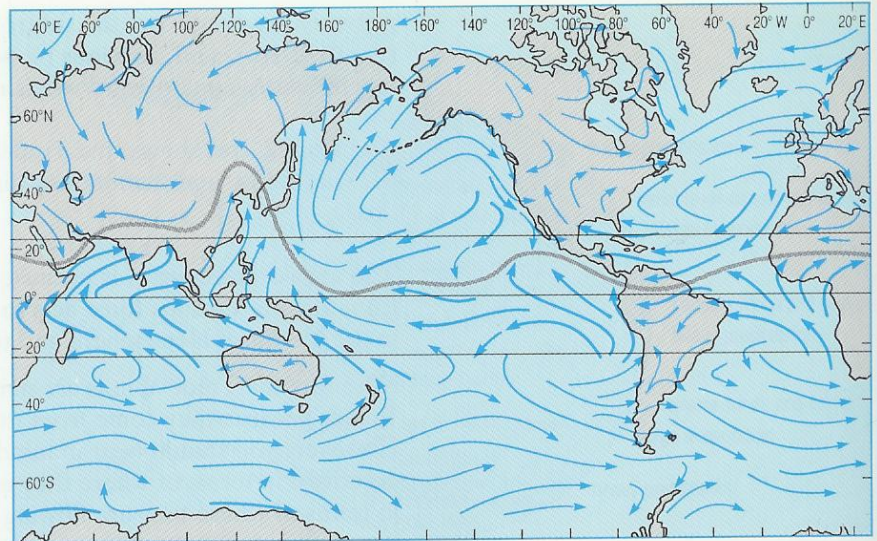
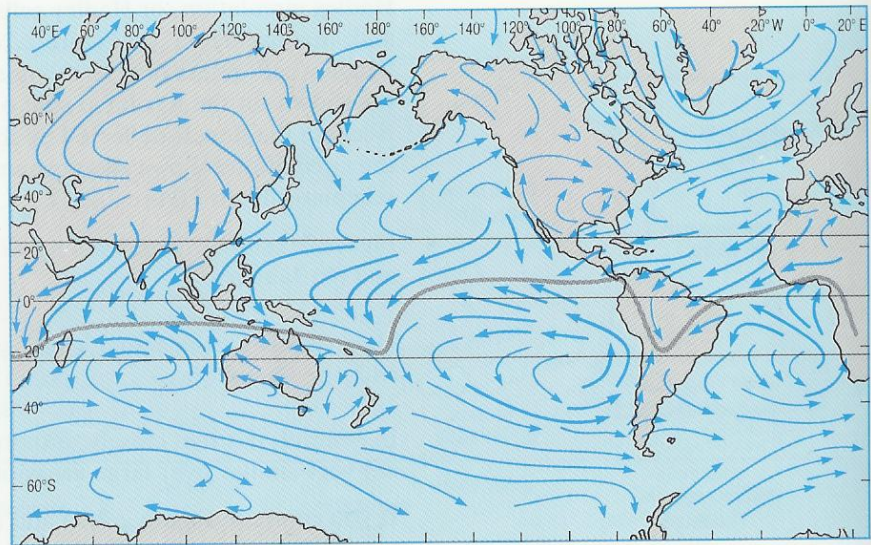


⑤ Interação Oceano-Atmosfera. O transporte de calor pelos oceanos. Os oceanos como reguladores do clima.



(a)

— mean position of ITCZ    → most frequent wind direction    → prevailing wind direction (≥ 50% of observations)



(b)

Figure 2.3 The prevailing winds at the Earth's surface, and the position of the Intertropical Convergence Zone in (a) July (northern summer/southern winter) and (b) January (southern summer/northern winter).

Vimos como o oceano, através da influência que exerce no conteúdo de humidade da atmosfera afecta a sua estabilidade.

Outro aspecto desta interacção é maneira pela qual a distribuição da temperatura à superfície do oceano influencia a circulação atmosférica. A intensidade da circulação de Hadley, por exemplo, é influenciada pela temperatura da superfície do mar; a posição da ITCZ corresponde geralmente à zona de temperatura da superfície do mar mais elevada.

É comum que a superfície do mar seja mais quente do que o ar que lhe está imediatamente acima. Quanto mais quente estiver a superfície do oceano, mais calor pode ser transferido para a baixa atmosfera. O ar quente é menos denso e sobe, provocando o aparecimento de uma zona de baixas pressões para onde o vento vai soprar. Assim, uma região de temperaturas da superfície do mar extremamente elevadas causa um aumento na intensidade dos ventos Alísios e da circulação de Hadley. A posição da ITCZ também vai depender destas zonas de baixas pressões associadas a elevadas temperaturas na superfície do mar. Adicionalmente quanto mais quente for a superfície do mar mais "flutuação" é fornecida à baixa atmosfera e mais vigorosa será a convecção vertical.

### ↳ Ondas de Leste (Easterly waves) e Ciclones Tropicais

Uma grande quantidade de calor é transportada das baixas latitudes por intermédio de intensos ciclones tropicais. Os ciclones tropicais apenas se desenvolvem sobre o oceano sendo por isso difícil estudar as condições atmosféricas associadas à sua formação.

Sabe-se no entanto, que a sua formação está relacionada com a existência de pequenos centros de baixas pressões como os que podem ocorrer em pequenos vórtices associados à ITCZ.

Os ciclones também se podem formar por zonas lineares de baixas pressões que formem ângulos rectos com a direcção em que sopram os Alísios e que se desloquem em conjugação com eles. Estas regiões lineares de baixa pressão produzem perturbações semelhantes a uma onda nos padrões isobáricos. Como se movem em conjugação com os Alísios de Leste são denominadas de Ondas de Leste (easterly waves).

As ondas de leste são mais comuns nas partes ocidentais das grandes bacias oceânicas entre 5° e 20° de latitude norte. Ocorrem frequentemente no fim do verão e julga-se que isso se deve ao facto de que a inversão de temperatura nesta região ser mais fraca nesta altura. A temperatura do ar nos ventos Alísios baixos é predominantemente determinada pela temperatura da superfície do mar. Esta é máxima no fim do verão e também é quando o aumento de temperatura vertical na zona de inversão é menor.

Apesar de apenas uma pequena proporção das ondas de leste originar ciclones, elas são importantes pois trazem grandes quantidades de chuva a áreas que permanecem geralmente secas quando não há perturbação dos ventos Alísios.

Uma vez formado, o ciclone tropical é caracterizado por isobáricas quase circulares que se desenvolvem à volta de um centro de pressão muito baixa (na ordem dos 950mbar). Os grandes gradientes de pressão junto ao centro do ciclone provocam uma circulação em espiral do ar que se desloca rapidamente para o seu centro (este

movimento tem uma direcção contrária à dos ponteiros do relógio no hemisfério norte).

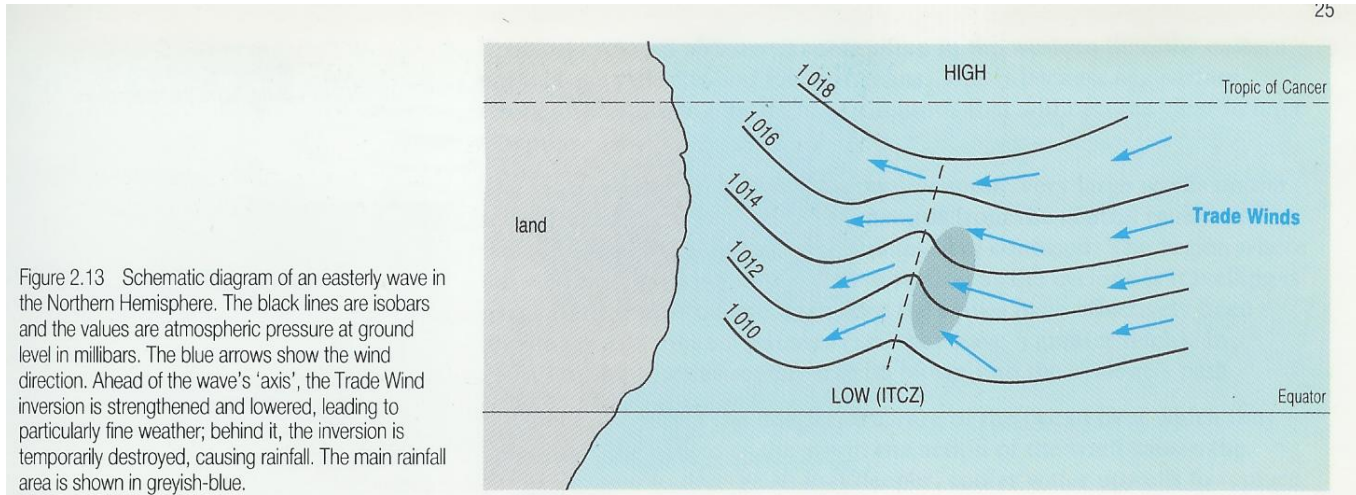
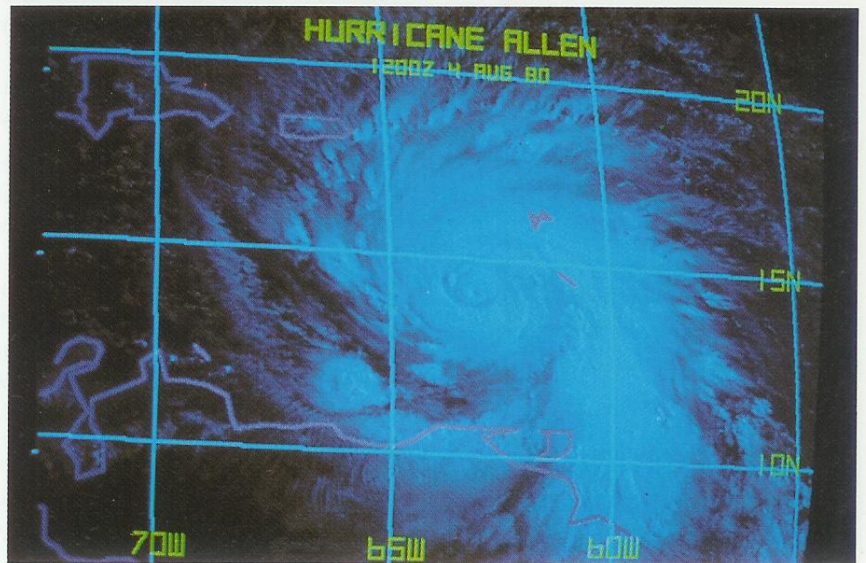


Figure 2.13 Schematic diagram of an easterly wave in the Northern Hemisphere. The black lines are isobars and the values are atmospheric pressure at ground level in millibars. The blue arrows show the wind direction. Ahead of the wave's 'axis', the Trade Wind inversion is strengthened and lowered, leading to particularly fine weather; behind it, the inversion is temporarily destroyed, causing rainfall. The main rainfall area is shown in greyish-blue.

that remain generally dry as long as the Trade Winds are unperturbed (see Figure 2.13).

Once formed, the tropical cyclone is characterized by almost circular isobars closely packed around a centre of very low pressure (typically about 950mbar). Large pressure gradients near the centre of the cyclone cause air to spiral rapidly in towards the low pressure region (anticlockwise in the Northern Hemisphere, clockwise in the Southern Hemisphere), and wind speeds commonly reach 100–200kmhour<sup>-1</sup>. The core or 'eye' of the cyclone is an area of light winds and little cloud, but around it is a region where there is violent upward convection of warm humid air (see Figure 2.14(a) and (b)).



(a)

Figure 2.14 (a) Satellite image of Hurricane *Allen* passing from the Atlantic into the Caribbean. The image was obtained using the visible part of the spectrum, and the outlines of the land masses have been superimposed for clarity.

A velocidade do vento normalmente é da ordem dos 100-200Km.hora<sup>-1</sup>. O centro, núcleo ou olho do ciclone é uma área de vento fraco e poucas nuvens à volta da qual existe uma convecção violenta de ar quente e húmido que sobe em espiral na atmosfera.

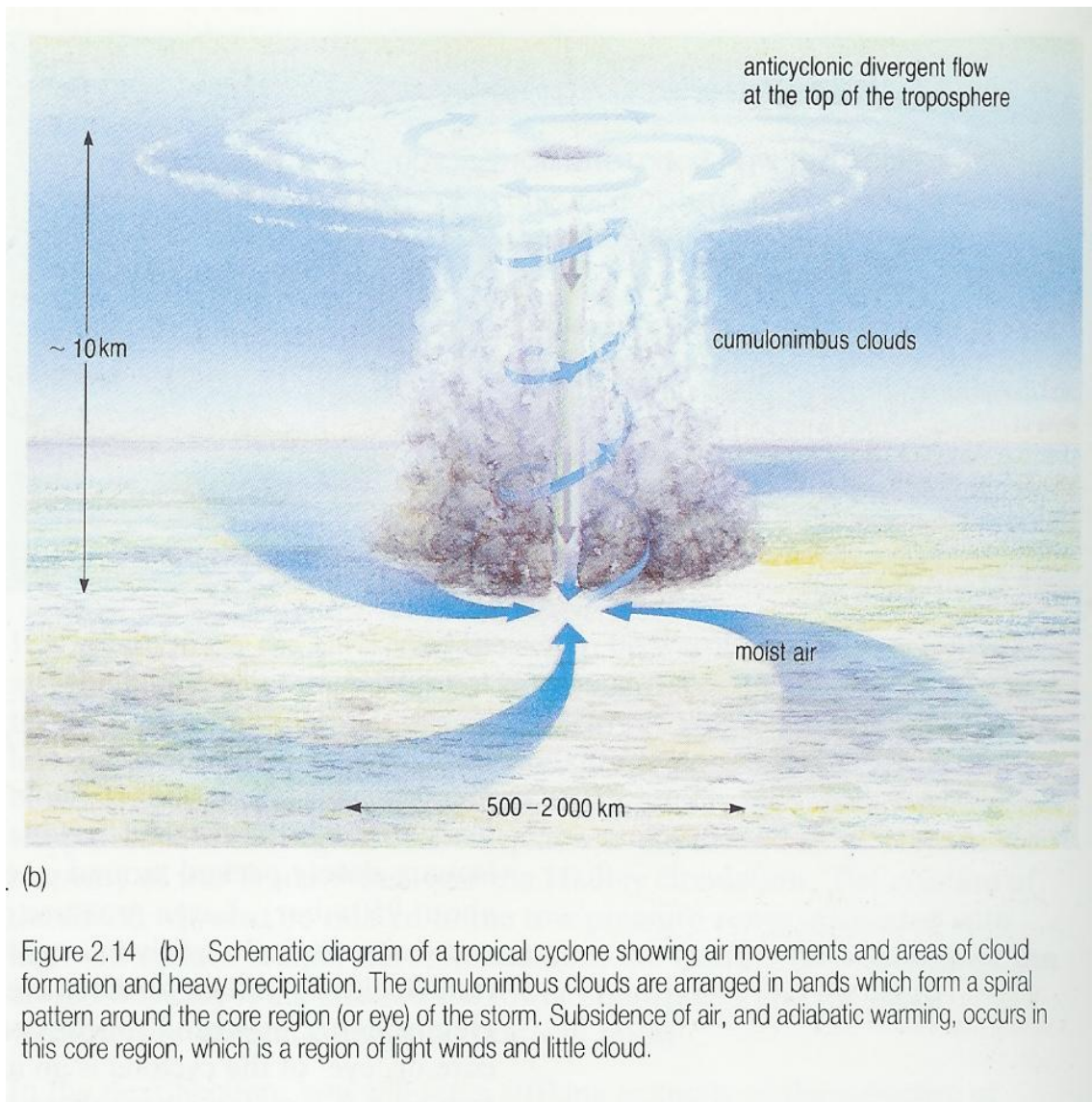


Figure 2.14 (b) Schematic diagram of a tropical cyclone showing air movements and areas of cloud formation and heavy precipitation. The cumulonimbus clouds are arranged in bands which form a spiral pattern around the core region (or eye) of the storm. Subsidence of air, and adiabatic warming, occurs in this core region, which is a region of light winds and little cloud.

A energia que mantém o ciclone vem da libertação de calor latente quando o vapor de água no ar ascendente se condensa originando nuvens e chuva. O aquecimento do ar em redor da região central resultante deste processo torna o ar menos denso e ele sobe ainda mais, intensificando uma circulação anticiclónica do ar na alta troposfera, a qual é necessária para que o ciclone se mantenha.

Devido à sua fonte de energia, os ciclones tropicais ocorrem apenas sobre áreas relativamente grandes de oceano onde a temperatura da superfície do oceano é elevada.

A temperatura crítica da superfície do mar necessária para gerar a convecção vertical suficiente ao desenvolvimento de extensas nuvens cumulonimbus e chuva e/ou formação de ciclones é de cerca de 27-29°C. Porquê estes valores?

Um factor é que quanto mais elevada a temperatura do ar mais humidade ele pode conter e maior transporte ascendente de calor latente ocorre. Devido ao feedback positivo do sistema, um aumento de  $27^{\circ}\text{C}$  para  $29^{\circ}\text{C}$  tem um efeito muito maior na atmosfera que está imediatamente acima do oceano do que, por exemplo um aumento de  $19^{\circ}\text{C}$  para  $21^{\circ}\text{C}$ . A resposta completa, no entanto ainda é desconhecida.

Os ciclones tropicais ocorrem mais frequentemente nas partes ocidentais do Atlântico e do Pacífico. Isto é porque a temperatura da superfície do mar é maior nessas regiões.

- Porque é as ondas de leste e os ciclones tropicais ocorrem predominantemente no hemisfério norte?

- Porque é que os ciclones não se desenvolvem entre o Equador e  $5^{\circ}$  latitude?

### ↪ Efeito dos Ciclones no Oceano

Os ventos intensos dos ciclones tropicais geram grandes ondas na superfície dos oceanos. Estas ondas deslocam-se para fora da região central do ciclone e à medida que o ciclone se desloca, o mar fica mais revolto. A região onde os ventos sopram com a mesma direcção do movimento do ciclone é particularmente perigosa pois aqui as ondas atingem uma grande distância e os navios nesta região podem ser "soprados" para o caminho do ciclone.

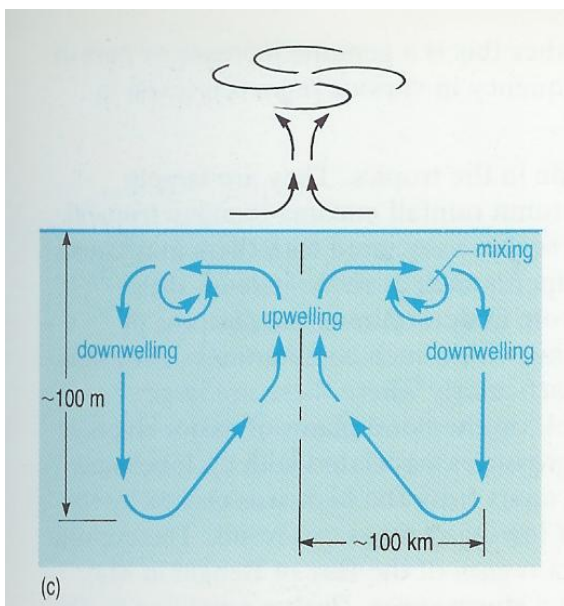


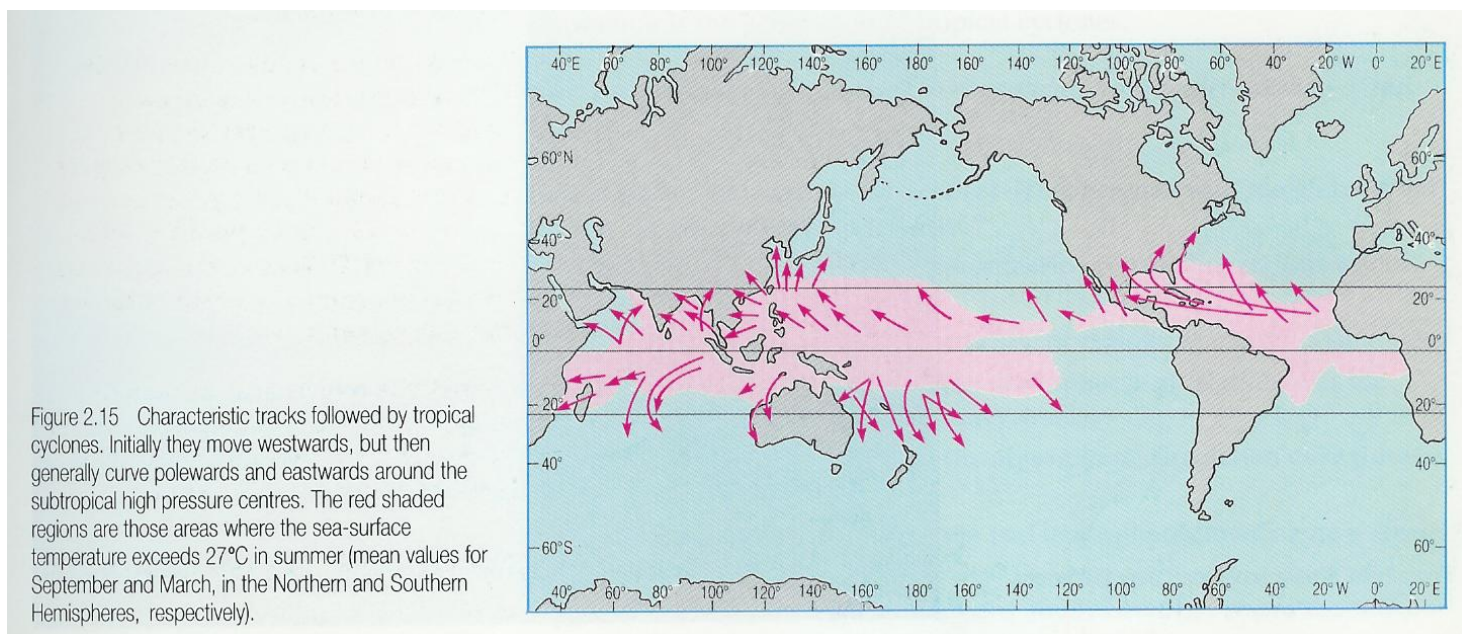
Figure 2.14 (c) The effect of a cyclone on the surface ocean. Near the centre of the storm, surface water diverges and upwelling of deeper, cooler water occurs; some distance from the centre, the surface water that has travelled outwards from the centre converges with the surrounding ocean surface water and downwelling, or sinking, occurs. In between the zones of upwelling and downwelling, the displaced surface water mixes with cooler subsurface water. (Note that the way in which cyclonic winds lead to upwelling of subsurface water will be explained in Chapter 3.)

Os ciclones não afectam o oceano apenas à superfície. Junto ao centro da tempestade o vento provoca uma divergência nas águas superficiais e as águas profundas, mais frias, afloram para as substituir. Assim os ciclones não são só afectados pela temperatura da superfície do mar, mas também a modificam, sendo a trajectória de um ciclone marcada por uma temperatura da superfície do oceano anómala (baixa). Esta temperatura pode chegar a ser  $5^{\circ}\text{C}$  inferior à temperatura das águas circundantes.

Os ciclones deslocam-se sempre em direcção aos pólos, constituindo assim um poderoso mecanismo de transporte de calor para latitudes mais elevadas (em relação ao local onde se formaram).

Quando se deslocam para cima de massas continentais, começam a morrer pois o sistema de conversão de energia necessário à sua manutenção desaparece. O seu desaparecimento pode ser acelerado, em cima da terra, pelo aumento do atrito com a superfície terrestre e pelo resultante aumento da variação da velocidade do vento com a altitude que inibe a manutenção de vórtices atmosféricos (wind shear).

As temperaturas mais baixas das massas de terra (especialmente à noite) também contribuem para o seu desaparecimento. O período de vida médio de um ciclone tropical é de uma semana.



Há uma grande variação na frequência dos ciclones tropicais. Nas últimas décadas parece ter havido um aumento na sua ocorrência, mas não é claro se esse aumento é real ou se é parte de uma variação cíclica.

Número médio de ciclones num período de 10 anos:

Pacífico Norte (ocidental)	208
Atlântico Norte, Caraíbas	85
Golfo de Bengala	75
Índico Sudoeste	41
Nordeste da Austrália	31
Noroeste da Austrália	23
Mar Arábico	19
Pacífico Norte (parte leste)	10

Os ciclones têm um grande impacto nos trópicos. São os principais responsáveis por máximos de chuva no fim do Verão e Outono em muitas áreas tropicais. Os ventos fortes e grandes ondas a eles associadas causam estragos graves no meio ambiente, nomeadamente nos recifes de coral. Com efeito estes eventos catastróficos são determinantes nos padrões de distribuição das espécies dessas comunidades. As baixas pressões atmosféricas associadas aos ciclones podem provocar uma elevação do nível do mar (independente das grandes ondas) e inundar zonas costeiras.

### ↳ Trombas de Água (Water spouts)

São similares aos ciclones pois estão associados a movimentos ciclónicos do ar, convecção atmosférica intensa e formação de cumulus e cumulonimbus.

São vórtices de ar em forma de funil com pressões muito baixas no centro o que provoca que o ar e água circulem em espiral para dentro e para cima muito depressa. Estes funis estendem-se da superfície do mar para as nuvens-mãe que viajam com eles. Provocam uma certa quantidade de "spray" na superfície do mar e são visíveis devido à redução de pressão no seu interior que provoca uma expansão adiabática e arrefecimento causando uma condensação do vapor de água.

As trombas de água são um fenómeno de escala muito menor do que os ciclones. Variam entre apenas alguns metros a um máximo de centenas em diâmetro. Raramente duram mais de 15 minutos. Ocorrem frequentemente na primavera e início de verão. Ao contrário dos ciclones não estão confinados aos trópicos, embora ocorram aí com mais frequência na primavera e no início do verão. São muito comuns no Golfo de Bengala (Índia), Golfo do México e também ocorrem frequentemente no Mediterrâneo.



Figure 2.16 A water spout near Lower Malecumbe Key, Florida.