



COMPOSIÇÃO ISOTÓPICA DA PRECIPITAÇÃO NO RIO GRANDE DO SUL: INVESTIGAR A ORIGEM DA UMIDADE EM EVENTOS NORMAIS E EXTREMOS DE PRECIPITAÇÃO

José Celso Griebler Junior^(a), Francisco Eliseu Aquino^(b), Ronaldo T. Bernardo^(c), Venisse Schossler^(d)

^(a) Programa de Pós-graduação em Geografia, Centro Polar e Climático, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, jose_kelso@hotmail.com

^(b) Departamento de Geografia, Centro Polar e Climático, Programa de Pós-graduação em Geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, francisco.aquino@ufrgs.br

^(c) Centro Polar e Climático, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, ronaldo.bernardo@ufrgs.br

^(d) Centro Polar e Climático, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, venisse.schossler@ufrgs.br

Eixo: 3 - Climatologia em diferentes níveis escalares: mudanças e variabilidades

Resumo

Eventos extremos de precipitação possuem grande potencial destrutivo no Estado do Rio Grande do Sul (RS), visto que o RS está geograficamente localizado em uma região de encontro de massas de ar de continentais e marítimas de naturezas distintas: tropical e subpolar. Desta forma, são frequentes episódios de desastres naturais, tanto no verão quanto nas estações de transição (outono e primavera). Estes períodos também coincidem com a temporada de atuação de sistemas convectivos, e em especial os Complexos Convectivos de Mesoescala (CCM), no RS. Não se possui muitas informações acerca das fontes de umidade dos sistemas meteorológicos que atuam sobre o RS, com base nisso, propõe-se realizar uma análise do comportamento isotópico do oxigênio presente na água que precipita na cidade de Porto Alegre para pesquisar-se a fonte da umidade responsável pela precipitação em eventos regulares e extremos, como os CCM, no RS.

Palavras chave: Isótopos estáveis, eventos extremos de precipitação, massas de ar, Complexos Convectivos de Mesoescala.

1. Introdução

O Rio Grande do Sul encontra-se sob influência de massas de ar de distintas naturezas, o local torna-se potencial receptor de altas taxas pluviométricas e eventos extremos. Os CCM são eventos extremos deste tipo. Entre as consequências de suas ocorrências estão os ventos, a precipitação intensa, o granizo, as tempestades elétricas e até mesmo tornados (MADDOX, 1980). Segundo trabalho de mapeamento de fenômenos realizado por Velasco e Fritsch (1987), notou-se que os eventos de CCM ocorrem nos meses quentes da América do Sul e principalmente nas porções norte da Argentina, Bolívia, Paraguai e Sul do Brasil. Estes eventos originam-se ao leste dos Andes, em latitude de cerca de 25°, sobre os vales dos rios Paraná e Paraguai e deslocam-se em direção à região que compreende o sul do Brasil, Uruguai e norte-nordeste da Argentina. Formam-se durante a noite e apresentam um ciclo de vida que dura entre



10 e 20 horas. Alcançam máxima área de atuação durante a madrugada e dissipam-se por volta de meio-dia do dia seguinte à sua formação. As primeiras células de formação dos CCM ocorrem no período final da tarde. (VELASCO e FRITSCH, 1987; DURKEE e MOTE, 2009).

Em estudo realizado por Viana (2009) acerca da avaliação dos desastres naturais associados a CCM, foram contabilizadas 90 ocorrências de desastres no Rio Grande do Sul, ocorridos no período entre outubro e dezembro de 2003, associados a 22 eventos de CCM no mesmo período. Moraes (2014) que, por sua vez, observou a precipitação associada a evento de CCM, analisou ocorrência de 22 e 23 de abril de 2011 onde um evento de CCM foi responsável pela precipitação de 43% do volume de chuvas esperados para um mês (considerando-se a média histórica) em apenas 19 horas e 30 minutos sobre oito estações meteorológicas monitoradas (Bagé, Bento Gonçalves, Caxias do Sul, Cruz Alta, Porto Alegre, Rio Grande, Santa Rosa, São Luiz Gonzaga). Ambos os estudos mostram que eventos extremos associados à CCM podem ser altamente destrutivos e problemáticos sobre a sociedade a eles expostos.

A influência da umidade do ar transportada pelos jatos de baixo nível oriundos do norte, região amazônica, e local, sul do Brasil e do Oceano Atlântico Sul adjacente, ainda não é completamente conhecida. Não se sabe se as precipitações normais e os eventos extremos são alimentados preferencialmente por fontes equatoriais ou subtropicais. Esta é uma lacuna aberta a ser explorada pela área da pesquisa de clima.

Até o presente momento se possui uma fração dos resultados esperados para todo o período temporal a ser analisado.

2. Materiais e métodos

A coleta de amostras de precipitação é realizada em Porto Alegre, no Campus do Vale da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). Para isso é realizada a coleta em pluviômetro próprio para esta finalidade, modelo *Palmex Rain Sampler* RS1, onde a água coletada durante a precipitação fica devidamente armazenada.

Para realização da medida dos isótopos de oxigênio nas amostras coletadas é utilizado o método de espectroscopia por tempo de decaimento em cavidade, disponível no laboratório do Centro Polar e Climático (CPC) localizado no Campus do Vale da UFRGS. Esta análise das amostras é feita através da Espectroscopia por Tempo de Decaimento em Cavidade (*Cavity Ring-Down Spectroscopy*, CDRS em inglês), onde o feixe de laser (obtido a partir de um diodo de mono frequência) entra em uma cavidade com dois ou mais espelhos de alta reflexão. Os analisadores usam cavidades de três espelhos para suportar



a viagem contínua da onda de luz. Isso fornece relação sinal-ruído superior quando comparada com uma cavidade de dois espelhos. Quando o laser está ligado, a cavidade é rapidamente preenchida com a luz circulante do laser. Um fotodetector sensível a pequenas quantidades de luz produz um sinal que é diretamente proporcional à intensidade de luz na cavidade, a partir de um vazamento de luz por uma abertura em um dos espelhos.

Quando o fotodetector atinge a condição de medida (em alguns décimos de microssegundos), a onda contínua do laser é abruptamente desligada. A luz que já está dentro da cavidade continua a circular entre os espelhos (aproximadamente 100.000 vezes), mas devido à refletividade dos espelhos não ser perfeita, pois atinge 99,999%, a intensidade da luz na cavidade decai de forma exponencial com o tempo. Esse decaimento, chamado “ring down”, é medido em tempo real pelo fotodetector e o período de tempo para o decaimento é dado apenas em função da refletividade dos espelhos quando o valor atinge zero, quando a cavidade está sem luz. Considerando que a cavidade do espectrômetro tem apenas 25 cm de comprimento, o caminho efetivo da luz dentro desta pode ser superior a 20 Km.

Ao se realizar a medição de isótopos de Oxigênio, o cálculo da razão isotópica (ou seja, a razão entre a medição e o padrão utilizado) se dá através da Equação 1:

$$\delta = \frac{R - R_0}{R_0} \quad (1)$$

Onde:

δ = medida de enriquecimento ou de empobrecimento de um isótopo em uma amostra. Como normalmente é da ordem de 0,001 se expressa seu valor em partes por mil, ou $\delta\%$, multiplicando-se seu valor por 10^3 .

R = razão isotópica da amostra

R_0 = razão isotópica padrão

Através destas relações entre os dados isotópicos e os dados meteorológicos, busca-se traçar um perfil comportamental da ocorrência de chuvas em um dado período de tempo.

As medições dos isótopos de $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ apresentam a abundância isotópica, que é registrada em notação de δ



em partes por mil (‰), conforme Equação 2:

$$\delta = \left(\frac{R_A}{R_S} - 1 \right) \times 1000 \text{ ‰} = \left(\frac{R_A}{R_S} - 1 \right) \times 1000 \quad (2)$$

RA é a relação molar entre o isótopo mais raro e o isótopo mais abundante (D/¹H ou ¹⁸O/¹⁶O), e RS é a relação molar da amostra de interesse e um padrão internacional. O padrão internacional tanto para a análise de isótopo estável de hidrogênio quanto para isótopo estável de oxigênio é o *Vienna Standard Mean Ocean Water* (VSMOW).

3. Resultados

A análise realizada nas amostras coletadas no CPC/UFRGS, em Porto Alegre – RS, resultou nos valores da Tabela I.

As amostras mensais (Tabela I) são referentes a quantidades coletadas durante 1 mês, exceto nos casos dos eventos extremos ao final da tabela.

Observando-se os valores de $\delta^{18}\text{O}$ obtidos nas análises laboratoriais, percebe-se que as grandezas dos valores numéricos das amostras mensais variam sazonalmente neste curto período considerado. Os valores primeiramente ficam drasticamente empobrecidos do isótopo de interesse entre dezembro/15 e janeiro/16 e vão apresentando enriquecimento gradual no nível de $\delta^{18}\text{O}$ entre janeiro/16 e abril/16, sendo que este último valor quase alcança o nível de $\delta^{18}\text{O}$ de dezembro/15.

Tabela I: Datas das amostragens e valores de isótopos de ¹⁸O

| Amostragem | Valor de $\delta^{18}\text{O}$ (‰) |
|-------------------|------------------------------------|
| Dezembro 2015 | - 4,57 |
| Janeiro 2016 | - 8,58 |
| Fevereiro 2016 | - 7,94 |
| Março 2016 | - 6,18 |
| Abril 2016 | - 5,21 |
| Evento 03/02/2016 | - 9,80 |



| | |
|-------------------|--------|
| Evento 03/04/2016 | - 6,41 |
|-------------------|--------|

Isso pode indicar que existe uma variação sazonal das fontes de umidades dos eventos de precipitação comum para este curto período de tempo.

Comparando-se os níveis de $\delta^{18}\text{O}$ dos dois eventos extremos captados com as amostras mensais recolhidas, podemos notar que os níveis dos isótopos dos eventos estão mais significativamente relacionados aos meses imediatamente anteriores ao evento, do que ao mês do próprio evento. Os dois eventos extremos em questão aconteceram nos inícios dos meses de fevereiro e março. O evento do mês de fevereiro apresentou valor de relação isotópica mais empobrecida do que a amostra mensal de fevereiro, porém semelhante ao valor do mês de janeiro/16. Isso pode indicar que a fonte de umidade do evento de fevereiro/16 seja a mesma da umidade das chuvas do mês de janeiro/16. Já o evento extremo do mês de abril apresenta-se mais empobrecido de ^{18}O do que a amostra do mês de abril/16, mas mostra-se bastante próxima ao valor do mês de março/16, indicando comportamento semelhante ao evento extremo do mês de fevereiro.

4. Conclusões

Observando-se os resultados prévios obtidos a partir das amostras coletadas mensalmente entre dezembro/2015 e abril/2016, percebe-se que a simples análise da grandeza de valores do $\delta^{18}\text{O}$ indica alguns caminhos de análise: a sazonalidade influi nos níveis de isótopos encontrados nas amostras, mesmo o período de amostragem estando compreendido em praticamente uma só estação climática do ano, o verão. Também, percebe-se que os eventos extremos apresentam comportamento semelhante ao demonstrado no mês anterior ao seu acontecimento. A partir disso, pode-se pressupor que a fonte de umidade do evento extremo é a mesma (ou próxima) às fontes de umidade que causaram as chuvas nos meses anteriores.

Este trabalho é parte inicial de um projeto maior, em implementação no CPC/UFRGS, onde mais amostras de precipitação estão sendo recolhidas a fim de analisar-se no laboratório do CPC. A partir de uma série temporal amostral maior de dados de precipitação, poder-se-á fazer relações entre os valores de $\delta^{18}\text{O}$ mensais e os valores que os eventos extremos apresentam e assim conjecturar se as fontes de umidade de tais eventos, normais ou extremos, se relacionam ou se distinguem.



5. Agradecimentos

Agradecemos, ao Técnico Químico Ronaldo Torma Bernardo pelo apoio na coleta e nas análises em laboratório, ao Professor Jefferson Cardia Simões coordenador do INCT da Criosfera, ao Professor Francisco Eliseu Aquino coordenador do NOTOS - Laboratório de Climatologia do Departamento de Geografia e do Centro Polar e Climático pela infraestrutura disponibilizada para a execução deste trabalho, incentivo e apoio para a implementação e execução deste trabalho.

6. Bibliografia

DURKEE, J. D.; MOTE, T. L. A climatology of warm-season mesoscale convective complexes in subtropical South America. *International Journal of Climatology*. 2009. Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/joc.1893/pdf> Acesso em: 21/10/2015.

MADDOX, R.A. Mesoscale Convective Complexes. *Bul Amer Meteorol Soc.*, v. 61, n.11, p. 1374 - 1387, 1980.

MORAES, Flavia D. S. Precipitação e desastres associados ao Complexo Convectivo de Mesoescala que atingiu o Rio Grande do Sul em 22 e 23 de abril de 2011. 2014. 86 p. Trabalho de Graduação de Bacharelado em Geografia. UFRGS, Porto Alegre. Disponível em <<http://hdl.handle.net/10183/106970>>, acessado em 20/10/2015.

VELASCO, I.; FRITSCH, J.M. Mesoscale Convective Complexes in the Americas. *Journal of Geophysical Research*, v. 92, n. D8, p. 9591 – 9613, 1987.

VIANA, D.R., AQUINO, F.E., MUÑOZ, V.A. Avaliação de Desastres no Rio Grande do Sul associados a Complexos Convectivos de Mesoescala. *Sociedade e Natureza*, v. 21 (2), 2009, p. 91-105.