

CONSIDERAÇÕES SOBRE A OCORRÊNCIA DE TORNADOS NO BRASIL, PARAGUAI E ARGENTINA

Robert C. Dyer
Consultor Fotogeológico
Rua Marquês do Paraná, 184
25.635 - Petrópolis, RJ

Resumo

O presente trabalho trata do estudo de uma série de rastros de tornados que foram identificados pelo autor, numa região que compreende parte do leste do Paraguai, sudoeste do Brasil e nordeste da Argentina. Os rastros são claramente observáveis sob a forma de faixas desmatadas, lineares, essencialmente, em fotografias aéreas tomadas em 1965, na escala de 1: 60.000, e em algumas imagens Landsat do início da década de 70. A investigação multitemporal da região em consideração, por meio de levantamentos aerofotográficos de diversas épocas, mostrou que a maioria dos tornados atingiu a região, entre junho de 1964 e julho de 1965; alguns ocorreram antes desse período e um, em época posterior. Os rastros mais longos do presente estudo, um no Paraguai e outro no Brasil, possuem 70km de extensão, enquanto que o mais largo apresenta cerca de 2km. O intenso desmatamento que tomou conta da região, a partir de meados da década de 60, obliterou, quase que totalmente, nos produtos de sensoriamento remoto mais recentes, as marcas das passagens dos tornados. Por meio de uma investigação, na literatura geográfica e meteorológica pertinente à região sudeste do Brasil e da Argentina, foram encontrados alguns registros da passagem de tornados, os quais se encontram devidamente referenciados no presente trabalho.

Abstract

This paper deals with the description of a series of tornado tracks which were identified by the author over a region that encompasses part of eastern Paraguai, southwestern Brazil and northwestern Argentina. The tracks are clearly observable on 1965 black-and-white aerial photographs (1: 60,000) and on some of the early 70's Landsat imagery. The multitemporal assessment of different photocoverages and Landsat imagery, pertaining to the depicted region, showed that most of those tornadoes struck the region sometime between June 1964 and July 1965; a few tracks were determined to belong to tornadoes that struck the region in earlier years and one, in later years. The most extent trajectory is 70km long, and the widest, around 2km. The severe deforestation that

took place in the region in the late 60's obliterated almost completely the tornado scars on more recent remote-sensing products. A scan of the literature pertaining to the region under investigation resulted in the gathering of interesting information on damages caused by of such tornado storms.

1. Introdução

A região abordada pelo presente trabalho abrange parte do leste do Paraguai, sudoeste do Brasil e nordeste da Argentina, e é, aproximadamente, balizada pelas seguintes coordenadas geográficas; 52° a 56° 30' W e 24° a 27° 30' S.

Neste trabalho, são apresentados os resultados das investigações conduzidas pelo autor, que é geólogo e especialista em fotointerpretação, por meio da análise de produtos de sensoriamento remoto (fotografias aéreas e imagens Landsat), o que permitiu a identificação de um grande número de rastros de tornados, na região em epígrafe, e que são, pelo menos em relação ao território brasileiro, ainda bastante desconhecidos do público em geral.

2. Histórico

Em 1979, o autor executou um programa de fotointerpretação geológica cobrindo toda a região do Paraguai oriental, o que foi feito, essencialmente, com o emprego de fotografias aéreas, na escala de 1: 60.000, oriundas do levantamento efetuado pela USAF, em 1965, e, secundariamente, por meio de imagens de Landsat, geradas no começo de década de 70.

Durante os trabalhos, o autor teve a sua atenção despertada para uma série de irregularidades da fitofisionomia regional, ocorrendo sob forma de faixas alongadas, orientadas de NW a NNW, praticamente destituídas de vegetação arbórea, e que contrastavam, fortemente, com as áreas adjacentes, ainda densamente cobertas de mata.

Na figura 1, que se segue, está apresentado um estereograma ilustrando uma área com duas dessas anomalias (10 e 11) conforme observadas nas fotografias aéreas tomadas em julho de 1965. Na faixa clara, representando a área desmatada, a observação tridimensional permite uma perfeita visão da falta de vegetação arbórea.

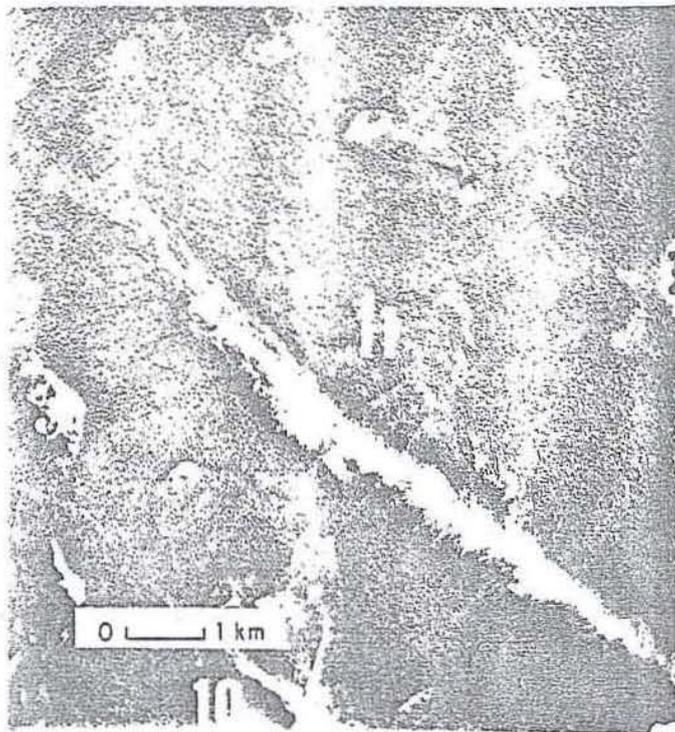


Fig. 1 - Estereograma de fotografia aérea de 1965, (Paraguai oriental), no qual aparecem, nitidamente, as faixas destituídas de vegetação arbórea, em forte contraste com os terrenos circunjacentes, com mata.

A vegetação original da região era representada, na época da tomada das fotografias, por mata. Assim, no oeste do Paraná, no Paraguai e na Argentina, predominava a mata pluvial, subtropical, com passagens para a mata pluvial, tropical, com árvores de 20-30m de altura e troncos de 0,30 a 0,80m de diâmetro, englobando, esporadicamente, árvores de maior porte; em altitudes acima de 500m, tal como no planalto do Paraná (Brasil), ocorria a mata de araucárias (pinheiros).

Em meados de 1984, Júlio de Castro, da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM, Rio de Janeiro, ao se interessar pelo assunto e examinar fotos da mesma cobertura (1965), logrou detectar diversas outras feições similares, jazendo em território brasileiro, no oeste do Estado do Paraná e regiões fronteiriças.

A cartografia desse conjunto de áreas, botanicamente anômalas, demonstrava que as mesmas formavam uma série de faixas lineares de direção NW a NNW, e que se localizavam, indistintamente, em terrenos de diferentes parâmetros lito-estratigráficos, de idades permianas a cretácicas. Ficava, assim, descaracterizada qualquer ligação das áreas anômalas com qualquer tipo litológico. Também, com relação ao relevo, não havia qualquer indicação de associação com parâmetros topográficos. A única ligação com parâmetros geológicos era a coincidência de algumas das feições lineares com anomalias aeromagnetométricas que refletiam a presença de rochas vulcânicas básicas, intrusivas, no sistema de geoclases da Bacia do Paraná. Esta situação induziu o autor, por algum tempo, a aventar uma hipótese de estressamento geobotânico para as faixas lineares desprovidas de cobertura arbórea.

Após a descoberta das feições anômalas, em território brasileiro, procedeu-se a um verdadeiro monitoramento multitemporal daquelas áreas, por meio do exame de produtos fotográficos (fotografias aéreas e mosaicos) de levantamentos anteriores a 1965, numa tentativa de se descobrir a época aproximada da ocorrência do fenômeno que motivou a derrubada da mata das áreas anômalas, em consideração.

Assim, foram examinadas: fotografias aéreas de levantamentos feitos em 1943 (USAF), durante a 2ª Guerra Mundial (representando produtos aerofotogramétricos dos mais antigos do país), fotos dos levantamentos de 1952-57, 1960, 1962, e finalmente, 1964. Devido à disponibilidade mais franca de fotos de diversas épocas que cobriram a área aqui convenionada como 19 (figuras 2 e 3), foi ela a mais sistematicamente estudada.

Nas fotos tomadas em junho de 1964 (figura 2), essa área, situada entre a cidade de São Miguel do Iguaçu e o Rio Paraná, ainda não se mostrava afetada pelo fenômeno. Já nas fotos tomadas em julho de 1965 (figura 3), se observava, perfeitamente, a faixa desmatada de 20km de comprimento e 600m de largura, aqui denominada área 19.

Dessa maneira, a investigação multitemporal para a determinação da data aproximada do evento, concluiu que, pelo menos para aquela área, o acontecimento se deu entre junho de 1964 e julho de 1965. Ficava provado, desta maneira, que, no período em referência, alguma ação teria sido responsável, naquela área, pela destruição de extensa faixa de floresta primitiva, até então totalmente intocada pela atividade humana.

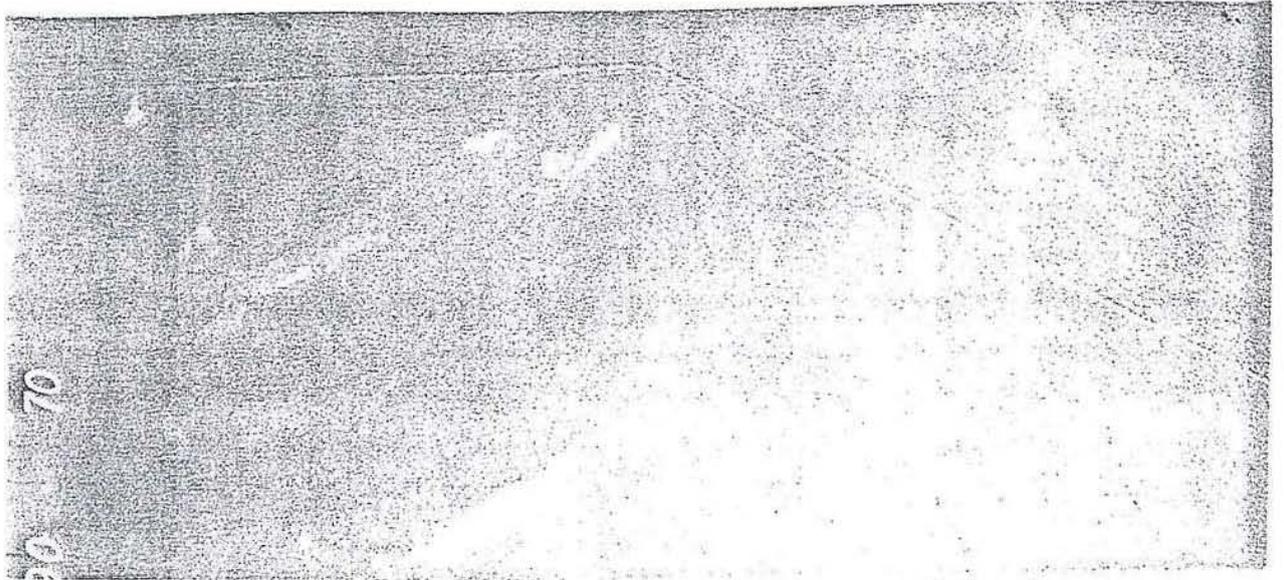


Fig. 2 - Área localizada entre a cidade de São Miguel do Iguazu e o Rio Paraná, em fotografia tomada em junho de 1964.

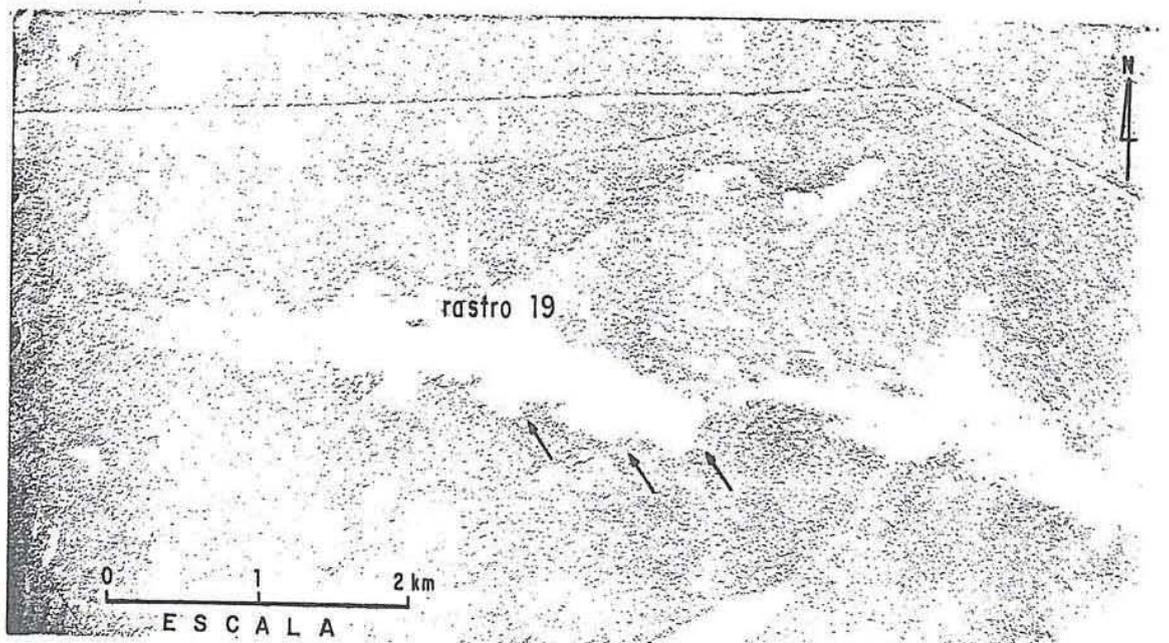


Fig. 3 - Mesma área da foto anterior, em fotografia tomada em julho de 1965, podendo se observar muito bem o desmatamento que a mesma sofreu. As setas indicam feições lineares relevantes.

A busca incessante por evidências sobre os acontecimentos havidos na região sudoeste do Estado do Paraná, trouxe ao autor o trabalho de Reinhard Maack - Geografia Física do Estado do Paraná, 1968. Neste compêndio, o sábio geólogo e naturalista diz, textualmente:

"Força considerável têm os ciclones do tipo furacão que ocorrem nos meses de abril e maio, no período de transição, durante o avanço dos anticiclones do Atlântico Sul e com o recuo das massas de ar tropical de pressão baixa. Em algumas ocasiões, atingem proporções catastróficas, como em maio de 1957, quando a ação de um tufão de largura de 300m a 400m, atingiu as fazendas de Guarapuava até Cascavel, destruindo centenas de casas,

A ventania gravou sua trilha, bem delimitada, nas matas onde as árvores e copas das araucárias se amontoaram umas sobre as outras.

Outro forte tufão de NW castigou os campos de Guarapuava, nas proximidades de Entre Rios e Pinhão, em 27 de maio de 1965, destruindo aldeias e faixas de matas, além de 200km para oeste até a cidade de Planalto. Sua força atingiu tais proporções que arrancou árvores com raízes de até 30cm de diâmetro, bem como centenas de casas. Os troncos de araucárias, ainda em pé, revelaram, com seus galhos, a direção do vento. Sob os escombros de uma escola, em Entre Rios, encontravam-se os cadáveres de uma professora com seu filho, registrando-se centenas de feridos em toda a região.

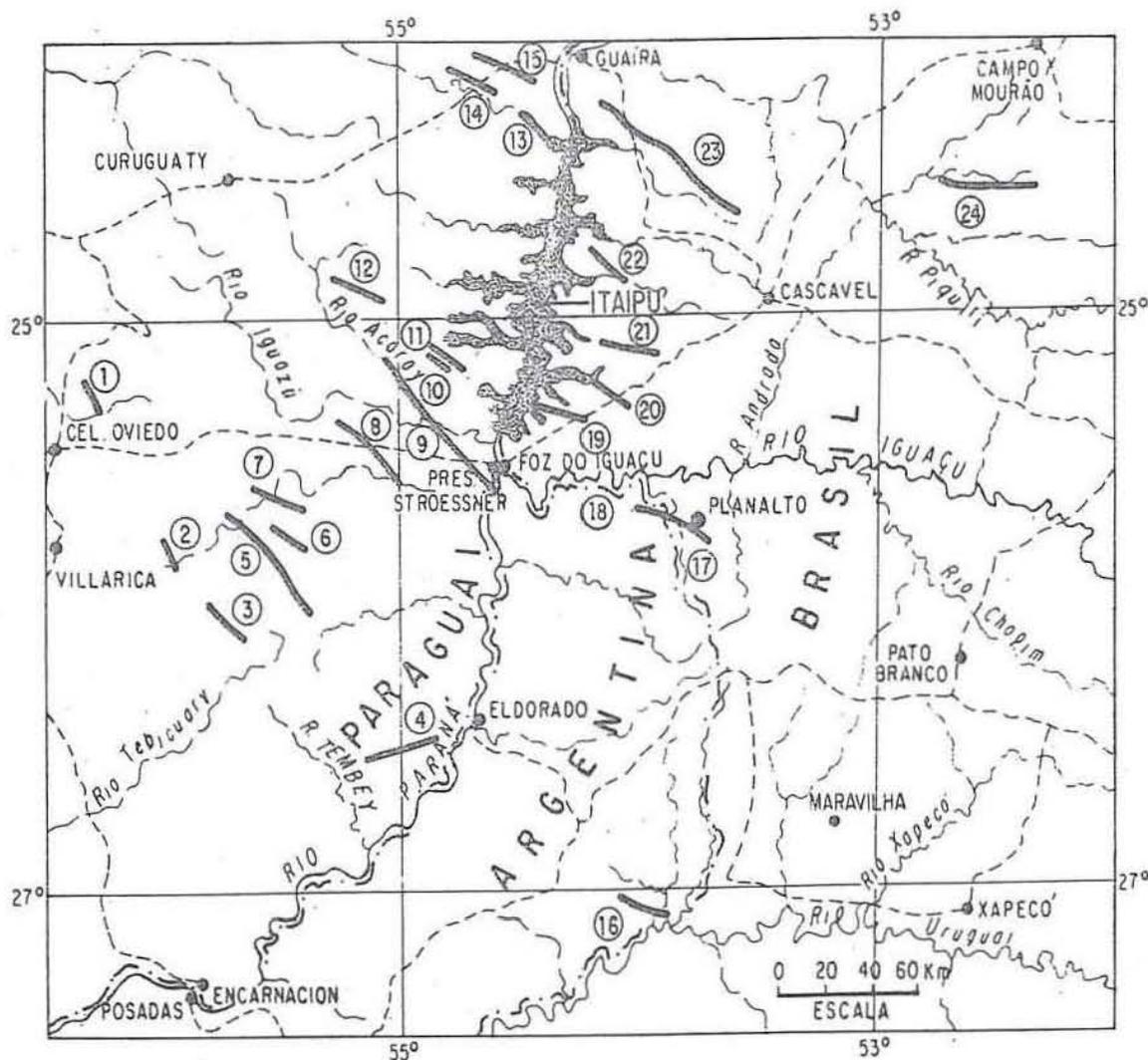


Fig. 4 - Mapa de localização dos rastros de tornados, em número de 24, identificados pelo presente trabalho, no sudoeste do Brasil, nordeste da Argentina e leste do Paraguai.

O último tuão destruidor, acompanhado de trovoadas ininterruptas e forte chuva, com uma frente de 50km. atingiu o norte do Paraná, entre Apucarana e Maringá, na noite de 9 de julho de 1965. Pitanga, Marialva e Manoel Ribas foram fortemente atingidas. O vendaval arrancou pés de café com raízes, destruiu florestas e centenas de casas, registrando-se oito mortos, em Pitanga e Marialva, e mais de oitenta feridos. O tuão foi tão forte que arremessou uma casa inteira, com seus habitantes, na estrada Keller, a 148m de distância, matando duas pessoas e ferindo, gravemente, uma criança (notícias da imprensa de 13 a 14 de julho de 1965)."

Estas informações pareciam, finalmente, indicar que as notáveis faixas desmatadas, investigadas nas fotos de 1965, representavam as trajetórias devastadoras de alguns tornados ocorridos entre 1964 e 1965, conforme a perfeita descrição de R. Maack. A fim de corroborar essa nova versão, o autor, sempre coadjuvado por Júlio de Castro, reexaminou as fotografias aéreas de 1965, tomadas de algumas das áreas mencionadas por Maack e, numa delas, nos arredores da cidade paranaense de Planalto (vide texto

transcrito), situada nas proximidades da fronteira com a Argentina, ficou perfeitamente caracterizado o rastro destruidor do tornado de 27 de maio de 1965. Essa área está assinalada no mapa da figura 4, acima, com o nº 17.

2. Generalidades sobre tornados

Segundo Nalivkin (1983), tornado é uma chaminé de ar de altíssima rotação, dependurada em uma nuvem cúmulo-nimbus. A maior parte dos estudos sobre tornados, os têm considerado de maneira independente, isto é, desvinculados de nuvens de tempestade. Somente nos últimos anos é que alguns estudiosos passaram a dar atenção ao relacionamento direto entre tornados e a vorticidade das nuvens. O fenômeno principal é justamente essa vorticidade da chamada nuvem-mãe, sendo o tornado uma formação semelhante, secundária, dela originada e pendendo da mesma em forma de tuba ou tromba.

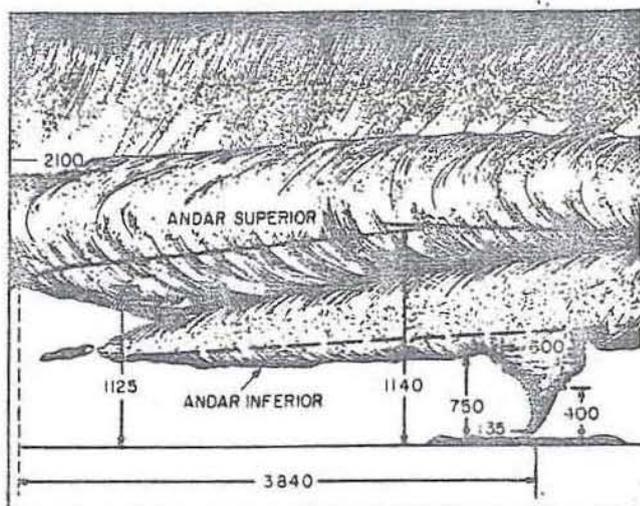


Fig. 5 - Estrutura de um tornado que atingiu Dallas, U.S.A. em 1957 (Hoecker, 1960).

Na figura 5, encontra-se uma concepção estrutural de uma tempestade com formação de um tornado, na sua parte inferior. Segundo a mesma, a parte principal da tempestade tem a forma de um colarinho e foi denominado por Hoecker de andar superior; sua largura é de 3-4km e sua espessura, cerca de 300m. O seu nível superior encontra-se na altitude de 1500m: Abaixo desta formação, encontra-se outra, denominada pelo mesmo autor de andar inferior, dela pendendo a tromba ou a tuba do tornado, de uma altura de cerca de 400m.

A tromba é a parte principal de um tornado e apresenta um movimento rotacional extremamente rápido do ar em seu interior. Geralmente, poeira e água se misturam ao ar rotacional, daí se tornando possível a sua observação; quando isto não acontece, a tromba permanece praticamente invisível. A velocidade de rotação do ar é extremamente alta e tem sido noticiada como possuindo valores elevadíssimos, de, até, 1.200km/h.

Ao contrário dos furacões, nos quais a cavidade interna, rotacional, apresenta dimensões quilométricas, nos tornados a mesma possui dimensões métricas.

Da mesma forma, as dimensões dos rastros dos tornados são relativamente pequenas, se comparadas com as de furacões. A largura média, tirada de 2.000 tornados ocorrentes nos Estados Unidos, foi de 350 - 450m, o rastro mais extenso tendo sido de 469km, com a morte de 270 pessoas; a média, entretanto, foi de 20km.

Morros, florestas e lagos não são obstáculos para os tornados. Após emergir por sobre os morros, frequentemente, atingem uma força maior e ao passar sobre florestas, destroem árvores seculares, deixando atrás faixas lineares de destruição. Muitas vezes, apresentam movimentos saltitantes, ora atingindo o solo, ora se erguendo do mesmo e formando, em consequência, rastros descontínuos.

E difícil determinar o peso de uma nuvem-mãe, assim como o peso da tromba do tornado propriamente dito. Um torna-

do que passou sobre o Lago Waocana, no Canadá Ocidental, aspirou tanta água que o nível do lago baixou 0,6 metros. Com base na área do referido lago, foi possível determinar que o peso da água aspirada pela tromba foi de cerca de 500.000 toneladas (Lowe and Mc Kay, 1962). Se o peso de uma tromba pode ser tal, pode-se assumir que o peso de uma nuvem-mãe pode chegar a centenas de milhões de toneladas.

Uma das regiões do mundo onde os tornados foram melhor estudados é a parte central dos Estados Unidos. Segundo Flora (1953), durante um período de 35 anos, de 1916 a 1950, foi registrada a passagem de 5.200 tornados, com a morte de 7.961 pessoas; segundo Spohr e Waste (1962), de 1916 a 1961, este número de tornados atingiu a casa dos 11.053, em todo o território norte-americano.

A edição do *National Geographic Magazine* de junho de 1987, apresenta uma excepcional e bem ilustrada reportagem sobre a ocorrência de tornados nos E.U.A. De acordo com a mesma, o período de 24 horas que apresentou a maior incidência de tornados no país, foi no dia 4 de abril de 1974, quando 148 deles foram registrados em 13 estados, com a morte de 315 pessoas. A mesma fonte informou que o maior número de mortes provocadas por um único tornado, aconteceu no dia 10 de março de 1925, com a morte de 689 pessoas.

Na figura 6, estão apresentados os rastros de uma série de tornados que atingiram a parte central dos Estados Unidos, em 29 e 30 de maio de 1879, e que, na sua maioria, têm direção NE.

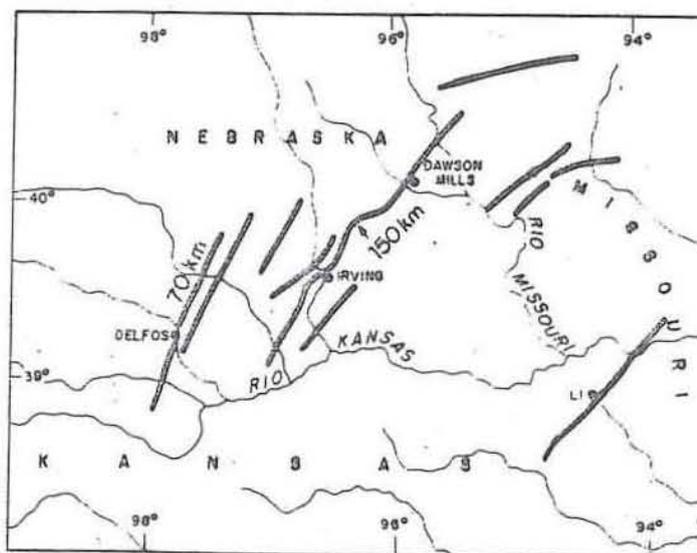


Fig. 6 - Rastros na parte central dos Estados Unidos.

O mais extenso foi chamado de Irving, tendo atingido cerca de 150km. Interessante é a comparação com o mapa da figura 4, que mostra os rastros identificados pelo autor na região coberta pelo presente trabalho.

4. Os rastros dos tornados

No mapa da figura 4 estão cartografados, de maneira sumária, 24 dos principais rastros destruidores dos tornados ocorridos na região em epígrafe.

O exame estereoscópico das aerofotos utilizadas no presente trabalho mostrou que ao longo dos rastros quase não restou cobertura arbórea (vide estereograma da figura 1). A escala da maioria das fotos não permite, porém, uma boa definição quanto à existência de troncos de árvores, desfolhadas e desganhadas, efetivamente de pé. Esporadicamente, são observados alguns troncos ainda em pé, provavelmente, representando árvores mais robustas que ocorriam no seio da mata pluvial subtropical. Que a maioria das árvores ocorrentes ao longo das trajetórias dos tornados, em consideração, foi efetivamente extinta, não há dúvida, pois o monitoramento multitemporal de algumas áreas, por meio de fotos tomadas, posteriormente, à passagem dos tornados e em escala mais adequada, mostrou que a vegetação arbórea, primitiva, foi destruída ao longo das faixas devastadas, tendo havido, após algum tempo, uma regeneração da mata atingida, por meio do crescimento de uma mata secundária, mais baixa e de características diferentes da original.

Abaixo, encontra-se uma tabela com os parâmetros gerais dos 24 rastros evidenciados no presente trabalho. Desse total, 8 dizem respeito ao Brasil, 3 à Argentina e 15 ao Paraguai.

Conforme se observa, a extensão e a largura dos rastros

variam enormemente, sendo que as feições mais notáveis têm 70km de comprimento e uma largura da ordem de 2km.

Os rastros contínuos mais extensos são: o de nº 9, situado em sua maior parte em território paraguaio (pouco a oeste de Foz do Iguaçu) e que, além de se destacar muito bem nas aerofotos de 1965, pode ser perfeitamente visualizado nas imagens mais antigas de Landsat, tal como a imagem apresentada na figura 12, adiante; rastro nº 23, localizado no oeste paranaense, entre Cascavel e Guaíra, e que tem uma ótima expressão nas fotos de 1965, conforme documentado na figura 10, adiante. Nas imagens de satélite, esta feição não pôde ser evidenciada devido ao intenso desmatamento que teve lugar na região, no fim da década de 60, apagando, totalmente, a cicatriz representativa da passagem do sinistro. O rastro mais largo é o representado pelo nº 5, que sofreu, localmente, desmatamento de até 2km.

A forma das trajetórias em epígrafe, apresenta-se, por vezes, bastante sinuosa, como exemplificado na figura 7, do rastro nº 8, situado no Paraguai. Outra característica muito marcante e conspicuamente observável nas aerofotos, é uma linha central, de tonalidade mais clara que o resto da área desmatada, provavelmente, representando a zona mais intensamente atingida pelo tornado. Por vezes, esta linha mais clara apresenta um brusco deslocamento lateral, como o indicado pela seta, na figura nº 8, do rastro nº 5, e que se encontra documentada adiante. Relevante, também, são os limites muito bruscos da zona desmatada do rastro 19 (figura 3).

Rastro (nº)	Comp. Max (km)	Larg. Max (km)	Localização (país)	Foto ou Imagem de LANDSAT
1	8	0,2	Paraguai	1965 - foto 1: 60.000
2	7	0,2	Paraguai	1965 - foto 1: 60.000
3	20	0,4	Paraguai	1965 - foto 1: 60.000
4	30	1,0	Paraguai	1978 - imagem de LANDSAT
5	40	2,0	Paraguai	1965 - foto 1: 60.000
6	13	0,5	Paraguai	1965 - foto 1: 60.000
7	17	0,5	Paraguai	1965 - foto 1: 60.000
8	35	1,0	Paraguai	1965 - foto 1: 60.000
9	70	1,5	Paraguai/Argentina	1965 - foto 1: 60.000
10	7	0,3	Paraguai	1965 - foto 1: 60.000
11	17	1,0	Paraguai	1965 - foto 1: 60.000
12	12	1,0	Paraguai	1965 - foto 1: 60.000
13	6	0,4	Paraguai	1965 - foto 1: 60.000
14	10	0,5	Paraguai	1965 - foto 1: 60.000
15	24	0,7	Paraguai	1965 - foto 1: 60.000
16	17	0,9	Argentina	1965 - foto 1: 60.000
17	30	0,2	Brasil/Argentina	1965 - foto 1: 60.000
18	9	0,3	Brasil/Argentina	1965 - foto 1: 60.000
19	20	0,6	Brasil	1965 - foto 1: 60.000
20	8	0,4	Brasil	1965 - foto 1: 60.000
21	20	0,7	Brasil	1964 - foto 1: 70.000
22	8	1,9	Brasil	1943 - foto 1: 45.000
23	70	1,2	Brasil	1965 - foto 1: 60.000
24	30	0,5	Brasil	1965 - foto 1: 60.000

Com um total de 548km e largura média de 0,4km, ter-se-ia um total de 22.000 hectares destruídos.

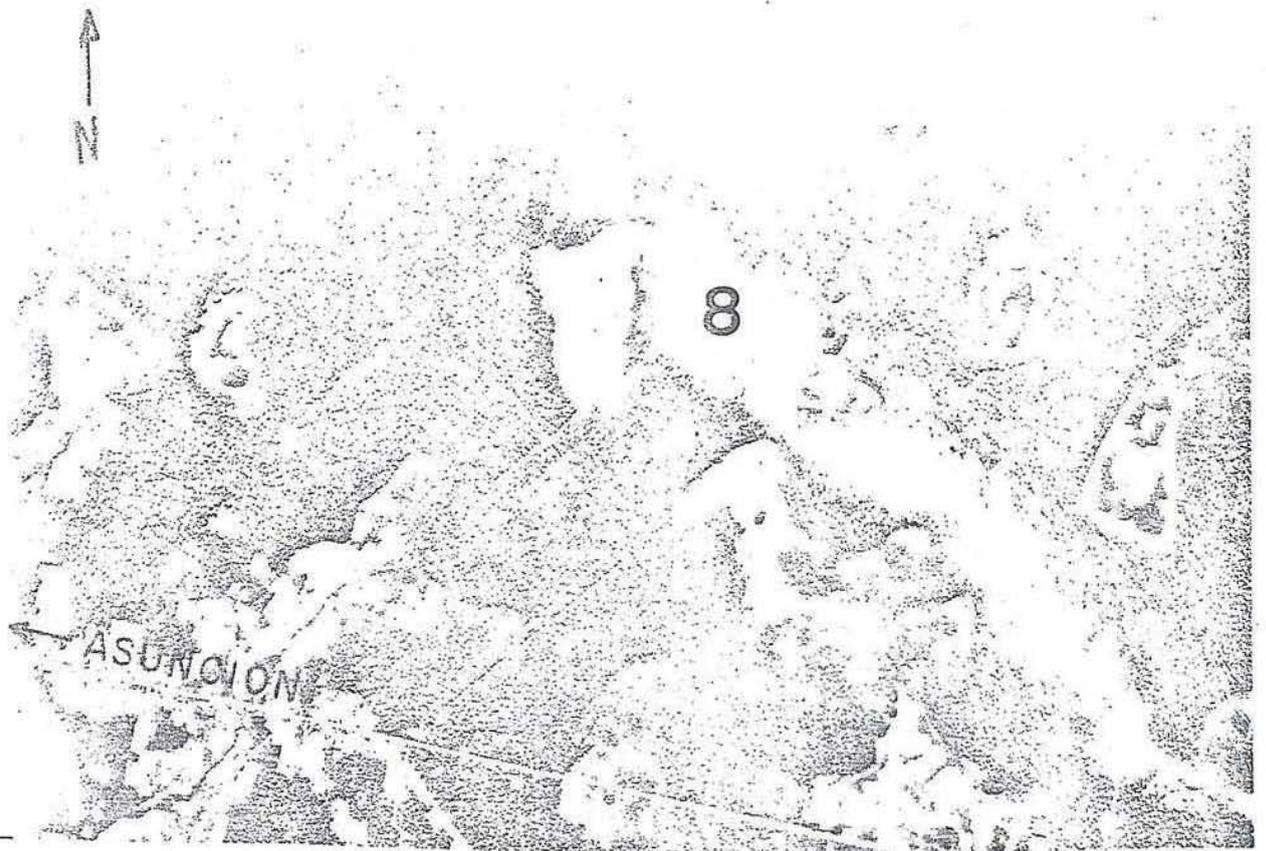


Fig. 7 - Fotografia aérea de 1965, mostrando a forma sinuosa e a grande mudança de largura deste rastro (nº 8) situado no Paraguai oriental, e que, na foto, atravessa a rodovia para Assunção.

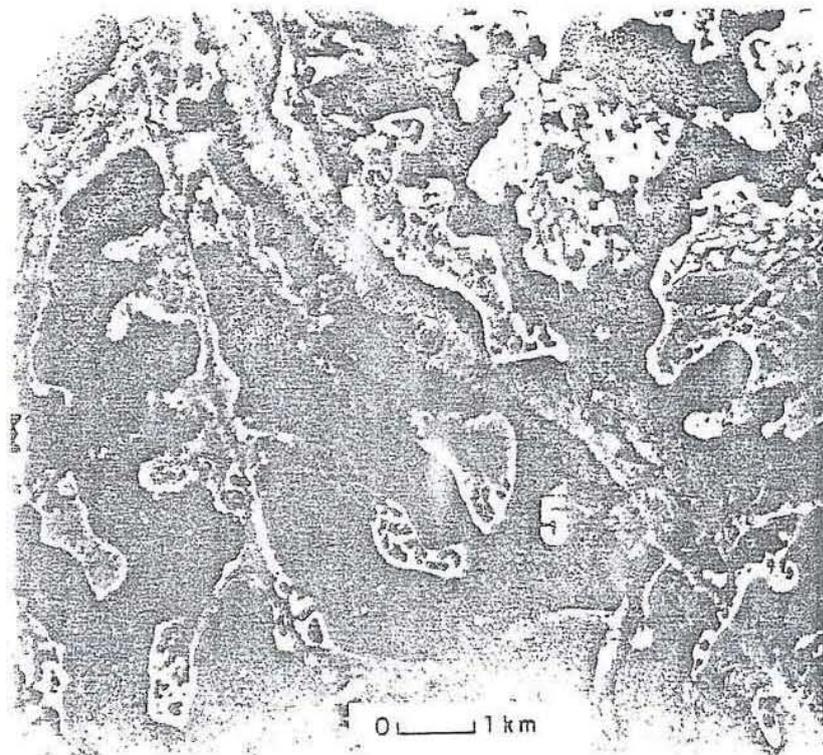


Fig. 8 - Foto de 1965, apresentando o rastro de nº 5, Paraguai, que possui uma linha central de tonalidade mais clara que o resto da faixa.

Segue uma descrição de alguns dos rastros identificados pelo autor no presente estudo.

5. Rastro nº 23

Este rastro, de, aproximadamente, 70km de extensão e representando um dos mais longos do presente estudo, situa-se no extremo oeste do Estado do Paraná, entre as cidades principais de Cascavel e Guaíra.

Na figura 9, ao lado, está apresentado o traçado do mesmo, podendo-se notar a sua forma sinuosa e sua mudança de largura, em vários pontos da trajetória. O rastro se inicia, ao sul, pouco ao norte de Bragantina, com uma largura média em torno de 400m, e direção noroeste. Passa entre Pérola Independente e Vila Nova, já com uma largura bem menor. Ao atingir o Rio Dezoito de Abril, sofre uma inflexão para a esquerda, acompanhando, por alguns quilômetros, o vale desse rio. Pouco depois de passar pelas proximidades de Nova Sta. Rosa, na altura da foz do Rio Dezoito de Abril, no Arroyo Guaçu, sofre um incremento de sua largura, que vai aumentando até atingir o máximo de 1,2km, pouco ao norte de Sta. Rita do Oeste. Daí para a frente, a largura vai diminuindo até aparecer, em cunha, nas proximidades de Bela Vista do Oeste, cerca de 10km do Rio Paraná. A intensa atividade agrícola, nesta área situada nas proximidades do Rio Paraná, impede, nas fotografias aéreas, em questão (1965), uma melhor avaliação sobre a continuidade do rastro nº 23, para oeste. Do outro lado da fronteira, já no Paraguai, ocorre um outro rastro, aqui denominado nº 15, perfeitamente alinhado com o primeiro, sendo bem possível se assumir que os dois constituem uma única trajetória de tornado, com cerca de 120km de extensão (fig. 4).

Na figura 10, que se encontra adiante, tem-se uma magnífica ilustração deste rastro, abrangendo a área onde se apresenta com a sua maior largura, cerca de 1,2km: entre Bela Vista do Oeste e Sta. Rita do Oeste.

6. Rastro nº 19

Este rastro, de 20km de extensão e largura máxima de 600m, ilustrado na figura 3, apresenta, como feições marcantes, os limites extremamente bruscos e retilíneos entre a zona com mata e a desmatada, o que levou o autor a aventar, no início dos estudos, a hipótese de uma origem geológica para o evento. Estes limites tão bruscos, como os assinalados pelas setas da foto da figura 3, são, de acordo com Nalivkin (1983), uma das características típicas de tornados. Para exemplificar, aquele estudioso de tais fenômenos, cita o caso de um tornado que destruiu, completamente, uma árvore de 30cm de diâmetro, mas deixou completamente intacta uma casa de abelhas situada a 1m da mesma.

A área foi monitorada por meio de fotografias aéreas mais recentes, tais como as fotos infravermelhas, falsa-cor, tomadas em 1974, para o estudo de Itaipu, e nelas foi possível constatar que a faixa desmatada (em zonas ainda não atingidas pela atividade agrícola), ainda conservava as características evidenciadas nas fotos de 1965, sem que houvesse sido regenerada qualquer vegetação arborea mais pujante.

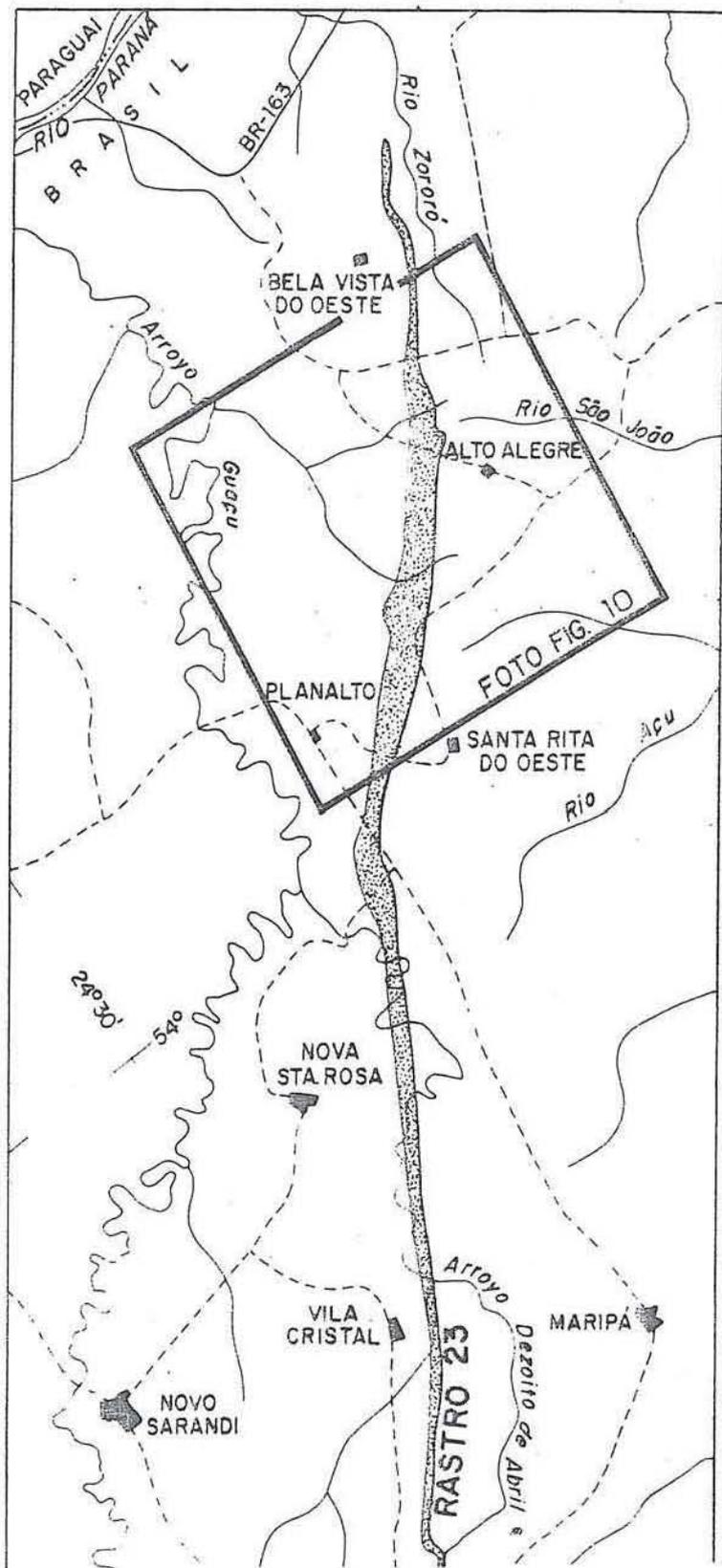


Fig. 10 - Rastro 23, extraído de aerofotos (1965).

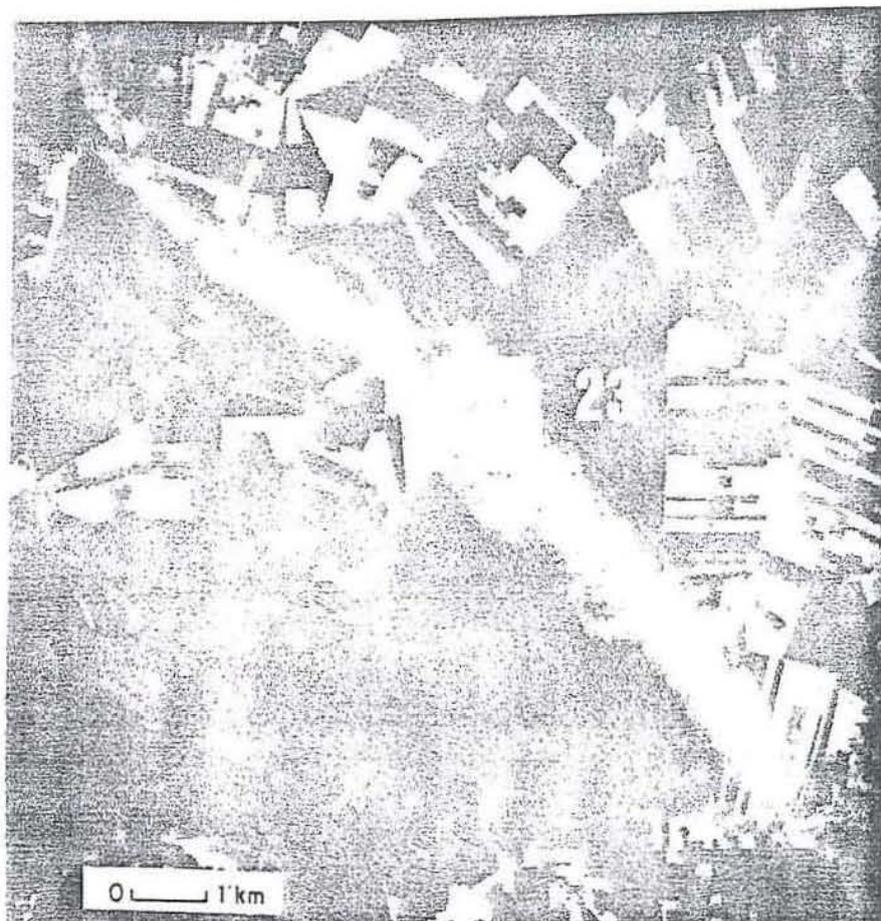


Fig. 10 - Aerofoto de 1965, ilustrando a trajetória destruidora do tornado nº 23, de 70km de extensão e até 1,2km de largura, situada entre as cidades de Cascavel e Guaira, no oeste paranaense. A área coberta, acima, encontra-se devidamente locada no mapa da figura 9 e abrange, justamente, o segmento do rastro que aí tem sua maior largura.

7. Rastro nº 9

Este rastro, de 70km de extensão, representa um dos mais notáveis exemplos de destruição produzida pelos tornados na região da Bacia do Paraná, e sua identificação se faz, tanto nas aerofotos da USAF, de 1965, quanto nas imagens pioneiras de Landsat, do início da década de 70. Na imagem apresentada na figura 11, adiante, está ilustrado este imponente rastro, assim como alguns outros que se fazem presentes no Paraguai, quando a atividade humana ainda não havia provocado grandes desmatamentos.

Considerando-se o sentido de sudeste para noroeste, o rastro nº 9 se inicia em território argentino, cerca de 7km para oeste

do aeroporto portenho do Parque de Foz do Iguaçu. Alguns quilômetros adiante, atravessa o Rio Paraná, adentrando no Paraguai, com uma largura de, aproximadamente, 700m. No trecho de cerca de 30km, que vai do Rio Paraná até a rodovia Foz do Iguaçu-Assunção, apresenta maior largura, chegando a atingir dimensões de até 1.500m, como acontece à altura do Rio Monday. Nas proximidades da rodovia supracitada, sua largura diminui, consideravelmente, para cerca de 500m. Continuando no rumo noroeste, segue uma distância de cerca de 20km, com uma retilidade muito marcante e largura média de 500m. Ao atingir o



Fig. 11 - Imagem de Landsat, de 23 de fevereiro de 1973, MSS, canal 6, apresentando uma série de rastros de tornados abordados pelo presente trabalho: o rastro nº 9, de 70km, aparece, conspicuamente, nesta imagem. No Brasil, o desmatamento apagou a maioria dos rastros, com exceção do nº 19, que se situa em área ainda com bastante mata.

Rio Acaray, novamente se espessa e passa a apresentar uma forma bem mais sinuosa, até desaparecer, cerca de 20km depois.

Na figura 11, acima, tanto o rastro nº 9 quanto os de nºs 5, 6, 7, 8, 10 e 11, todos no Paraguai, são bem observáveis, ocupando sempre posições subparalelas entre si. Já em território brasileiro, o intenso desmatamento que tomou conta daquela região fronteiriça, em fins da década de 60, apagou, quase que completamente, os vestígios das passagens dos tornados. Somente o rastro nº 19, já ilustrado, em fotografia aérea, na figura 3, ainda se mantinha relativamente visível, conforme se pode atestar na imagem de satélite, em foco.

8. Rastro nº 4

Este rastro, ocorrente no Paraguai, foi detectado, meramente, por meio do monitoramento de imagens Landsat, tomadas em diversas épocas. Assim, nas imagens geradas em fins de 1978, surgiu, pela primeira vez, esta feição de 30km de extensão, de forma ondulante e muito similar a todas as outras aqui

referenciadas. A única divergência se refere à sua direção ENE, destoante do restante dos rastros aqui considerados e que se encontram devidamente assinalados, no mapa da figura 4.

Na figura 12, que se encontra adiante, está exposta outra imagem de Landsat, desta vez gerada em dezembro de 1982, na qual se apresenta, muito nitidamente, este rastro mais novo, surgido em fins de 1978. Os outros rastros, referidos na imagem anterior, de 1973, já não se apresentam, na imagem de 1982, tão nitidamente; isto se devendo, essencialmente, ao desmatamento que tomou conta, também, do Paraguai, em fins da década de 70. Outra feição nova, apresentada pela imagem de 1982, é a colossal represa de Itaipu (limite superior da imagem), que se situa em área de ocorrência franca de tornados.

9. Rastro nº 16

Esta feição desmatada, perfeitamente observável nas fotos de 1985, também se apresenta de maneira bastante destacada na imagem de satélite Landsat, gerada em 1972, (MSS canal 5),

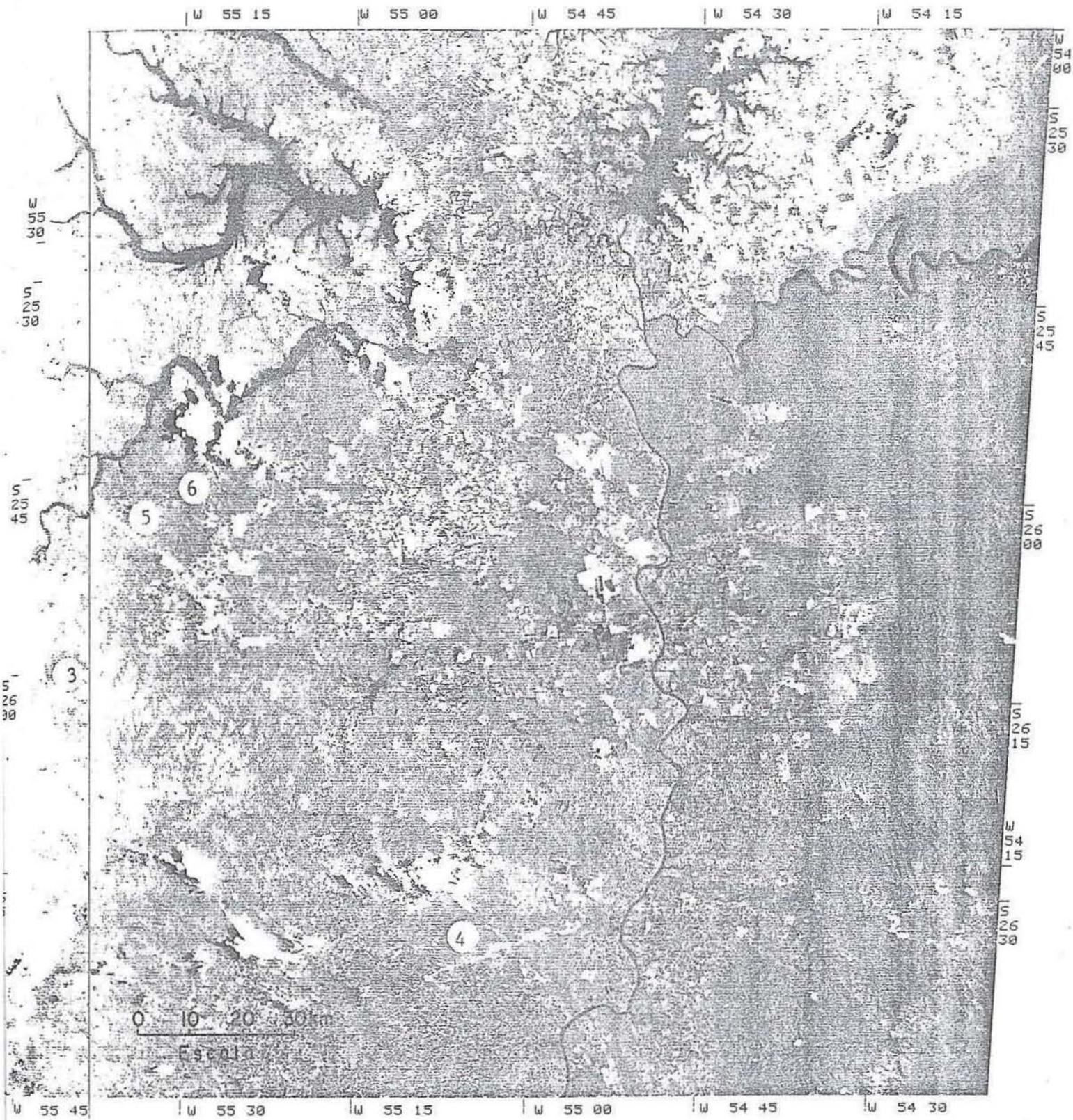


Fig. 12 - Imagem de Landsat, MSS, canal 6, de 28 de dezembro de 1982, na qual está bem ilustrado o aparecimento do rastro nº 4, inexistente na imagem de 1973. O desmatamento, então ocorrente no Paraguai, apagou grande parte dos rastros vistos naquela imagem.

assim como em fotografias aéreas mais recentes, tomadas em 1978. Trata-se de rastro situado em parque florestal da Argentina, Província de Misiones, próximo à fronteira do Brasil. Em território brasileiro, a passagem do sinistro não mais foi visível; nesta época, devido ao profundo desmatamento aí ocorrido (tons claros na imagem em foco, figura 13, ao lado).

Na figura 14, adiante, o mesmo rastro pode ser observado em aerofoto tirada em 1965. Como se pode observar, mesmo decorridos 7 anos, não houve regeneração da floresta devastada. O exame de fotografias, tomadas em 1978, outros 6 anos depois, mostrou que havia crescido uma vegetação secundária, na faixa destruída pelo tornado, de características completamente distintas da mata original. Uma imagem do Satélite SPOT, tomada em 1986, ainda evidencia perfeitamente o rastro do dito tornado. Áreas florestadas constituem o melhor ambiente para a identificação dos rastros de tornados em produtos de sensoriamento remoto. Uma bela ilustração colorida de um rastro de tornado que atingiu o Allegheny National Forest (Pennsylvania U.S.A.),

Fig. 13 - Imagem de Landsat, de novembro de 1972, MSS, canal 5, apresentando o rastro nº 16, situado em parque florestal da Argentina (prov. Misiones).



WRS 224- 78

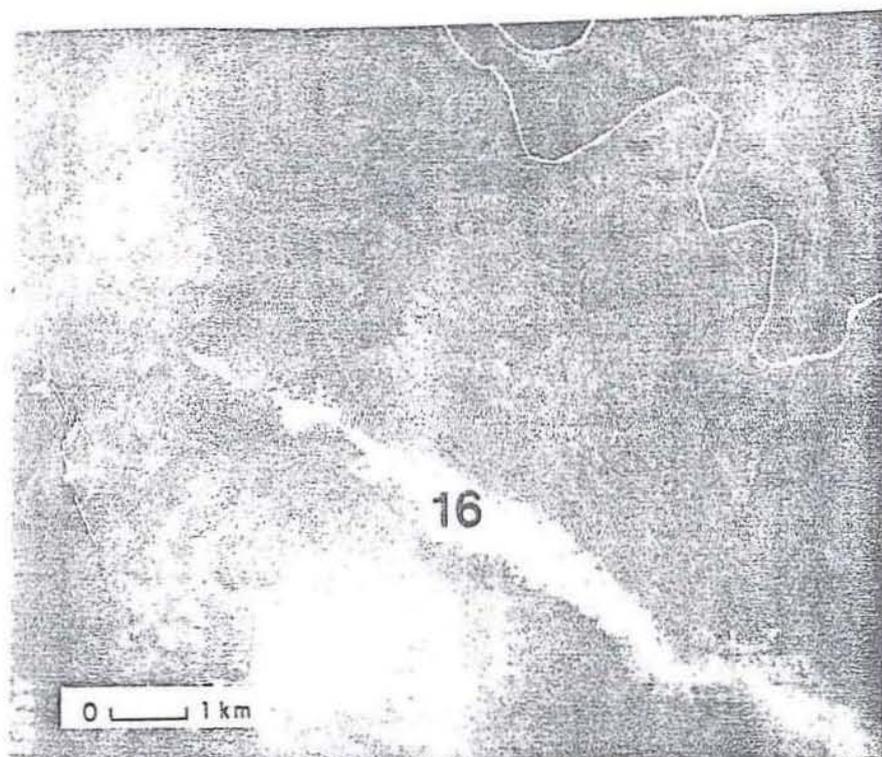


Fig. 14 - Fotografia aérea de 1965, na qual aparece, muito contrastadamente, a faixa florestal situada em Misiones, Argentina, destruída por um tornado. O rastro (nº 16) tem 17km de extensão, largura máxima de 900m e representa o mesmo, ilustrado na imagem de satélite da figura 13.



Fig. 15 - Aerofoto tomada em 1943, em levantamento do tipo "trimetrogon", e que representa um dos mais antigos executados no Brasil, mostrando um provável rastro de tornado (nº 22), situado no oeste do Estado do Paraná.

foi exibida na capa da revista Photogrammetric Engineering and Remote Sensing (Fev. 1986).

10. Rastro nº 22

O monitoramento multitemporal da região, durante o estudo em apresentação, inclui o exame de fotografias aéreas oriundas do levantamento *trimetrogon*, efetuado pela USAF durante a segunda Guerra Mundial (1943).

Este levantamento originou os produtos fotográficos mais antigos da história da Aerofotogramétrica do Brasil, sendo, portanto, de inestimável valor. Neste tipo de levantamento, são feitas tomadas, simultaneamente por 3 câmeras, uma vertical e outras duas obliquamente à linha de vôo; as faixas verticais se situam, geralmente, distantes 40 a 50km umas das outras. Algumas destas faixas, pertinentes à região oeste do Estado do Paraná, foram examinadas e, desta maneira, foi identificada a feição nº 22 (fig. 15), provavelmente, representando um rastro de tornado, anterior a 1943. Maack (1968) descreve ventos fortíssimos na região, ocorridos em 1935, com força de, até, Beaufort 11 (o máximo, na tabela de velocidade de ventos, que foi elaborada em 1806). Esta mesma área, examinada em fotos de 1964, mostrou-se parcialmente restaurada, por vegetação secundária.

O rastro mais oriental, detectado no presente trabalho, é aquele cartografado no mapa da figura 4, com o nº 24. Possui direção essencialmente E-W, ao contrário da grande maioria que é NW. É bem possível que este rastro represente o efeito destruidor do tornado referido por Maack como tendo ocorrido em 9 de julho de 1965, pois a área, indicada no mapa, encontra-se perfeitamente alinhada com a região onde se situam as cidades de Pitanga e Manoel Ribas, Estado do Paraná, referenciadas, no texto reproduzido, no começo deste trabalho.

11. Notícias de Tornados no Brasil, Paraguai e Argentina

Uma varredura da bibliografia, pertinente a tornados e afins, nos arquivos do Serviço Nacional de Meteorologia, Rio de Janeiro, não evidenciou grandes contribuições ao assunto.

Uma única exceção foi o relatório SUNAB/DEAL, de 5/10/67 - *Furacão sobre o município de Lajeado, Rio Grande do Sul* - que diz, textualmente:

"A 1ª de setembro de 1967, às 6.00 da manhã, forte tormenta ocorreu sobre o município de Lajeado, situado na margem direita do Rio Taquari. Segundo informações meteorológicas, a carta do tempo, das 9.00 horas do dia 31 de agosto, mostrava uma frente semiestacionária sobre Tubarão, Lages, norte de Erechim e norte de São Borja. No dia 1º de setembro, pela madrugada, esta frente retrocedeu para o sul como frente quente, passando sobre Lajeado, achando-se, às 9.00 horas, sobre Pelotas, Tramandai e leste de Alegrete. O regresso dessas frentes, geralmente dão origem a grandes cúmulos-nimbus, na região serrana. Assim sendo, o fenômeno ocorrido no município de Lajeado foi a presença de um enorme cúmulo-nimbus com a base muito próxima do solo. Daí, fortes correntes de vento com movimento rotacional e as grandes pedras de granizo que se precipitaram sobre aquela área, abrindo uma faixa de devastação de 20km de

comprimento por 1km de largura, de oeste para leste, de Santa Clara até Lajeado. Em Lajeado, a duração da tormenta não foi superior a 3 minutos. Houve inúmeros desabamentos tais como Pavilhão da Feira Nacional de Laticínios e a Casa Paroquial. Morreram 8 pessoas e 56 ficaram feridas. Fenômenos como esse têm ocorrido, talvez com menos intensidade, em outras localidades da região serrana do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina, por ocasião de situações meteorológicas semelhantes."

Para os leitores atentos ao assunto, notícias dos efeitos catastróficos de temporais, acompanhados de fortes ventos (possivelmente do tipo tornados), são, constantemente, divulgadas pela imprensa, principalmente, no que diz respeito à região sudoeste do Brasil. Normalmente, tais danos só são noticiados quando são atingidas cidades, com maiores perdas materiais e humanas.

Um grande número de sinistros causados por tormentas, possivelmente com acompanhamento de tornados, foi descrito por Blessmann em seu trabalho "Acidentes causados pelo vento" (1986), incluindo-se o evento já mencionado, ocorrido em Lajeado.

Uma das cidades duramente atingidas por um provável tornado foi Maravilha, situada no oeste catarinense (vide mapa da figura 4). A edição do dia 11/10/84 do jornal local "O Celeiro", assim descreve o ocorrido, sob o título *Furacão mata cinco e arrasa Maravilha: "Cinco mortos, mais de 200 feridos, 1.700 casas atingidas, 100 delas arrasadas, mais de 120 postes arrancados. Este o saldo trágico do furacão que se abateu sobre Maravilha na noite do dia 8. Tudo começou por volta de meia-noite e durou pouco mais de alguns segundos, suficientes porém, para arrasar completamente o perímetro urbano de Maravilha."*

Durante o primeiro semestre de 1987, um grande número de sinistros causados pelo efeito catastrófico de ventos, foi registrado no sul do país. Uma das cidades fortemente atingidas por uma tormenta tornadística, foi São Joaquim, SC. O Jornal do Brasil do dia 15/05/87, assim se referiu ao acontecido: *"Um dia após ter sido atingida pelo maior vendaval de sua história, São Joaquim era ontem uma cidade arrasada. Em alguns pontos do município era difícil acreditar que o temporal causasse tantos estragos e que fosse capaz de criar cenas surrealistas, como telhas de zinco grudadas nos postes, carros sobre casas, e outras trágicas, como serrarias que desapareceram, caminhões arrastados; e móveis, eletrodomésticos, roupas e gêneros alimentícios espalhados pelas ruas. A Comissão Estadual de Defesa Civil (Cedec), definiu o fenômeno como um tornado de movimentos concêntricos, numa velocidade de aproximadamente 120km/h. Houve 1.200 pessoas desabrigadas e cinco morreram."*

A edição de O Globo do dia 14/05/87, trouxe a seguinte notícia: *"Pela manhã um vendaval, com velocidade acima de 100km/h, passou pela região de Planalto (PR), ali deixando 4 mortos, dezenas de pessoas feridas e um número muito grande de desabrigados; a passagem do furacão durou 45 segundos."*

O Jornal do Brasil de 22/05/87, assim noticiou outra grave ocorrência: *"O vendaval que castigou na quarta-feira a cidade de Piedade (SP), que comemorava 47 anos de fundação, deixou um saldo de 923 feridos, aproximadamente 1.000 pessoas desabrigadas e danos em cerca de 500 casas e prédios públicos e em 30 carros."*

Ainda O Globo, no dia 31/07/89 apresentou a seguinte notícia: "Trinta e duas pessoas morreram e cerca de 200 ficaram feridas em 2 acidentes quase simultâneos — os mais graves em Mato Grosso do Sul desde a sua criação, há 11 anos — provocados pelos fortes ventos e as chuvas que atingiram o sul do estado. Em Ivinhema, a tragédia ocorreu por volta das 22h30m de sexta-feira. Cerca de 400 pessoas reuniam-se na Associação Cultural e Recreativa Ivinhemense, quando uma chuva intensa e um vendaval que não duraram mais de 2 minutos, fizeram desabar sobre os associados, o teto e duas paredes do clube. O outro acidente, ocorrido à mesma hora, foi a colisão de dois ônibus nas proximidades de Nova Andradina."

A atividade mais recente, de cunho tornadístico, em nosso país, teve lugar, no dia 26 de abril de 1991, quando em São Bernardo do Campo (SP), 12 carretas enfileiradas, pesando cerca de 25 toneladas cada, e totalmente carregadas de eletrodomésticos, foram tombadas pelo efeito devastador da passagem de um tornado. Num bosque próximo, árvores inteiras foram arrancadas, com nítidos vestígios de movimentos rotacionais muito intensos, conforme relato do noticiário telejornalístico da TV Globo.

Aos poucos, se vai difundindo no país, o conhecimento sobre ocorrências periódicas de típicos tornados em nosso território. Isto se deve, em parte, à divulgação dos estudos do autor pelos meios jornalísticos (O Globo 30/08/87 e 21/08/89), assim como em diversos eventos técnicos.

No Paraguai, a matéria é pouco documentada. Uma citação de M. L. Schwarzkopf, feita ao autor, dá conta da ocorrência de um violento tornado no dia 26/09/1926, o qual após atravessar e sugar grande quantidade de água do Rio Paraná, se abateu sobre a cidade de Encarnación, causando um enorme sinistro e um número extremamente elevado de mortos. As evidências mais diretas da ocorrência de possantes tornados em território paraguaio, são, sem dúvida, os rastros descobertos pelo autor em fotografias aéreas e imagens de satélite e devidamente reportados no presente trabalho.

Enquanto que, no Brasil, as referências são muito restritas, no que diz respeito a tornados, na Argentina, ao contrário, já se encontram vários trabalhos tratando do tema e divulgando seus efeitos catastróficos.

Muito embora notícias de tornados tenham sido registradas, há longo tempo, nos órgãos de imprensa da Argentina (uma notícia, publicada no diário *La Gazeta*, data de 1816 e trata de um tornado que atingiu o povoado de Rajas), somente a partir de 1971 tais sinistros começaram a ser, sistematicamente, estudados. Atualmente está sendo publicado um boletim semestral denominado *Estudio de los tornados en la Republica Argentina*, de autoria do Departamento de Meteorologia da Universidad de Buenos Aires, e sob a responsabilidade de Maria Luisa Altinger de Schwarzkopf.

De acordo com estes estudos, que se basearam em dados coletados desde 1930, os tornados registrados até 1979 foram em número de 134. Várias das conclusões tiradas foram as seguintes:

- A ocorrência dos tornados, na Argentina, se dá ao norte do paralelo de 40° S e a leste do meridiano de 65° W.

- A província de Cordoba concentra o maior número de ocorrências, praticamente um terço do total registrado.

- 85% dos tornados ocorrem em outubro e março. Não há ocorrência de tornados entre 6 e 12 horas, a maioria ocorrendo às 14 horas ou depois.

- Com relação à direção de deslocamento dos tornados, a maioria (44%) se deu de sudeste para noroeste.

- A área média, atingida pelos tornados, é de 10km², com 68% apresentando um rastro com comprimento entre 5 e 20km e uma largura de 50 a 700m.

Um caso impressionante foi o tornado do dia 10 de janeiro de 1973, em San Justo, Província de Santa Fé, com o doloroso saldo de 65 mortos. De acordo com os danos produzidos, estimou-se, com a escala F (Fujita), que a velocidade máxima, que o vento chegou a alcançar, foi de 500km/h. Dentre os efeitos causados pelo sinistro, deve ser citado o caso de um carro pequeno que foi carregado por um quarteirão e jogado no primeiro andar de um prédio. Considera-se que o tornado em referência foi um dos mais graves registrados, no mundo, fora das fronteiras dos Estados Unidos.

Outro sinistro de monta ocorreu no dia 4 de janeiro de 1974, em Bolívar, e provocou a queda das torres de alta tensão, provenientes de El Chocón, com a conseqüente falta de energia elétrica em uma vasta região do país.

Na figura abaixo, encontra-se analisada a região de ocorrência principal de tornados, na Bacia do Prata, com apresentação dos locais dos tornados, registrados pelo Serviço Meteorológico da Argentina, com destaque para San Justo.

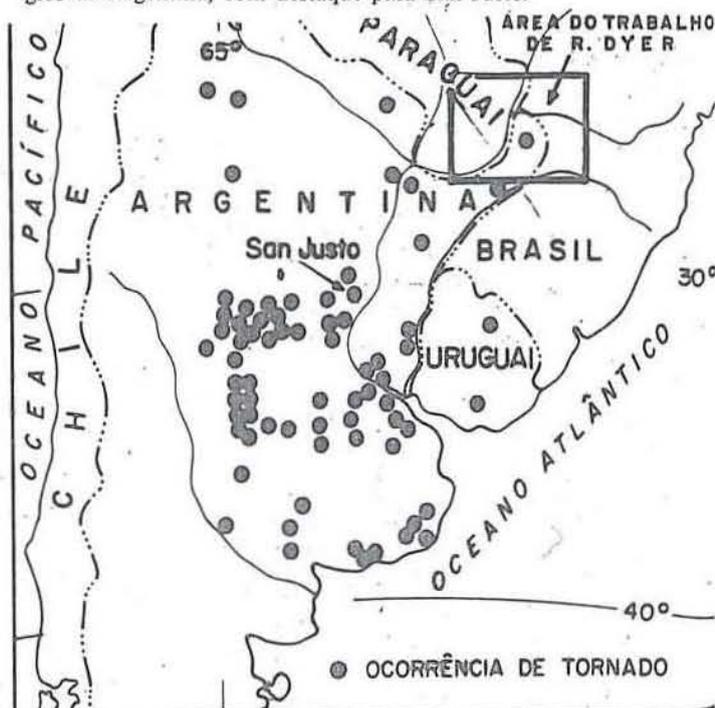


Fig. 16 - Mapa da região de ocorrência principal de tornados.

Na figura 17, abaixo, estão reproduzidas algumas fotos do efeito do tornado de San Justo, publicadas no boletim informativo nº 5, do Serviço Meteorológico da Argentina.

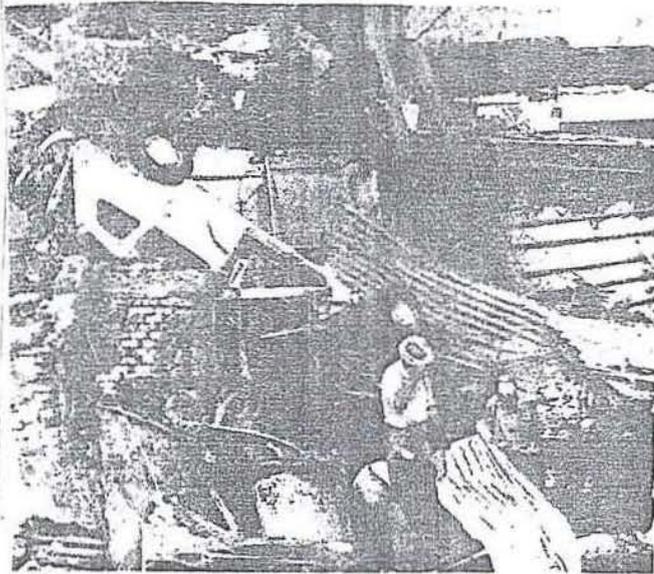


Fig. 17 - Fotos mostrando a destruição causada pelo tornado de San Justo, que causou a morte de 65 pessoas.

12. Considerações finais

Pelo que foi apresentado, no trabalho em pauta, depreende-se que a região da Bacia do Paraná (Bacia do Prata) é propensa à ocorrência de tornados, os quais podem se fazer presentes, de maneira fraca, até catastrófica. Os seus efeitos, de um modo geral, só se fazem sentir quando suas trajetórias passam por alguma cidade ou aglomerado urbano, resultando então em perdas materiais e humanas dignas de menção.

O exame da figura 4, onde estão plotados os 24 rastros de tornados identificados pelo autor, mostra que a colossal represa de Itaipu encontra-se encravada em área de ocorrência de um grande número desses sinistros, alguns dos quais, tal como nº 9, (rastro de 70km e largura de 1,5km), certamente teriam causado grandes estragos, caso suas trajetórias tivessem atingido sítios mais urbanizados. A exemplo do que aconteceu em Bolívar, Argentina, em 1974, os tornados devem ser considerados como uma constante ameaça à rede elétrica de transmissão, ligada à usina de Itaipu. A este respeito, o jornal O Globo de 21.06/91 trouxe a seguinte notícia: "O município de Foz do Iguaçu, que abriga Itaipu - a maior hidrelétrica do mundo - está às escuras desde

às 15h30m de ontem, depois que um vendaval derrubou quatro torres de linhas de alta tensão que abastecem o oeste do Paraná. O corte de energia atingiu outras cinco cidades, prejudicando 300 mil consumidores."

13. Agradecimentos

A coletânea de produtos fotográficos, provenientes de um grande número de aerolevantamentos e de imagens de Landsat, só foi possível graças à atenção recebida de diversos órgãos públicos e privados, aos quais o autor manifesta seus melhores agradecimentos:

- Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, Rio, pelo fornecimento de fotografias aéreas "trimetrogon", de 1943, a partir de negativos cuidadosa e eficientemente conservados.

- Instituto de Terras e Cartografia do Paraná - ITC, Curitiba, pela cessão de produtos fotográficos de levantamentos de 1952-57, e de 1962-64.

- Divisão de Fotointerpretação do Instituto Brasileiro do Café - IBC, Rio, pelo fornecimento e facilidades de consulta de produtos fotográficos de levantamentos de 1970-72.

- Centro de Cartografia da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais - CPRM, Rio, pela cooperação e facilidades de consulta de produtos fotográficos do levantamento de 1965.

- Aerofoto-Cruzeiro, Rio, pelo fornecimento e facilidades de consulta dos produtos dos levantamentos de 1959-60 e de 1974.

- Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais - INPE, São José dos Campos, pelo fornecimento de imagens Landsat.

- 5ª Divisão de Levantamentos da Diretoria do Serviço Geográfico, Rio, pelo fornecimento de fotografias aéreas do levantamento de 1965.

- Estado Maior das Forças Armadas - EMFA, Brasília, pelo deferimento da solicitação para a aquisição e publicação dos produtos fotográficos pertinentes ao território brasileiro, aqui referenciados.

- Departamento de Meteorologia da Universidad de Buenos Aires, Argentina, pela cessão de trabalhos relativos aos estudos dos tornados na Argentina.

- BP Mineiraçao Ltda, Rio de Janeiro, pelas facilidades postas à disposição do autor para a preparação deste trabalho.

14. Referências bibliográficas

Blessmann, J - Acidentes Causados Pelo Vento, Editora da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 81 p., 1986.

Dyer, R.C. - Rastros de Tornados no sudoeste do Brasil, leste do Paraguai e nordeste da Argentina. Anais do Simpósio Latino-Americano de Sensoriamento Remoto, Gramado, RS, Brasil, pp. 589-603, 1986.

Dyer, R.C. - Remote Sensing identification of Tornado tracks in Argentina, Brasil and Paraguay. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 54 (10), pp. 1429-1435, 1988.

Finley, J.P. - Report on the tornadoes of may 29 and 30, 1879, in Kansas, Nebraska. Prof. Paper of the Signal Service, No. 4, 116 p., 1881.

Flora, S.D. - Tornadoes of the United States. Oklahoma, 194 p., 1953.

Hoecker, W.H. - The dimensional and rotational characteristics of the tornadoes and their cloud system. Res. Pap. No. 41, Weather Bur. United States, pp. 53-113, 1960.

Maack, R. - Geografia Física do Estado do Paraná, Curitiba, 450

p., 1968.

Nalivkin, D.V. - Hurricanes, Storms and Tornadoes, Rotterdam, A.A.Balkema, 597 p., 1983.

National Geographic Magazine, Washington, U.S.A., 171 (6), pp. 690-715, 1987.

Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 52 (2), cover photo, 1986.

Schwarzkopf, M.L.; Migliardo, R.C. - O Tornado de San Justo, Província de Santa Fé, Metereologica, 4 (1), 1973.

Schwarzkopf, M.L.; Migliardo, R.C. - Aspectos estadísticos de la ocurrencia de tornados en la Republica Argentina, Geodacta, 8 (1), 1976.

Schwarzkopf, M.L.; Rosso, L.C. - Severe Storms and Tornadoes in Argentina, Proceedings, 12th Conference on Severe Local Storms, San Antonio, Texas, pp. 59-62, 1982.