

Análise e Cálculo dos Índices de Instabilidade para Eventos de Chuva de Granizo no Rio Grande do Sul

Luiz Felipe Rodrigues do Carmo¹
Vitor Fonseca Vieira Vasconcellos de Miranda²
Rodrigo Carvalho de Sousa¹

¹ Universidade Federal do Rio de Janeiro- UFRJ/LMA
Rio de Janeiro - RJ, Brasil
{luizao, rodrigo}@lma.ufrj.br

² Universidade Federal do Rio de Janeiro- UFRJ/LASA
Rio de Janeiro - RJ, Brasil
vitormiranda91@yahoo.com.br

Abstract. The state of Rio Grande do Sul, has a lot of rainfall problems, the largest being related to the hailstorm. The motivation of this work is based on the difficulty of the predictability of the event because this may happen in micro or mesoscale. A good analysis of this with remote sensing and in situ data is very important to calculate the indexes of instability, which have a great relationship not only to hail but with other phenomena. With the values found for these cases may be established thresholds for the same using computational techniques helping to the forecast. The cases chosen were those that had the greatest social and economic impact in the last six years and that occurred in the state of Rio Grande do Sul. In order to calculate the indexes we used the data survey of the Salgado Filho International Airport in Porto Alegre. The indexes are calculated: SWEAT index (Severe Weather Threat) CAPE (Convective Available Potential Energy), K (index K), TTI (Total Totals Index), LI (Survey Index) and SI (Showalter Index).

Palavras-chave: K, ITT, IL, remote sensing, in situ, index

1. Introdução

A previsão do tempo é de extrema importância para a população. Quando se fala de previsão do tempo no Brasil, nos remete a pensar: “quando e quanto vai chover?”. No entanto, em algumas regiões, como no Sul, mais especificamente no estado do Rio Grande do Sul, as chuvas de granizo podem trazer danos graves para a população, nas plantações, colheita de frutos, telhas amassadas e provocar até morte em alguns casos, onde os granizos são maiores.

As chuvas de granizo, são precipitações de pequenos grânulos de gelo transparentes ou translúcidos, esféricos ou com forma irregular, com diâmetro geralmente superior a 5 milímetros (VAREJÃO-SILVA, 2000). Também temos as saraivas que são pelotas maiores que 50 milímetros. Porém, a população não sabe diferenciar um do outro, logo, a mesma chama todo tipo de grânulo de “granizo”.

Entre os principais sistemas atmosféricos que influenciam as condições de tempo no Rio Grande do Sul (RS), favorecendo a ocorrência de desastres naturais, podem-se citar os sistemas frontais (frentes frias), as convecções locais (devido ao aquecimento diurno da superfície) e os sistemas convectivos de mesoescala (NEDEL, 2012).

Neste trabalho serão calculados alguns índices de instabilidade para os casos de precipitação com presença de granizo registrada.

O índice SWEAT é calculado pelo método definido por NASCIMENTO, 2005, estabelecido para o hemisfério sul pela equação (1):

$$SWEAT = 20(ITT - 49) + 12Td_{850} + 2V_{850} + V_{500} + (125\{C\}) ; \quad (2)$$

Onde $C = \text{sen}(dir_{500} - dir_{850}) + 0,2$

O índice K (GEORGE, 1960) é calculado pela equação (2):

$$K = T_{850} - T_{500} + Td_{850} - (T_{700} - Td_{700}) ; \quad (2)$$

O índice TT (MILLER, 1972) é definido pela equação (3):

$$TT = T_{850} + Td_{850} - 2T_{500} \quad (3)$$

O LI (GALWAY, 1956) é definido pela equação (4):

$$LI = T_{500} - T'_{500} ; \quad (4)$$

Onde T'_{500} é a temperatura obtida através do levantamento de uma parcela de ar em 850 hPa até 500 hPa, com razão de mistura média entre a superfície e 850 hPa.

O IS (SHOWALTER, 1947) é definido pela equação (5):

$$IS = T_{500} - T''_{500} ; \quad (5)$$

Onde T''_{500} é a temperatura obtida pelo levantamento da parcela de ar em 850 hPa.

O índice CAPE (HOUZE, 1993) será calculado pelo método proposto por (DIAS, 2000) equação (6):

$$CAPE = g \int_{NCC}^{NE} \frac{T_{vp} - T_{va}}{T_{va}} dz ; \quad (6)$$

2. Metodologia de Trabalho

Foram selecionados casos de chuvas de granizo que tiveram algum impacto social e econômico. Para isso, pesquisaram-se notícias de jornais e outros meios de comunicação, nos quais se pôde analisar o impacto dessa chuva no município. Após estas análises minuciosas, foram obtidas dez sondagens do aeroporto Salgado Filho, em Porto Alegre, entre os anos de 2010 e 2015. Nestes casos tivemos ocorrência de granizo em diversos municípios do Rio Grande do Sul.

Para o cálculo dos indicadores foram utilizadas as sondagens e diagramas obtidos no site da universidade do Wyoming. Os índices a serem calculados são: SWEAT, CAPE, K, TT, LI e IS.

Após o cálculo dos índices, realizou-se uma triagem para cada caso, a fim de verificar os ambientes sinóticos dos mesmos. Feito isto, foram escolhidos dois casos para análise mais minuciosa de ambientes sinóticos diferentes, para analisar o comportamento dos índices nos mesmos. Para análise destes foram analisadas as cartas sinóticas da Diretoria de Hidrografia e Navegação (DHN) e as imagens de satélite realçadas do Centro de Previsão de Tempo e Estudos Climáticos/ Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (CPTEC/INPE) do GOES-12 e GOES-13.

Além disso, foram plotados a Pressão a nível médio do mar (PNMM), ventos zonal e meridional (V) em 200 e 850hPa, ômega em 500 hPa e Altura geopotencial em 500 hPa; todos provenientes do GFS (Global Forecast System) com resolução de 0,5°.

3. Resultados e Discussão

Dez casos foram analisados. Todavia, para fins ilustrativos neste artigo, serão ilustrados dois casos, sendo um de sistema frontal e outro associado a um ciclone em 850 hPa. O caso escolhido foi o caso do dia 02/10/2012. Pode-se ver pelas Figuras 1(a) e 1(b) a imagem de satélite realçada do GOES-12 extraída do CPTEC/INPE e a carta sinótica da DHN, respectivamente, evidenciando o ambiente sinótico no momento. Nas Figuras 2, 3 e 4, pode-se notar os campos de V em 850 hPa e PNMM, ω e altura geopotencial em 500 hPa e V em 200 hPa, respectivamente. Já para o caso do dia 20/07/2015 (sistema frontal), temos as Figuras 5(a) e 5(b) imagem de satélite do canal GOES-13 extraída do CPTEC/INPE e a carta sinótica da DHN, respectivamente, evidenciando o ambiente sinótico no momento. Nas Figuras 6, 7 e 8, é possível notar os campos de umidade, PNMM e ω e altura geopotencial em 500 hPa e V em 200 hPa, respectivamente.



Figura 1(a) – Imagem de satélite realçada do GOES 12: dia 02 de outubro de 2012 11:15Z (Fonte: CPTEC/INPE).

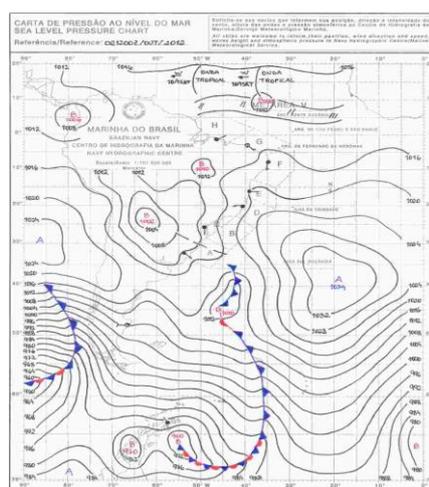


Figura 1(b) - Carta sinótica da Marinha do dia 02 de outubro de 2012 no horário de 12Z (Fonte: DHN)

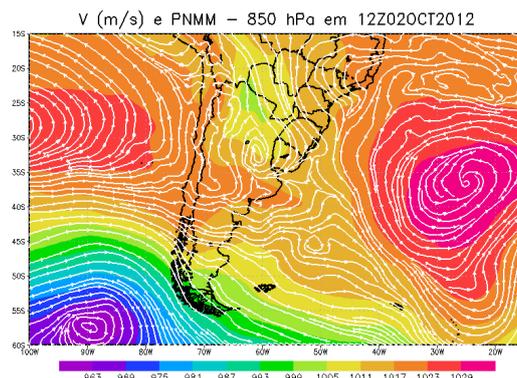


Figura 2 – Magnitude e direção do vento em 850 hPa e PNMM do dia 02 de outubro de 2012

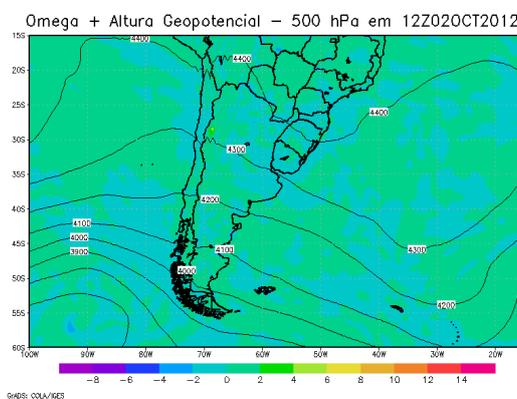


Figura 3 – Ômega e altura geopotencial em 500 hPa do dia 02 de outubro de 2012

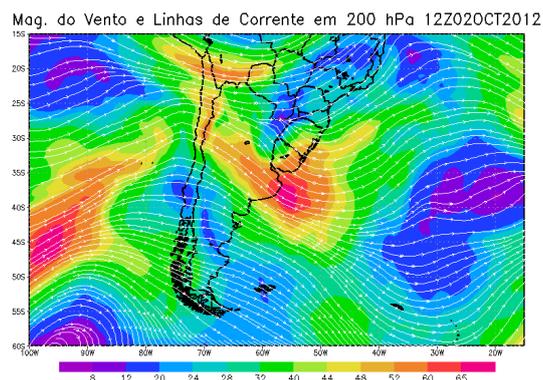


Figura 4 – Magnitude e direção do vento em 200 hPa do dia 02 de outubro de 2012

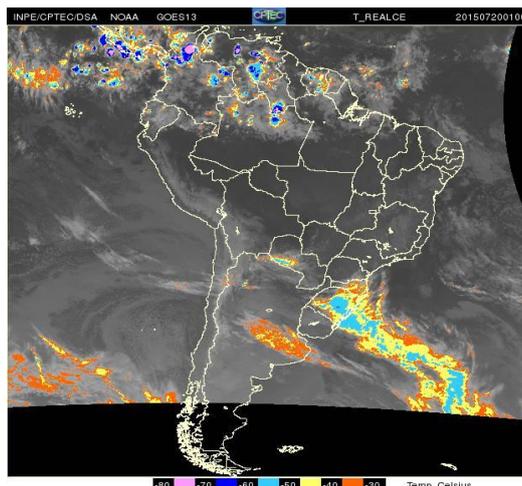


Figura 5(a) – Imagem de satélite realçada do GOES 13: dia 20 de julho de 2015 0100Z
(Fonte: CPTEC/INPE).

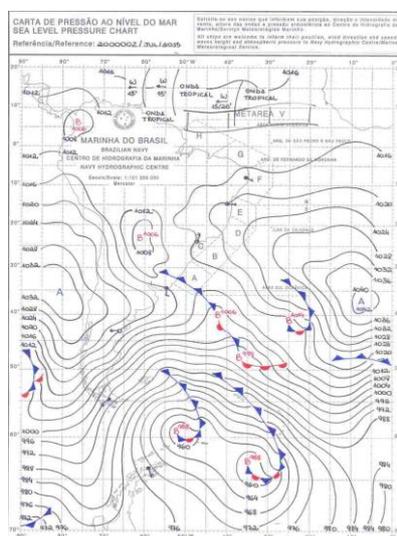


Figura 5(b) - Carta sinótica da Marinha do dia 20 de julho de 2015 no horário de 00Z
(Fonte: DHN)

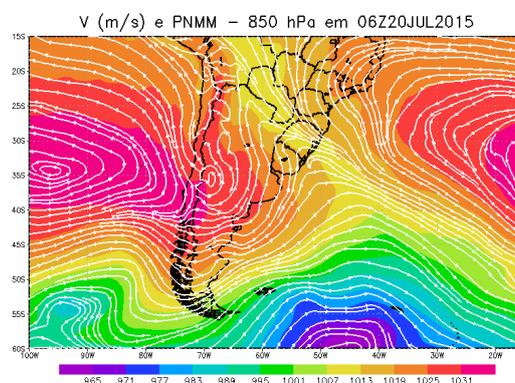


Figura 6 – Magnitude e direção do vento em 850 hPa e PNMM do dia 20 de julho de 2015

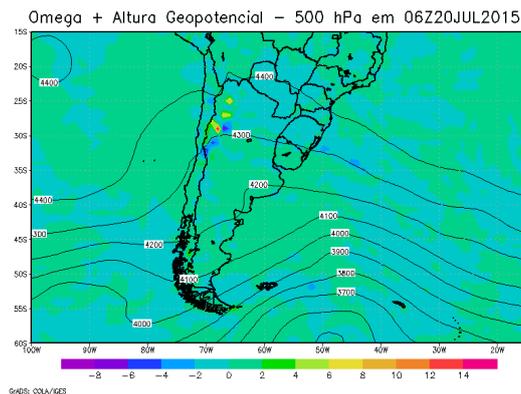


Figura 7 – Ômega e altura geopotencial em 500 hPa do dia 20 de julho de 2015

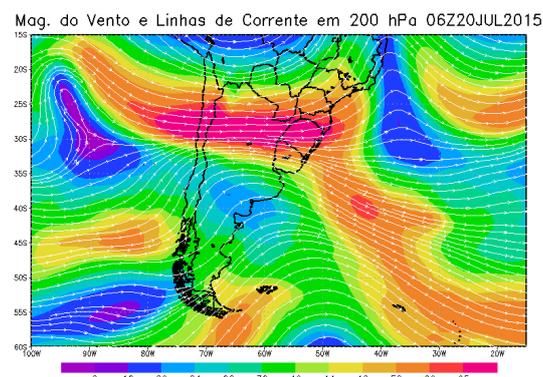


Figura 8 – Magnitude e direção do vento em 200 hPa do dia 20 de julho de 2015

Analisando as imagens de satélite e a carta sinótica da marinha do dia 2 de outubro de 2012, pode-se notar que tínhamos um cavado atuando sobre o Rio Grande do Sul, que, posteriormente, deu lugar a um ciclone. Este sistema de baixa pressão trouxe muita instabilidade nesta região e movimentos ascendentes (ômega negativa), como visto na análise do campo de 500 hPa. Em 850 hPa, pode-se notar o cavado atuando nesta região a leste do ciclone. Neste caso, como visto na tabela, os índices não se comportam como o esperado. Ou seja, espera-se, de acordo com os valores encontrados nos índices, que não haja possibilidade de ocorrência de chuva de granizo. Porém, contrariando os resultados dos índices, o granizo foi registrado. Por isso, pode ser que estes limiares estabelecidos para o hemisfério norte, tenham que ser novamente estabelecidos para o hemisfério sul.

No caso do dia 20 de julho de 2015, pode-se notar a atuação de uma frente fria no estado do Rio Grande do Sul. Em 850 hPa no horário das 06Z, podemos ver a atuação de um cavado nesta região. Além disso, pode-se ver grande movimento ascendente nesta região, devido ao valor de ômega negativo. Em 200 hPa, há uma corrente de jato muito intensa na região. Nesse caso, os índices se comportaram como esperado, o IS e LI foram negativos, o TT foi maior do que 50 graus e o K foi em torno de 24 graus, como esperado, segundo (DIAS, 2000).

Na tabela 1, têm-se os índices de instabilidade calculados para os dias que foram registrados chuvas de granizo.

Tabela 1 – Índices de Instabilidade calculados

DATA	SW	K	TT	IS	LI	CAPE
17/11/2010	203	18,3	43,2	4,8	0,4	297,8
07/08/2011	356	35,7	57	-4,8	-0,8	64,1
19/09/2012	172	28,8	42,4	3,7	1,7	17,1
02/10/2012	182	12,3	41,8	3,8	4,6	0
03/12/2013	262	28,9	50,4	-1,7	-4,3	1406
08/04/2014	176	36	45,2	1,07	0,6	48
16/10/2014	203	26	49,8	-1	2,2	0
22/06/2015	230	31,1	46,6	1,4	5,1	0
13/07/2015	351	30	49,8	-2,5	1,7	0
20/07/2015	302	35,1	51,2	-1,8	2,6	1,1

4. Conclusões

Analisando os resultados dos índices de instabilidade, pode-se notar alguns resultados importantes. Em relação ao SWEAT, em todos os casos, tem-se o SWEAT acima de 100. Sendo que em 3 destes, os valores são maiores do que 300, 5 entre 200 e 300 e 2 entre 100 e 200. Em suma, pode-se inferir que em 8 dos 10 casos de granizos estudados, tivemos SWEAT maior do que 200, com apenas 2 não estando dentro deste limiar. Logo, o SWEAT maior que 200, significa um ambiente propício a formação de tempestades de granizo.

Em relação ao índice K e TT, espera-se que nos casos de granizo, tenhamos um K em torno de 24°C e TT acima de 50° (DIAS, 2000). Porém, analisando os resultados dos índices calculados, pode-se notar que apenas 3 desses casos atendem ao esperado, são esses os casos dos dias 07/08/2011, 03/12/2013 e 20/07/2015. Entretanto, analisando o TT, nota-se que em todas as situações o seu valor está sempre acima de 40°C. Ou seja, um ambiente com TT maior do que 40°C é propício à formação de granizo.

Em relação ao índice de instabilidade K, temos em 2 casos valores entre 10 e 20, sendo 3 casos entre 20 e 30 e 5 casos acima de 30°C. Com isso, em 80% dos casos de granizo estudados tiveram valores de K maiores do que 20°C e menores que 40°C. Na literatura, quando o índice K maior do que 30°C, tem-se um ambiente propício à formação de tempestades severas. Porém, para casos de granizo, o índice K deve estar em torno de 24°C (DIAS, 2000). Analisando os casos estudados, pode-se notar que há coerência, porque os valores de K estão em torno de 24°C.

O IS e LI devem ser negativos para situações de granizo (DIAS, 2000), mas, analisando os casos deste trabalho, pode-se ver que em 60% dos acontecimentos temos um dos valores negativos. Mas, como ainda são poucas ocorrências, não se pode estabelecer um limiar adequado.

5. Referências Bibliográficas

DIAS, M. A. F. S., Índices de Instabilidade para previsão de chuva e tempestades severas, Notas de Aula, Departamento de Ciências Atmosféricas/IAG-USP, 2000. Disponível em: <<http://www.master.iag.usp.br>>. Acesso em: 14 de jun. de 2015

GALWAY, J. G. The lifted index as a predictor of latent instability. **Bull. Amer. Meteor. Soc.**, v. 43, p. 528-529, 1956

GEORGE, J. J. **Weather Forecasting for Aeronautics**. Academic Press, 673 pp., 1960.

HART, J. A.; DOROTKY, W. The SHARP workstation v1.50 users guide. **National Weather Service**, NOAA, U.S. Department of Commerce, 30 pp., 1991

HENRY, W. **The Skew-T, Log P Diagram**. National Weather Service Training Center, EUA, 68 pp., 1987.

HOUZE, R. A. **Cloud Dynamics**. Academic Press, 573 pp., 1993.

MILLER, R. C. Notes on analysis and severe storm forecasting procedures of the Air Force Global Weather Central, Air Weather Service, **United States Air Force**, 190 pp., 1972.

NASCIMENTO, E. L. Previsão de tempestades severas utilizando-se parâmetros convectivos e modelos de mesoescala: Uma estratégia operacional adotável no Brasil? **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.20, n.1, p. 121-140, 2005.

NEDEL, A. Zoneamento Dos Desastres Naturais Ocorridos No Estado Do Rio Grande Do Sul No Período 1989 – 2009, **Revista Brasileira de Meteorologia**, vol.27 n.2, 2012

VAREJÃO-SILVA, M. A. Meteorologia e climatologia. Brasília: INMET, 2000. 515 p