

RELATÓRIO TÉCNICO

TORNADO DE SILVES

16 novembro 2012

Paulo Pinto/DORE

Paula Leitão/DVIP

nov/2012

Índice

Introdução	3
Relatos	4
Trajetos do tornado	4
Análise da natureza dos danos produzidos	7
Intensidade do tornado de Silves	8
Escalas aplicadas: <i>Torro e Fujita</i>	8
Classificação do tornado	12
Análise das observações com radar	14
Conclusões	14
Agradecimentos	15
Bibliografia	15
Anexo (Figuras A a I)	16 - 20

Introdução

No dia 16 de novembro de 2012 um tornado afetou uma região do Barlavento Algarvio, compreendida entre a praia do Carvoeiro e São Marcos da Serra, aproximadamente entre as 13:20 e as 14:00 UTC (a mesma hora local), tendo causado 13 feridos (3 dos quais em estado grave) e avultados prejuízos materiais, de estimativa ainda a ser ultimada. Os danos materiais deveram-se, essencialmente, a destruição ocorrida em habitações (incluindo remoção do respetivo recheio), viaturas, estruturas de diversos tipos e árvores.

O estado do tempo no território do continente foi condicionado por uma depressão, com expressão em níveis altos da troposfera, cujo núcleo se centrava a oeste de Lisboa, transportando na sua circulação uma massa de ar tropical marítimo (θ_{sw} 14 - 16°C), com uma linha de instabilidade embebida. Neste contexto toda a região a sul de Lisboa permanecia sob um fluxo moderado a forte de sul/sueste à superfície. A depressão localizava-se ligeiramente a norte do máximo de uma corrente de jato que forçava, por seu turno, um escoamento muito forte de sudoeste aos níveis mais altos assegurando, assim, a manutenção de elevados valores de *wind shear* entre a superfície e aqueles níveis. A análise das 12 UTC do ECMWF (*European Center for Medium range Weather Forecasts*), em sintonia com os perfis verticais de vento obtidos com radar, evidenciava a existência de *veering* na camada 0-3 km.

O denominado **tornado de Silves** foi mesociclónico, com origem numa das inúmeras estruturas supercelulares (SC) embebidas na referida linha de instabilidade. Esta perturbação revelou-se muito prolífica em SC, tendo sido identificadas cerca de 40 estruturas convectivas de tipo supercelular, entre as 7 e as 19 UTC e apenas contabilizando as deteções na área de cobertura Doppler do radar de Loulé/Cavalos do Caldeirão (L/CC). Nas imagens de MAXZ as diversas estruturas contendo células convectivas destacavam-se, por vezes, do padrão de fundo, mas frequentemente revelavam a natureza típica de padrões de convecção em massa de ar quente e húmido: relativamente difusos. O desempenho do aviso ROT – produto baseado na combinação da refletividade e do valor do *shear* azimutal – revelou-se consistente: embora com alguns falsos alarmes, terá registado poucas falhas na deteção dos mesociclones existentes.

A SC em causa foi identificada pela primeira vez às 12:36 UTC, pelo aviso ROT, sendo caracterizada por um valor de refletividade no respetivo *core* de cerca de 52 dBZ, comum para SC naquele ambiente sinóptico. Esta estrutura evoluiu para nor-nordeste (rumo de 200°) com uma velocidade média de 15 m/s (cerca de 54 km/h), na vizinhança de outras estruturas do mesmo tipo e identificada pelo referido aviso, tal como as restantes. A SC relevante para o presente caso, provavelmente já com o vórtice do tornado desenvolvido sobre água (segundo confronto entre imagens de radar e filmes entretanto disponíveis) encontrava-se a cerca de 6 km da linha de costa pelas 13:16 UTC. Entrou em terra pelas 13:20 UTC e, mantendo praticamente o rumbo e a velocidade, situava-se sobre a zona de São Marcos da Serra pelas 14:00 UTC. Após as 14:16 UTC o aviso deixou de ser emitido para aquela SC, em conformidade com a perda de circulação organizada. Os produtos TOPS (altitude do topo dos ecos) e VIL (conteúdo em água líquida e gelo integrado na vertical) foram igualmente analisados. O primeiro evidenciou que a SC apresentava uma extensão vertical compatível com a sua natureza, à semelhança dos valores apresentados por outras no mesmo ambiente sinóptico, com topos por vezes acima de 10 km de altitude. O produto VIL mostrou uma SC com valores semelhantes aos das restantes, sendo que tal valor foi compatível com a intensa precipitação observada à sua passagem.

Relatos

Em geral, a pesquisa no terreno associada à qualificação de um tornado envolve uma recolha de relatos de inúmeras testemunhas, com a qual se pretende consolidar uma visão clara de interesse para a caracterização do fenómeno. O presente caso revelou uma certa peculiaridade, na medida em que foi disponibilizada na Internet uma multiplicidade tal de informação fidedigna, que permitiu aos autores a avaliação de diversos elementos de interesse. Assim sendo, os relatos recolhidos pelos autores circunscreveram-se a elementos do Corpo de Bombeiros Voluntários de Silves (BVS), incluindo o seu comandante e ao Sr. Comandante do Corpo de Bombeiros Voluntários de São Marcos da Serra (BVSM). Os primeiros referiram-se à destruição de algumas árvores envolventes às instalações do próprio quartel; comentaram, igualmente, que o tornado havia removido o portão deslizante, que permitia aceder ao estádio Dr. Francisco Vieira, tendo-o deslocado para cerca de 20 m do local original, aparentemente sem o danificar. Por seu lado, o Sr. Comandante dos BVS relatou ter avistado algumas autocaravanas parqueadas junto às piscinas de Silves, serem arremessadas a uma altura de 4 m e novamente projetadas para o solo. Finalmente, o sr. Comandante dos BVSM confirmou a informação dada pelo colega de Silves relativamente à existência de danos verificados em Sapeira e São Marcos da Serra. Estes últimos causaram, inclusive, o encerramento temporário da linha de caminho de ferro, devido à existência de troncos partidos arrastados para a linha.

Trajeto do tornado

A identificação do chamado trajeto de destruição do tornado de Silves resultou de observação local efetuada pelos autores, relatos testemunhais e, de modo complementar, das observações efetuadas com radar. Corresponde ao trajeto em que foram observados e/ou reportados danos, ainda que em alguns dos pontos a natureza dos estragos produzidos ou o seu desconhecimento não tenham contribuído para a qualificação do fenómeno. No caso particular deste tornado, inclui-se o trajeto que foi possível estimar sobre o mar. Ressalva-se que o facto de os danos não haverem contribuído para a qualificação, não permite retirar a ilação de que o tornado tenha, nesses locais, tido menor intensidade do que noutros. Esclarece-se, adicionalmente, que os locais seguidamente referidos não devem ser entendidos como os únicos onde foram produzidos e/ou reportados estragos importantes, mas antes aqueles que os autores tiveram a oportunidade de visitar. Salienta-se, ainda, que locais situados nas imediações do trajeto poderão ter sido fortemente afetados pelo mesmo tornado.

O tornado foi observado por vídeo amadores ainda sobre o Atlântico, não sendo possível determinar a localização precisa do vórtice naquele momento. De acordo com a posição da correspondente supercélula (SC) observada pelo radar de Loulé/Cavalos do Caldeirão e os filmes disponíveis, o tornado encontrar-se-ia, então, cerca de 7 km a sul da praia dos Caneiros. O ponto de entrada em terra deste tornado situou-se num local a cerca de 1200 m a oeste da praia do Carvoeiro (ponto “Entrada terra tornado Silves”, ver Fig.1), pelas 13:20 UTC, conforme observação de estragos em área de vivendas, muito próximo da linha costeira. Em seguida o tornado progrediu para nor/nordeste, seguindo um rumo aproximado de 200° e tendo continuado a afetar a área de vivendas, situada a oeste de Mato Serrão (pontos 1 e 2, ver Fig.1); posteriormente, continuou a deslocação mantendo o rumo indicado e atravessou uma área essencialmente agrícola numa extensão de 3 km, após o que afetou a parte ocidental de Lagoa (ponto 3, ver Fig. 1), pelas 13:30 UTC. Continuando a progressão, afetou uma área pouco povoada numa extensão de mais 3 km, após o que começou a afetar os arredores da cidade de Silves e a própria cidade (ponto 4, ver Fig.1), o que se terá verificado cerca das

13:40 UTC. Todos estes pontos foram visitados pelos autores. Testemunhos entretanto recolhidos junto dos senhores comandantes dos Bombeiros de Silves e São Marcos da Serra, permitiram apurar a existência de danos significativos na localidade de Sapeira (ponto 5, ver Fig.1) e área sul de São Marcos da Serra (ponto 6, ver Fig.1). O facto de o rumo até agora referido estar alinhado com estas localidades, bem como a circunstância de mais nenhuma SC ter sido identificada exatamente seguindo este trajeto, dá consistência à ideia de que o tornado de Silves terá, efetivamente, afetado igualmente estes dois últimos locais. Desconhece-se o ponto onde o tornado se terá dissipado, pela ausência de relatos. Admite-se, no entanto, que tal tenha acontecido algures a nordeste de São Marcos da Serra.

O trajeto de destruição do tornado, seguindo a direção e sentido de deslocamento da nuvem-mãe, compreendeu uma extensão total sobre terra de, pelo menos, 30,5 km. A esta extensão acrescerão cerca de 7 km sobre o mar, perfazendo um trajeto total de, pelo menos, 38 km para este tornado. As dificuldades de acesso, a natureza da cobertura do terreno e a manifesta impossibilidade em visitar toda a extensão referida, inviabilizaram uma avaliação sistemática da respetiva largura do trajeto de destruição. Em algumas áreas, no entanto, foi possível identificar a passagem do tornado em áreas com largura de danos estimada entre cerca de 100 m e 300 m.

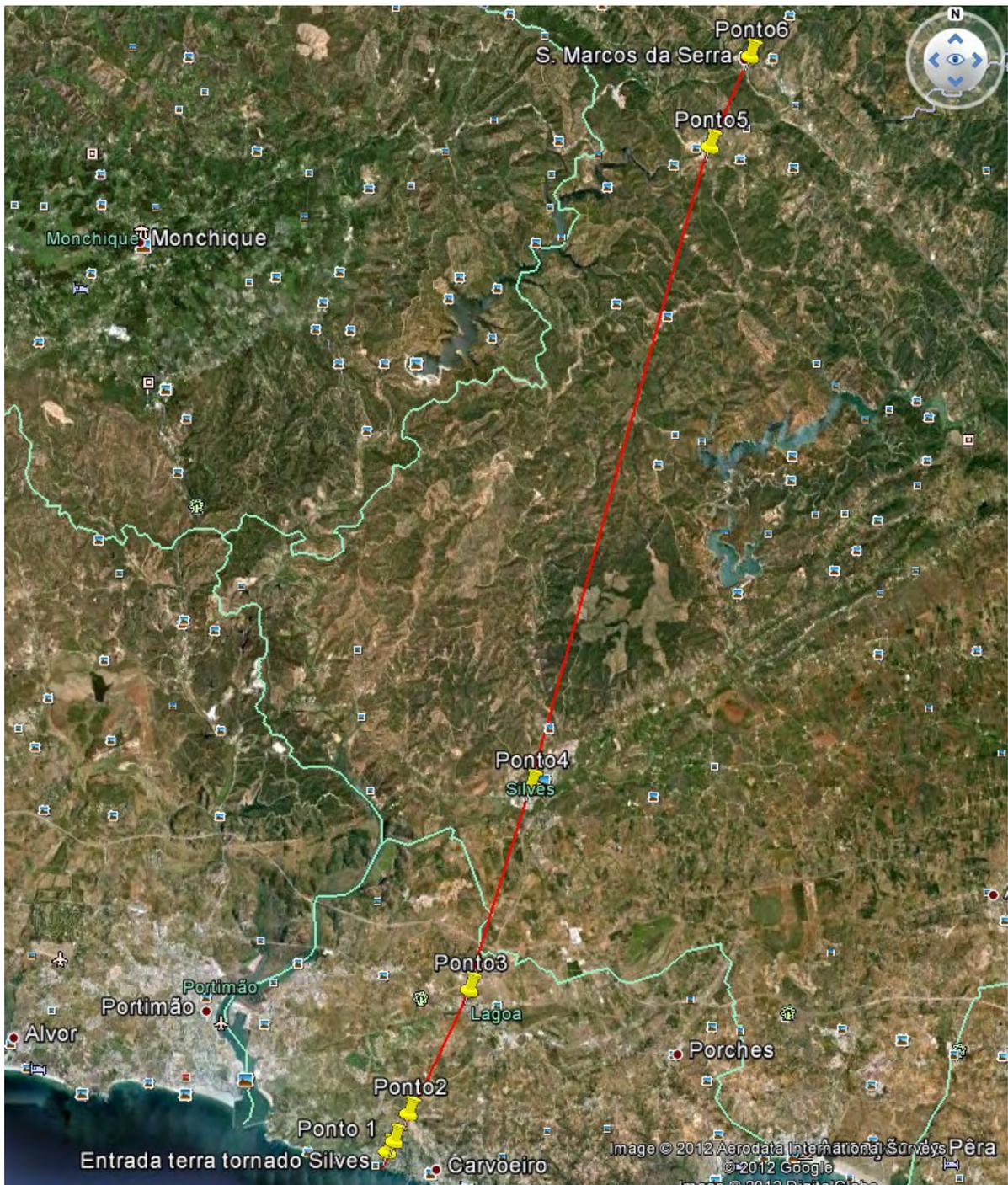


Fig 1 – Trajeto de destruição do tornado de Silves: segmento de reta a vermelho une os pontos assinalados, onde algum tipo de destruição associável ao tornado foi verificada pelos autores ou objeto de relato fidedigno.

Análise da natureza dos danos produzidos

Os autores identificaram danos de diversa natureza, na pesquisa de campo efetuada cerca de 48 h após o episódio. Este período revelou-se, ainda, suficientemente reduzido de modo a garantir a presença de evidências de destruição documentáveis por observação local.

De entre os diversos locais visitados em que foi efetuada uma catalogação de danos, apresentam-se em Anexo algumas das fotografias, selecionadas a título ilustrativo. Faz-se notar que a descrição que segue não constitui uma inventariação exaustiva, ou representativa, de todos os danos avaliados no sentido de categorizar o tornado de Silves. Oferece uma panorâmica geral dos danos causados ao longo do trajeto de destruição do tornado, no sentido da progressão deste, pelo que é sempre efetuada uma referência a alguns dos pontos representados na Fig 1.

Conforme comprovado por diversa documentação consultada e análise de consistência baseada em observação com radar, apurou-se que o tornado teve progressão sobre o mar, por alguns quilómetros, até atingir a linha de costa. Ao iniciar a propagação sobre terra, começou a produzir destruição, francamente visível. Num local situado a apenas 300 m para o interior (Ponto 1) é já visível bastante destruição em vegetação (entretanto acondicionada por equipas de reparação) e nos telhados, completamente desprovidos de telhas, embora com placa (Fig. A, Anexo). Pouco adiante, ainda na mesma urbanização, a oeste de Mato Serrão, continuaram a ser identificados inúmeros vestígios de destruição, quer em habitações (telhas arrancadas, vidros partidos e arrancamento de alguns elementos do interior das paredes, como placas de isolamento térmico e acústico), quer em muros de alvenaria, em árvores de grande porte decepadas e/ou arrancadas pela raiz e em estruturas provisórias e sinais (Ponto 2, Figs B e C, Anexo). A cidade de Lagoa, mais concretamente o seu extremo ocidental, exibia igualmente sinais de destruição, ainda mais evidentes do que nos casos anteriormente mencionados. Árvores de grande porte completamente arrancadas e/ou decepadas; viaturas de diversos tipos muito danificadas ou destruídas, havendo evidência de diversas viaturas erguidas do solo, incluindo pelo menos uma de maior dimensão que causou estragos secundários visíveis na estrutura do edifício (Ponto 3, Fig. D, Anexo); edifícios sólidos, albergando apartamentos residenciais, foram fortemente afetados, sendo notório o dano nas coberturas (Ponto 3, Fig. E, Anexo) e o arrancamento de estruturas de varanda em alumínio; em alguns casos, foi igualmente visível a remoção do reboco superior da moldura do vão, caixilharias com vidro duplo e estores (Ponto 3, Fig. F, Anexo), havendo relatos confirmados de que o recheio de alguns dos apartamentos foi sugado para o exterior e de que “mísseis” (detritos animados de elevada velocidade, como pedaços de telhas) atingiram o interior dos apartamentos, tendo ficado cravados nas paredes. Mais adiante, na cidade de Silves, a destruição foi ainda mais diversificada e igualmente de grande dimensão, sendo mais notória na parte baixa da cidade; árvores com tronco de diâmetro até cerca de 1 m foram arrancadas e/ou partidas, muitas viaturas foram danificadas ou destruídas, incluindo autocaravanas arrancadas do solo e projetadas a alguma distância; o complexo das piscinas foi muito afetado, particularmente na cobertura (Ponto 4, Fig. G, Anexo); o estádio Dr. Francisco Vieira foi praticamente destruído pelo tornado, tendo sofrido danos em secções dos muros de alvenaria (pelo embate de detritos de grande dimensão), as cadeiras da bancada foram parcialmente arrancadas e a pala e toda a estrutura de suporte foi arrancada, dobrada para o exterior do recinto e colapsou (Ponto 4, Figs H e I, Anexo). Nesta área da cidade foi igualmente notório o arrancamento de caixilharias em alumínio e o destelhamento quase total nas áreas mais atingidas. Danos foram também produzidos em diversos edifícios de interesse público, como o edifício da Câmara Municipal (onde a cúpula do telhado, em ferro e vidro, foi arrancada e transportada até ao

solo) e a Sé. Nestes casos e no do castelo da cidade, situados na parte mais alta da cidade, o vórtice produziu, apesar de tudo, menos danos, como é habitual verificar-se.

Intensidade do tornado de Silves

Escalas aplicadas: *TORRO* e *Fujita*

Nos mais recentes episódios de tornado ocorridos em Portugal, entre aqueles que foram objeto de procedimentos de categorização quanto à intensidade (nomeadamente os tornados de Alcanena e Tomar), optou-se por utilizar a escala de Fujita melhorada, *EF*, na sua versão revista (*Enhanced Fujita*, 2006). O serviço Meteorológico dos EUA tem vindo a recomendar a aplicação desta escala após fevereiro de 2007, nos territórios sob sua responsabilidade. No nosso país, à semelhança do que se verificou noutros locais, a opção por esta escala fundamentou-se, essencialmente, no reduzido número de indicadores de danos produzidos por tornado proporcionados pela antiga escala de Fujita, *F* (Fujita, 1971) e no facto adicional de esta não apresentar uma correlação definida entre os danos produzidos e a intensidade do vento.

A escala *EF*, concebida por uma equipa mista de meteorologistas e engenheiros da área da resistência de materiais – com larga experiência na investigação de danos produzidos por tornado – inclui 28 indicadores de danos relativos a diversos tipos de edifícios, estruturas diversas e árvores; a utilização desta escala, no âmbito da categorização de tornados pressupõe que a cada um dos indicadores de danos identificado no terreno, em concreto, seja possível aplicar uma gradação do grau de dano observado. Importa reter a ideia de que, como consequência da aplicação dos procedimentos técnicos recomendados na utilização desta escala, a intensidade atribuída a um tornado corresponderá ao valor (ou valores) mais elevado que for possível atribuir ao longo do trajeto de destruição avaliado. Nos casos passados já mencionados em que se utilizou, com sucesso, a escala *EF* para a categorização, verificou-se a circunstância de os danos observados no terreno correspondentes à maior força do vento, poderem ser enquadrados nos indicadores de danos previstos pela referida escala. Tratou-se, em geral, de instalações industriais.

No presente caso, no entanto, a pesquisa detalhadamente efetuada pelos autores ao longo do trajeto de destruição identificado levou à conclusão de que os danos correspondentes à maior força do vento nos diversos locais analisados, ocorreram em edifícios e estruturas que claramente se encontram fora da natureza daqueles que a escala *EF* contempla. Este problema, que tem aliás sido sentido em diversos países europeus, impediu a aplicação da referida escala no presente caso e forçou uma nova abordagem.

Na Europa, e nos últimos anos, tem-se levantado a questão de que o tipo de construção dos edifícios difere relativamente à dos edifícios homólogos dos EUA. Este facto levou à opção, por parte de alguns meteorologistas europeus, de adotar a escala de *TORRO* (*T*) ou a de *F*, ou uma conjugação de ambas, na classificação de tornados. O tema é polémico e atualmente ainda não existe consenso quanto à atitude a tomar. Na presente situação, no entanto, a impossibilidade absoluta em utilizar a escala *EF* pelos motivos atrás apontados recomenda aos autores uma utilização conjunta das escalas *T* e *F* para a qualificação do fenómeno.

A escala de *TORRO* (*TORnado and storm Research Organisation*) corresponde, na prática, a uma sub-divisão dos níveis da escala *F*, no sentido de procurar o estabelecimento de uma categorização mais gradativa da intensidade do tornado. Apresentam-se, de seguida, as

escalas de T e F conjuntamente utilizadas, indicando-se o nível da classe, gama de intensidades admissíveis (rajada, 3s) e respetiva descrição verbal dos danos associados.

Escala de **TORRO** (adaptado de *The Tornado and Storm Research Organisation, 2012*),
6 primeiros níveis

Tornado Intensity	Description Of Tornado & Windspeeds (m/s)	Description Of Damage (for guidance only)
T0	Light Tornado 18 - 25	<ul style="list-style-type: none"> Loose light litter raised from ground level in spirals. Tents, marquees, awnings seriously disturbed. Some exposed tiles, slates on roofs dislodged. Twigs snapped; trail visible through crops. Wheelie bins tipped and rolled. Garden furniture & pots disturbed.
T1	Mild Tornado 25 - 33	<ul style="list-style-type: none"> Deck chairs, small plants, heavy litter becomes airborne. Minor damage to sheds. More serious dislodging of tiles, slates. Chimney pots dislodged. Wooden fences flattened. Slight damage to hedges and trees. Some windows already ajar blown open breaking latches.
T2	Moderate Tornado 33 - 42	<ul style="list-style-type: none"> Heavy mobile homes displaced. Light caravans blown over. Garden sheds destroyed. Garage roofs torn away and doors imploded. Much damage to tiled roofs and chimneys. Ridge tiles missing. General damage to trees, some big branches twisted or snapped off, small trees uprooted. Bonnets blown open on cars. Weak or old brick walls toppled. Windows blown open or glazing sucked out of frames.
T3	Strong Tornado 42 - 51	<ul style="list-style-type: none"> Mobile homes overturned / badly damaged. Light caravans destroyed. Garages and weak outbuildings destroyed. House roof timbers considerably exposed. Some of the bigger trees snapped or uprooted. Some heavier debris becomes airborne causing secondary damage breaking windows and impaling softer objects. Debris carried considerable distances. Garden walls blown over. Eyewitness reports of buildings physically shaking. Mud sprayed up the side of buildings
T4	Severe Tornado 51 - 61	<ul style="list-style-type: none"> Motorcars levitated. Mobile homes airborne / destroyed. Sheds airborne for considerable distances. Entire roofs removed from some houses. Roof timbers of stronger brick or stone houses completely exposed. Gable ends torn away. Numerous trees uprooted or snapped. Traffic Signs folded or twisted. Some large trees uprooted and carried several yards. Debris carried up to 2km leaving an obvious trail.
T5	Intense Tornado 61 - 71	<ul style="list-style-type: none"> Heavier motor vehicles (4x4, 4 Tonne Trucks) levitated. Wall plates, entire roofs and several rows of bricks on top floors removed. Items sucked out from inside house including partition walls and furniture. Older, weaker buildings collapse completely. Utility poles snapped.

Escala de **TORRO** (adaptado de *The Tornado and Storm Research Organisation*, 2012),
5 níveis seguintes

T6	Moderately-Devastating Tornado 71 - 82	<ul style="list-style-type: none"> Strongly built houses suffer major damage or are demolished completely. Bricks and blocks etc. become dangerous airborne debris. National grid pylons are damaged or twisted. Exceptional or unusual damage found, e.g. objects embedded in walls or small structures elevated and landed with no obvious damage.
T7	Strongly-Devastating Tornado 82 - 93	<ul style="list-style-type: none"> Brick and Wooden-frame houses wholly demolished. Steel-framed warehouse-type constructions destroyed or seriously damaged. Locomotives thrown over. Noticeable de-barking of trees by flying debris.
T8	Severely-Devastating Tornado 93 - 105	<ul style="list-style-type: none"> Motorcars carried great distances. Some steel framed factory units severely damaged or destroyed. Steel and other heavy debris strewn over a great distances. A high level of damage within the periphery of the damage path.
T9	Intensely-Devastating Tornado 105 - 117	<ul style="list-style-type: none"> Many steel-framed buildings demolished Locomotives or trains hurled some distances. Complete debarking of any standing tree-trunks. Inhabitants survival reliant on shelter below ground level.
T10	Super Tornado 117 - 130	<ul style="list-style-type: none"> Entire frame houses and similar buildings lifted bodily from foundations and carried some distances. Destruction of a severe nature, rendering a broad linear track largely devoid of vegetation, trees and man made structures.

Escala de *Fujita* (adaptado de *Feurstein B. et al, 2009*)

F-Scale Number	Wind Speed (m/s)	Damage Description
F0	18 - 33	Some damage to chimneys or TV antennas; breaks branches off trees; pushes over shallow-rooted trees; old trees with hollow insides break or fall; sign boards damaged.
F1	33 - 51	Peels surface off roofs; windows broken; trailer houses pushed or overturned; trees on soft ground uprooted; some trees snapped; moving auto pushed off the road.
F2	51 - 71	Roofs torn off frame houses leaving strong upright walls standing; weak structure or outbuildings demolished; railroad boxcars pushed over; large trees snapped or uprooted; light-object missiles generated; cars blown off highway; block structures and walls badly damaged.
F3	71 - 93	Roofs and some walls torn off well-constructed frame houses; some rural buildings completely demolished or flattened; trains overturned; steel framed hanger-warehouse type structures torn; cars lifted off the ground and may roll some distance; most trees in a forest uprooted, snapped, or leveled; block structures often leveled.
F4	93 - 117	Well-constructed frame houses leveled, leaving piles of debris; structure with weak foundation lifted, torn, and blown off some distance; trees debarked by small flying debris; sandy soil eroded and gravel fly in high winds; cars thrown some distances or rolled considerable distances finally to disintegrate; large missiles generated.
F5	117 - 143	Strong frame houses lifted clear off foundation and carried considerable distance to disintegrate; steel-reinforced concrete structures badly damaged; automobile-sized missiles fly through the air a distances of 100-yards or more; trees debarked completely; incredible phenomena can occur.
F6	> 143	...extent and types of damage may not be conceived.

A aplicação dos procedimentos destinados a categorizar o tornado de Silves, à semelhança do que se exige quando a escala *EF* é aplicada, envolve uma catalogação dos danos produzidos, tendo em vista uma correta aplicação das escalas, já que estas se fundamentam na inferência da intensidade do vento (rajada, 3 s) a partir da natureza e grau dos danos verificados. Os autores documentaram danos de diversos tipos, por observação local e outras fontes. De entre as fotos correspondentes a danos observados em diversos locais, foram selecionadas e apresentadas em Anexo algumas, a título ilustrativo, reforçando-se a ideia de que este conjunto de fotos não pretende constituir uma amostra significativa de todos os danos avaliados nos procedimentos de classificação seguidos pelos autores.

Da comparação entre as duas escalas apresentadas resulta claro que existe uma correspondência entre ambas tal que F0 inclui T0 e T1 e assim sucessivamente (e.g. o nível F5 inclui T10 e T11). A escala de *TORRO* é uma escala aberta, pelo que pode ser ampliada para além de T10 recorrendo a formulação adequada. No entanto, por se tratar de níveis já muito elevados, foram excluídos na representação tabelada. A utilização conjunta das duas

escalas destina-se a retirar o máximo partido que for possível da descrição verbal dos danos descritos por ambas, a fim de procurar minimizar as incertezas que decorrem, necessariamente, da sua aplicação.

Classificação do tornado

De acordo com a aplicação dos procedimentos técnicos recomendados aos elementos recolhidos pelos autores, foi possível qualificar o tornado à sua passagem pelos pontos referenciados na Fig. 1 como Ponto 1, Ponto 2, Ponto 3 e Ponto 4; nos restante 2 pontos, a impossibilidade de visita aos locais inviabilizou uma classificação. No entanto, dos elementos documentados a que os autores tiveram acesso, concluiu-se que não seria possível atribuir nesses pontos uma intensidade superior à máxima dos 4 primeiros, pelo que a sua consideração se destinada à mera referencia do trajeto de destruição do tornado. Da aplicação dos referidos procedimentos resultou a tabela seguinte:

Ponto do trajecto	Escalas		Rajada, 3s (m/s)
	<i>F</i>	<i>T</i>	
Ponto 1	1	2	33 - 42
Ponto 2	1	3	42 - 51
Ponto 3	3	6	71 - 82
Ponto 4	3	6	71 - 82

encontrando estes pontos marcados sobre o traçado do trajeto de destruição, na Fig 1.

Este tornado obteve a classificação de F1/T2 e F1/T3 nos pontos mais próximos da orla costeira, a oeste de Mato Serrão, tendo subido a classificação para o valor máximo associado ao seu trajeto de destruição, F3/T6, nos pontos correspondentes à destruição provocada em Lagoa e Silves. Nestes locais o valor do vento máximo instantâneo ter-se-á situado numa gama compreendida entre 71 m/s (256 km/h) e 82 m/s (295 km/h), sendo de considerar como mais provável um valor máximo para a rajada da ordem de 260-270 km/h.

A qualificação obtida para este tornado, em função da trajetória, é apresentada na Fig 2.

Tendo em atenção o que precede, os autores são de parecer que **o tornado de Silves deve ter a classificação F3/T6**, situando-se na metade inferior do nível F3. Nesse sentido **o tornado de Silves** é considerado como **moderadamente devastador**, podendo ser considerado um **tornado forte** de acordo com a mesma escala.

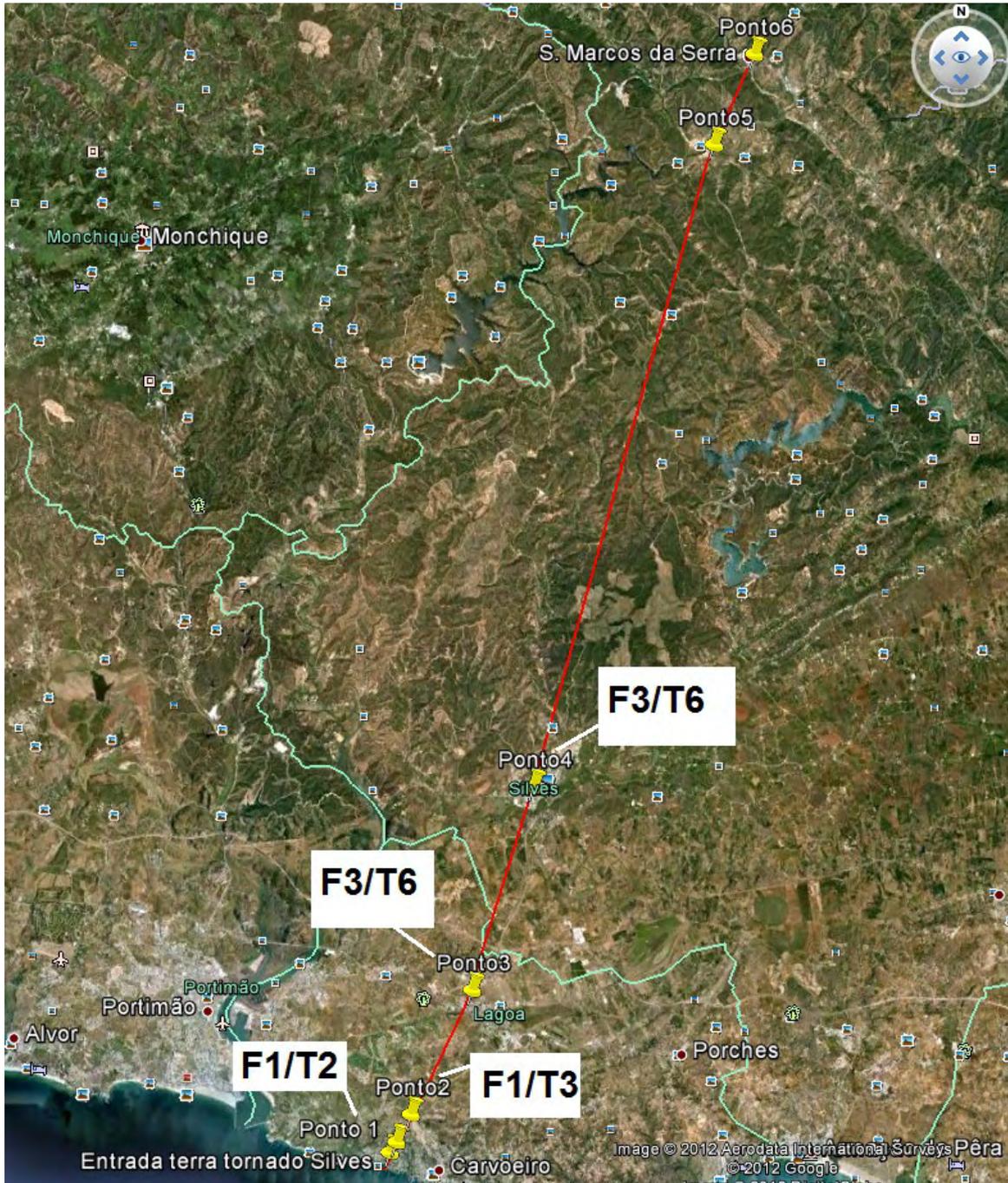


Fig 2 – Classificação do tornado de Silves ao longo do traçado do trajeto de destruição: a intensidade máxima atribuída foi de F3/T6, nos pontos assinalados.

Análise das observações com radar

O tornado de Silves, como referido em “Introdução”, foi originário de uma estrutura supercelular, identificada pelo radar mais próximo, L/CC. Não obstante se encontrar relativamente próximo deste sistema de radar, o nível mais baixo a que a referida SC foi observada nunca foi inferior a 800 m; deste modo, embora a circulação mesociclónica tivesse sido claramente identificada tanto pelo aviso ROT, como por análise subjetiva, não foi possível identificar quaisquer características particulares da mesma. Os valores máximos de reflectividade identificados na SC, sobre a região, foram da ordem de 54 dBZ, valor consistente com a precipitação forte observada à sua passagem.

Comentários relativos ao desempenho dos restantes produtos mais relevantes foram já tecidos em “Introdução”, não sendo demais reforçar a ideia de que o produto do perfil vertical do vento, evidencia *veering* na camada 0–3 km, sendo notória a intensificação do vento logo aos 2000 m de altitude. Nestas condições, admite-se terem estado presentes mecanismos de conversão de vorticidade de eixo horizontal, em vorticidade de eixo vertical, que terão servido de suporte à geração das supercélulas.

Para além do tornado de Silves, objeto do presente relatório, um outro foi reportado, neste mesmo dia e apenas cerca de 30 minutos após (14:10 UTC) na vizinha região de Alvor, um pouco a oeste do primeiro. Os diversos elementos documentais a que os autores tiveram acesso e a análise de vários tipos de produto gerados a partir da observação radar, permitiram verificar a presença deste outro tornado. Os danos reportados em terra, numa área mais circunscrita e de menor gravidade, evidenciam que se terá dissipado pouco após ter iniciado propagação sobre o território. Poder-se-á ter tratado de um sistema menos organizado do que o primeiro, mas também não pode ser colocada de parte a hipótese de ter iniciado o respetivo trajeto sobre água bastante antes de ter chegado a atingir a linha de costa. Em qualquer caso, este facto, frequente, de se registar mais do que uma ocorrência de tornado no mesmo dia e em área relativamente limitada, só vem confirmar o papel importante que as características do ambiente sinóptico desempenham na geração de atmosferas susceptíveis de sustentar formas organizadas de convecção. Entre estas condições contam-se elevado *shear* numa camada extensa, *shear* numa camada até 3 km de altura (*veering* e/ou *shearing*) e a presença de forte instabilidade convectiva em massas de ar muito húmidas (que nem sempre evidenciam grande instabilidade a uma escala mais larga).

Conclusões

Em 16 de novembro de 2012 um tornado, classificado como F3/T6 (intensidade do vento, rajada de 3s, com valor compreendido no intervalo 256-295 km/h), atingiu uma região compreendida entre um ponto situado cerca de 1000 m a oeste da Praia do Carvoeiro, concelho de Lagoa, distrito de Faro e, pelo menos, São Marcos da Serra, concelho de Silves, no mesmo distrito. O fenómeno afetou com particular severidade as cidades de Lagoa e Silves, tendo iniciado a propagação sobre o território pelas 13:20 UTC e afetado sucessivamente Lagoa e Silves pelas 13:30 e 13:40 UTC, respetivamente. O fenómeno atingiu São Marcos da Serra, onde ainda produziu alguma destruição, pelas 14 UTC. O trajeto de destruição do tornado compreendeu uma extensão total de cerca de 31 Km e uma largura estimada em cerca de 100m a 300 m. O trajeto sobre água deverá ter sido de, pelo menos, 7 km, que acrescem aos 31 km mencionados.

O ambiente sinóptico em que o fenómeno se desenvolveu – linha de instabilidade em ar quente e húmido, organizada na circulação de uma depressão – é semelhante aos que têm estado associados a alguns dos fenómenos deste tipo reportados/estudados no passado.

Este caso evidencia, apesar das dificuldades intrínsecas, a necessidade em prosseguir o esforço do IPMA no sentido de melhorar a resposta operacional em sede de *Nowcasting*, na ocorrência de situações de tempo severo. A baixa prevalência de fenómenos de tempo severo no nosso território com uma incidência à escala local manter-se-á, entretanto, como um fator simultaneamente complexo e desafiante.

Agradecimentos

O volume de trabalho envolvido na elaboração do presente relatório é também devido à colaboração de inúmeras pessoas, entre habitantes locais, bombeiros, senhores comandantes dos bombeiros voluntários de Silves e de São Marcos da Serra e de colegas, a quem se agradece.

Bibliografia

A Recommendation for an Enhanced Fujita-Scale (EF-Scale), Wind Science and Engineering Research Center, Texas Tech University, June 2004

An illustrated verbal description of the TORRO-and Fujita-Scales adapted for central Europe considering building structure and vegetation characteristics, Feuerstein B., Dirksen E., Dotzek N., Groenemeijer P., Holzer A., Hubrig M., Rauch E., 5th European Conference on Severe Storms, October 2009, Germany

Relatório da Missão “Tornado de Tomar, 7 de Dezembro de 2010”, Paulo Pinto, DMC/DORE, Paula Leitão DMC/DVIP, IM, I.P., Dezembro 2010

<http://www.torro.org.uk/site/index.php>

Anexo



Fig A – Perspetiva da destruição em árvores; habitações, desprovidas de telhas, embora com placa (Ponto 1, Fig 1).



Fig B – Detalhe de um sinal com suporte de secção retangular, completamente dobrado (Ponto 2, Fig 1).



Fig C – Estrutura pré-fabricada deslocada e voltada (Ponto 2, Fig 1).

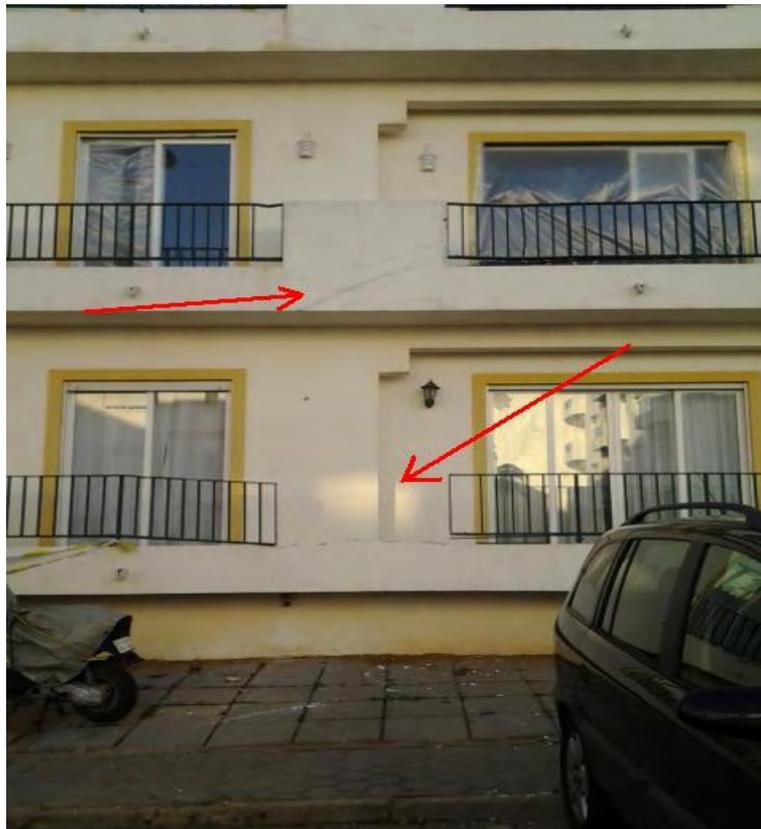


Fig D – Fachada de edifício em Lagoa, evidenciando danos secundários causados por viaturas arrancadas ao solo (Ponto 3, Fig 1).



Fig E – Telhas completamente removidas, vedação arrancada pelos suportes (Ponto 3, Fig 1).

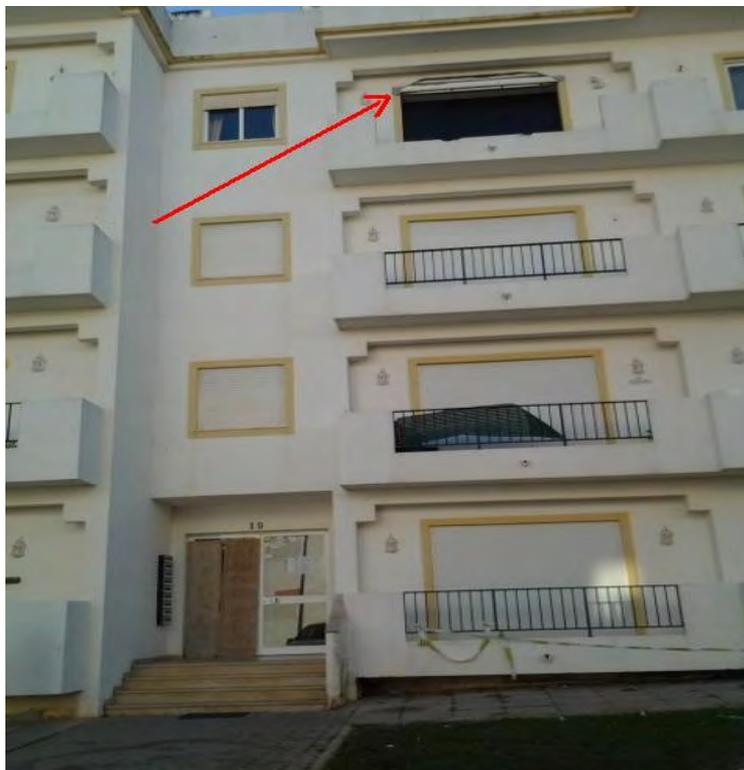


Fig F – Indicada remoção do reboco superior da moldura do vão, das caixilharias com vidro duplo e dos estores (Ponto 3, Fig 1).



Fig G – Danos da cobertura das piscinas de Silves (Ponto 4, Fig 1).



Fig H – Estrutura de suporte da pala da bancada do estádio Dr. Francisco Vieira completamente destruída (Ponto 4, Fig 1).



Fig I – Detalhe de pilar em betão quebrado pelas forças envolvidas (Ponto 4, Fig 1).