénea das dissimetrias altimétricas, porque, conforme se referiu, o Norte e o Centro norte e Interior têm um relevo muito mais acidentado que o resto do país. Numa primeira análise, o desvio padrão da altitude é o parâmetro analisado para avaliar estas dissimetrias, mas mais adiante outros parâmetros compostos trarão maior rigor à classificação analítica da variabilidade das altitudes. Neste contexto, de acordo com a figura 33 a média das serras situa-se acima do P6, revelando alguma assimetria deste indicador, já que cerca de 60 % das serras têm um desvio padrão da altitude inferior à média. Por outro lado, há uma diferença abismal entre o P9 e o máximo, embora neste caso haja várias serras com um desvio padrão muito alto: os 10 % das serras com maior desvio padrão da altitude têm uma amplitude de valores muito superior aos restantes 90 %, nomeadamente as 17 últimas. Mais uma vez são as grandes serras do *arco-montanhoso Soajo-Caramulo* tal como as da Cordilheira Central as de maior variabilidade altimétrica, destacando-se, no entanto, o *Soajo* e a *Estrela*. Em

geral, são serras imponentes com vertentes de comandos muito grandes e declivosos e com topos mais ou menos planálticos ou cabeços relativamente alongados.

Em termos métricos, refira-se que em média, há variações de altitude de 81 m o que é pouco significativo. Se a maioria das serras são pequenas, é normal que estes valores sejam assim tão insignificantes. Mas se, em vez de altitudes, forem consideradas alturas/desníveis a relação já não é assim tão insignificante. Por exemplo, na Serra do [Soajo](#), onde a variabilidade da altitude é maior, a altitude varia em média +/-334 m que corresponde a cerca de 30 % da sua altura média. Para se ter uma ideia mais concreta, considerando que o [Soajo](#) tem uma altura média de 1.099 m, a sua altura máxima (ou desnível máximo) é de 1.391 m, portanto mais 27 % do que a sua altura média. Por outro lado, a altura mínima (desnível mínimo) desta serra é de 365 m, o que corresponde a 33 % da altura média, sendo, portanto, a amplitude altimétrica de 1.026 m um valor bastante elevado tendo em conta que a altitude máxima da serra é de 1.416 m. No extremo oposto, com menor desvio padrão da altitude, a serra a Serra da [Quinta](#) (Portalegre) só tem uma variação média de 19 m, mas que corresponde a cerca de 20 % da sua altura média. O seu desnível mínimo é de 62 m, o que dá uma amplitude altimétrica de 45 m que é cerca de metade da altura da serra (por contraste, a amplitude altimétrica do [Soajo](#) correspondia a 73 % da altura média). Assim há uma variação máxima de alturas entre 20 e 60 %.

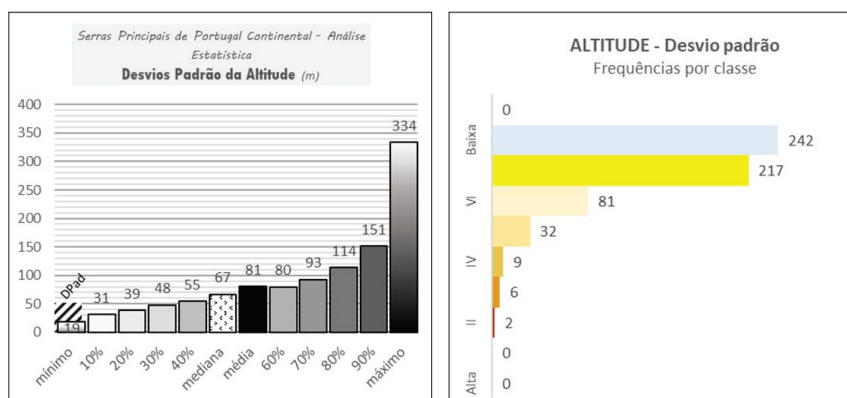


Fig. 33 - Probabilidades de ocorrência de valores de dispersão de altitudes do conjunto das serras de Portugal: Desvio padrão da altitude.

O comprimento das serras é dos parâmetros mais contrastantes (fig. 34). A maioria das serras tem comprimentos próximos ou inferiores à média (9 km) que é 3 km superior à mediana, e a Serra do [Caldeirão](#) destaca-se largamente das restantes. A Serra da [Estrela](#) é a segunda mais comprida, mas não muito distante das seguintes e a Serra da [Vigia](#) – sequência noroeste do [Caldeirão](#)¹⁰⁰ - é a terceira mais comprida¹⁰¹. Assim, o Norte e Centro deixam de ter a exclusividade das serras com os maiores valores ligados ao tamanho, pelo menos nesta variável. No entanto este parâmetro não é um indicador que só por si possa dar informação sobre a magnitude de uma serra, pelo menos quando analisado separadamente da componente altimétrica. Para isso é preciso associar sempre esta última componente ao comprimento. Recorde-se ainda que houve um limite mínimo de 2 km imposto para a classificação de um relevo como serra. Como tal não há registos inferiores a este valor. Mas a concentração de serras curtas em determinados locais não deixa de ter algum significado em determinados contextos geomorfológicos. A maioria das serras (82 %) têm comprimentos dentro da média, ou baixos. A partir da classe média para as superiores, a dispersão e os contrastes são enormes. É a variável que tem o maior número de classes preenchidas. Apenas a classe inferior está vazia dado que a média já é muito baixa. Certamente que se o limiar de comprimento fosse um valor superior esta relação seria diferente. A Serra do [Caldeirão](#) está na Cat. Superior, a [Estrela](#) na Alta, [Barroso](#) e [Alvelos](#) (com formas parabólicas) na Cat. I, [Montemuro](#) na Cat.II e [Açor](#) na Cat.III. Destaca-se ainda a Serra de [Mação](#) que sendo globalmente pequena, é das mais compridas¹⁰², por causa da sua forma parabólica muito fechada.

¹⁰⁰ A Serra da Vigia, fazendo parte da estrutura da Serra do Caldeirão, não ficou como parte desta por haver a barreira da albufeira de Santa Clara e o troço principal do Rio Mira, que corta a cabeceira da serra a montante, criando um vale que separa claramente dois interflúvios. Portanto, dentro dos critérios estabelecidos, estas duas entidades não poderiam estar juntas numa só serra.

¹⁰¹ Recorde-se que o comprimento da serra não é necessariamente uma linha recta entre os dois extremos do polígono que define o seu perímetro. A linha pode ser curva, quebrada ou parabólica, como no caso de algumas das serras mais compridas como o Barroso, Alvelos, Montemuro, Açor, Mação ou Vigia, entre outras, em que a linha do comprimento segue o alinhamento lógico da cumeada.

¹⁰² Em termos relativos é mesmo a mais alongada, isto é, tem a maior diferença relativa entre o comprimento e a largura.

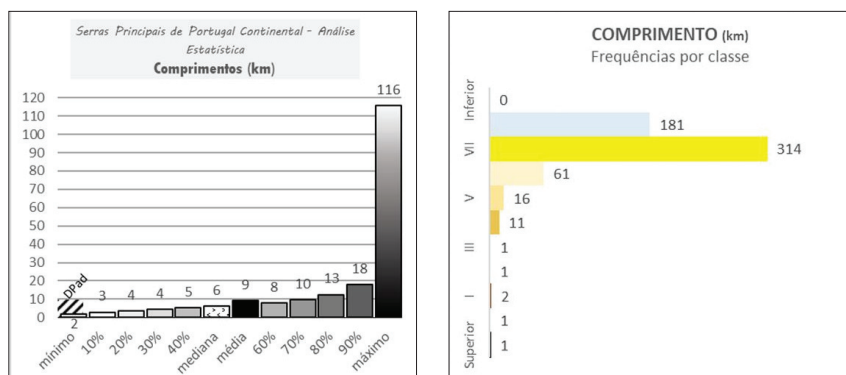


Fig. 34 - Probabilidades de ocorrência de valores básicos do conjunto das serras de Portugal: Comprimento.

Há uma fortíssima correlação entre o comprimento e a área/perímetro das serras ($>0,9$), mas não há outro parâmetro simultaneamente mais contrastante e mais homogêneo do que a área das serras (fig. 35). Este aparente paradoxo, explica-se pelo facto de cerca de 92 % se encontrarem próximas da média (38 km^2) e as restantes 8 % se dispersarem por valores superiores muito díspares. Como a área das maiores é muito superior às restantes, as categorias mais elevadas são todas preenchidas e a média é sobrevalorizada. Já a mediana é menos de metade da média (12 km^2) o que acentua a ideia da assimetria da distribuição. O valor do desvio padrão é superior à própria área de mais de 90 % das serras. A diferença das serras do [Caldeirão](#) e da [Estrela](#), ultrapassando ambas os 1.000 km^2 , para as restantes, é enorme. Para baixo deste valor já só há serras com áreas inferiores a 700 km^2 . Mesmo assim, ainda há vários patamares que se destacam: [Montemuro](#) e [Alvelos](#) ($>600 \text{ km}^2$); [Barroso](#), [Alvão](#) e [Açor](#) ($>500 \text{ km}^2$); [Caramulo](#) e [Lousã](#) ($>400 \text{ km}^2$). Depois ainda se destacam as restantes serras da Cordilheira Central, as do [arco Soajo-Caramulo](#) e ainda a serra da [Vigia](#), no Sul.

Existe também uma correlação directa, forte e óbvia, entre a área e o perímetro (fig. 36), mas nota-se algumas excepções que não confirmam a regra: se há uma clara tendência para as serras com maior superfície serem as que têm maior perímetro, o maior recorte da forma dos polígonos que definem os seus limites (e, portanto, a sua área e perímetro), faz com que existam perímetros muito superiores ao esperável,

tendo em conta as áreas nesses casos. Isso verifica-se particularmente em serras com modelado xistento, mas também surgem casos em modelados granítico ou até cársico. Por um lado, o modelado xistento mais genuíno, é muito dissecado pela rede hidrográfica, com grandes densidades hidrográficas e vales em “V” encaixados e estreitos, levam a que serras como, por exemplo, as da [Vigia](#), [Grândola](#), [Espinhaço de Cão](#), ou [Gardunha](#), se posicionem entre as maiores de Portugal em termos de perímetro. Por outro lado, as serras graníticas e até as calcárias, também podem ser muito recortadas, mas em menor grau e de forma diferente das xistentas, estando sobretudo na dependência das condições estruturais das rochas.

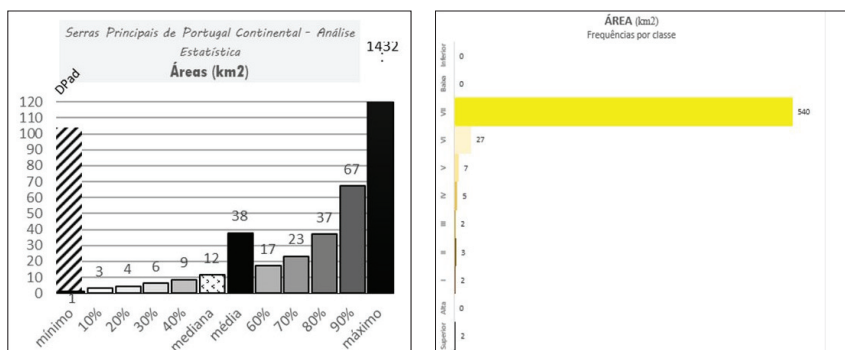


Fig. 35 - Probabilidades de ocorrência de valores básicos do conjunto das serras de Portugal: Área.

Assim, os xistos, densamente fracturados e permeáveis, apresentam um relevo muito dissecado, com uma grande densidade hidrográfica, onde surgem com frequência vales encaixados e estreitos, e múltiplos interflúvios com topos convexos em forma de lombas alongadas de vertentes rectilíneas. Estes aspectos justificam limites reentrantes que algumas serras desse tipo apresentem, não só com muitas e estreitas reentrâncias correspondentes a pequenos valeiros, como algumas maiores, mais largas e penetrantes para o interior, correspondentes a vales, sobrevalorizando assim o perímetro.

Enquanto que no modelado xistento os recortes dos limites são muito frequentes, mas, maioritariamente, de muito pequena amplitude, no caso dos granitos e alguns calcários, as reentrâncias são muito menos frequentes, porém, podem ser de muito maior amplitude: mais largas e penetrantes, o que, nesses casos, também provoca uma sobrevalorização relativa do perímetro.

A grande diferenciação que, neste contexto, se verifica entre o Caldeirão e a Estrela, deve-se a que, enquanto a Estrela tem uma componente granítica dominante, o Caldeirão é quase exclusivamente modelado em formações onde o xisto é dominante, por isso os limites são mais recortados nesta última. Outro exemplo são serras graníticas, como a da Falperra (Distrito de Braga), ou serras carbonatadas como a de Penela, que, não constando entre as maiores em superfície, aparecem entre as de maior perímetro. A figura 37 mostra duas serras, Vigia e Falperra, com morfologias diferentes (xisto e granito), que apresentam perímetros muito acima do esperado, tendo em conta a sua área.

No entanto, não se pode considerar este aspecto como uma regra, já que há outras situações em que esta diferenciação não é tão óbvia ou nem sequer existe. Dada a escala de análise a que se propôs apresentar este trabalho, não se alongará mais sobre o assunto, já que isso implicaria talvez entrar em domínios de detalhe não compatíveis com essa escala, sendo ainda de acrescentar que nalguns casos foi necessário optar por generalizar ou não os contornos, excluindo por vezes do perímetro, vales mais penetrantes, onde se estenderam as cabeceiras mais para o interior da serra. Tais opções têm certamente influência na relação área-perímetro, pelo que não se deve dar como certa a ideia de que, para uma mesma área, quanto maior o perímetro maior o recorte da serra, ou que, o facto do modelado de uma serra ser de um tipo particular, tenha influência decisiva.

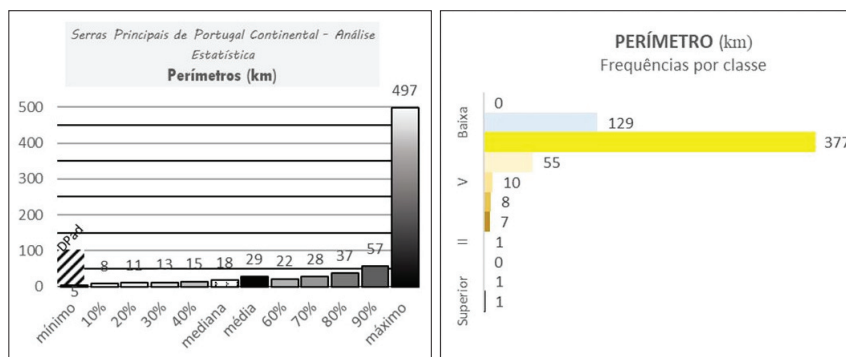


Fig. 36 - Probabilidades de ocorrência de valores básicos do conjunto das serras de Portugal: Perímetro.

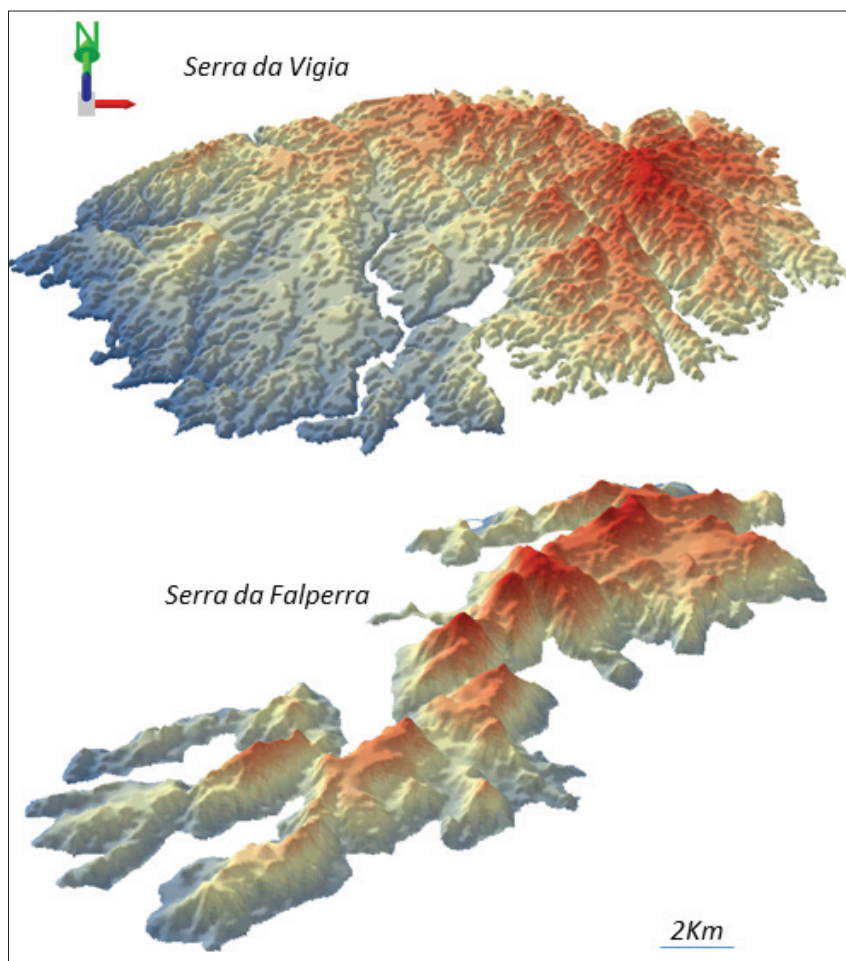


Fig. 37 - Contraste morfológico entre tipos de recorte de serras que podem originar perímetros muito elevados: A Serra da Vigia (morfologia de xisto) e a Serra da Falperra (morfologia de granito).

O Volume das serras (fig. 38) também está muito correlacionado com a área, comprimento e perímetro. Há uma relação muito directa entre as serras mais abrangentes e as mais volumosas. Ainda assim, a componente altimétrica torna-se relevante, nomeadamente se as diferenças (em valor relativo) entre a dimensão altimétrica e os parâmetros de superfície (área e perímetro) for significativa. É o que sucede com o Caldeirão que é uma serra baixa, apesar de ser de longe a maior

em comprimento, área e perímetro. Assim, em termos de volume é relegada para a terceira maior, ultrapassada pela [Estrela](#), ou por [Montemuro](#) que em termos de área, perímetro e comprimento são muito menores. Se excluíssemos a [Estrela](#) e o [Caldeirão](#), o valor da média baixaria significativamente. Portanto estas duas serras inflacionam a média, o que faz com que a maioria das serras se posicione na categoria mais baixa desta série que, neste caso, corresponde à Cat. VII que contém a média.

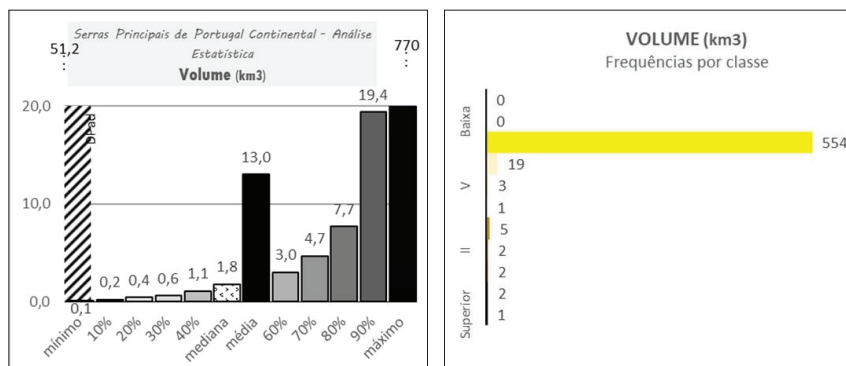


Fig. 38 - Probabilidades de ocorrência de valores básicos do conjunto das serras de Portugal: Volume.

Mas para se ter uma ideia mais assertiva e objectiva das diferenças de magnitude entre as serras – entendendo-se magnitude como uma ideia mais ou menos abstracta de tamanho tridimensional de conjunto de cada serra - usa-se o índice Vigor ou Energia do Relevo que reflecte essa magnitude, pois projecta-se o volume das serras acima do perímetro, dividindo o volume pela área, de modo a obter a “quantidade de altura” por unidade de área (fig. 39).

A serra do [Gerês](#) apresenta-se como a mais vigorosa, embora seja uma serra transfronteiriça que tem a sua parte mais vigorosa em Portugal. Tirando o [Gerês](#), é a [Estrela](#) a mais vigorosa, mas não muito distante de [Montemuro](#), [Barroso](#), [Alvão](#), [Soajo](#), surgindo a pequena serra de [Chavães](#) como uma das mais vigorosas. Mais uma vez, tal como sucede no desvio padrão da altitude, as alturas média e máxima têm uma fortíssima correlação com o vigor. Entre as mais vigorosas sobressaem as serras com vertentes muito longas e declivosas e de topos mais ou menos aplanados.

As serras menos vigorosas são na maioria aquelas que se aproximam da definição de colina, mas que são geralmente estreitas alongadas, distintas na paisagem, mas com um grande défice de altura. A Serra do Caldeirão, sempre nas posições cimeiras, neste parâmetro cai para 142º lugar passando a Serra de Monchique a ser a mais importante a sul do Tejo, mas só a 25ª a nível nacional, confirmando a hegemonia nortenha em termos de serras de maior magnitude.

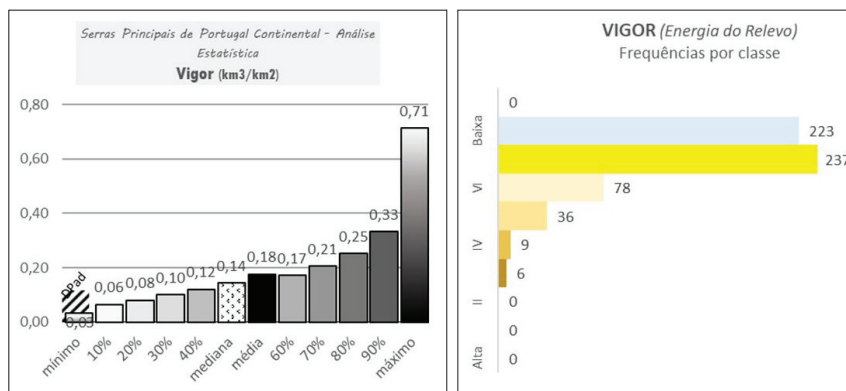


Fig. 39 - Probabilidades de ocorrência de valores de vigor do conjunto das serras de Portugal.

Analizados de forma muito genérica e transversal os indicadores básicos de caracterização morfométrica das serras no contexto do País, passa a analisar-se em seguida os indicadores mais complexos que congregam combinações dos analisados anteriormente e que permitirão determinar mais claramente as maiores serras nas duas componentes definidas: o tamanho e a variabilidade do relevo, dados pelos índices Grandeza e Acidentação.