VARIABILIDADE DE PRECIPITAÇÃO NA ESTAÇÃO DE MONÇÃO E SUAS RELAÇÕES COM A VARIABILIDADE DA VAZÃO NOS PRINCIPAIS RESERVATÓRIOS HIDRELÉTRICOS BRASILEIROS

Márcia Terezinha Zilli[1] *& Alice Marlene Grimm*[2]

RESUMO --- As chuvas de monção de verão predominam na maior parte da América do Sul e sua variabilidade tem importância para a agricultura, gerenciamento de reservatórios hidrelétricos e prevenção de desastres naturais. A partir de dados de precipitação de estações meteorológicas localizadas sobre a maior parte da América do Sul e cobrindo o período 1961-2000, determina-se sua variabilidade interanual, tanto para primavera quanto verão. A mesma análise é efetuada para dados de vazão. Para se isolar os principais modos de variabilidade, as médias sazonais de precipitação e da vazão são submetidas à Análise de Componentes Principais. Também é feita análise de correlação entre as componentes principais da chuva na primavera e no verão a fim de se detectar a influência das condições antecedentes de umidade do solo sobre o pico da estação chuvosa. Esses mesmos modos são correlacionados com os modos de vazão, de maneira a se estabelecer suas anomalias causadas pelas anomalias de precipitação na estação atual e na anterior. Os resultados obtidos nessa análise são coerentes com os padrões de precipitação observados e refletem as relações existentes entre a precipitação de primavera e de verão.

ABSTRACT --- The summer monsoon rainfall is the peak contribution to the annual cycle over most of South America and its variability is important for agriculture, reservoir management and natural disasters preparedness. The interannual variability of spring and summer rainfall is determined through Principal Component Analysis of rainfall data collected by gauge stations over most of South America since 1961 until 2000. River flow into the main hydroelectric reservoirs is submitted to the same analysis. Correlation analysis is performed between the principal modes of precipitation in spring and summer, in order to detect the influence of antecedent conditions of soil moisture on the peak rainy season. These same modes are correlated with the modes of river flow, in order the determinate which precipitation anomalies cause river flow anomalies observed in the present and future seasons. The results are consistent with to the observed precipitation patterns and with the relationship between the precipitation in spring and summer.

Palavra-chave: Variabilidade interanual de precipitação, variabilidade interanual de vazão.

1) Mestranda do Programa de Pos Graduação em Engenharia do Recursos Hídricos e Ambiental (PPGERHA) da Universidade Federal do Paraná. E-mail: marciatz@gmail.com

2) Professora Associada da Universidade Federal do Paraná. UFPR. Departamento de Física, Centro Politécnico, Bloco 2. Caixa Postal 19044, CEP: 81531-990, Curitiba, PR. Telefone 41 3361 3669, e-mail: grimm@fisica.ufpr.br

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, boa parte da precipitação concentra-se na primavera e no verão, quando grande parte do território está sob regime de monção. Conhecer detalhadamente a variabilidade interanual da chuva desde a primavera até o final do verão torna-se essencial, tanto para a gestão dos reservatórios hidrelétricos e outros setores fundamentais da economia, quanto para a validação ou aprimoramento de modelos de previsão.

Dois estudos anteriores sobre a variabilidade interanual da precipitação de verão, utilizando dados de chuva reconstruídos a partir de estimativas de satélite e totais mensais observados (Zhou e Lau 2001; Nogués-Paegle e Mo 2002), enfatizaram a influência do El Niño-Oscilação Sul (ENOS) na precipitação de verão. Esta influência está representada pelo primeiro modo de variabilidade em ambos os estudos. O segundo modo apresenta a variação interanual e interdecadal no Nordeste do Brasil, enquanto o terceiro modo é completamente diferente em ambos os estudos. Neste estudo, verificam-se os modos de variabilidade tanto de primavera quanto de verão a partir de dados efetivamente medidos pela rede de estações pluviométricas. Naqueles dois estudos, os dois primeiros modos da precipitação de verão não apresentam componentes fortes sobre a região mais afetada pela monção sul-americana, no Centro-Leste brasileiro. Pretende-se, assim, verificar quais os mecanismos que levam ao estabelecimento do regime chuvoso desde a primavera até o verão e estabelecer relações entre a chuva nas duas estações.

A partir dos modos de variabilidade da precipitação, pretende-se estabelecer as relações entre a chuva na estação de monção e a vazão nos principais reservatórios do sistema hidrelétrico brasileiro. O conhecimento da anomalia de precipitação esperada para a próxima estação é de grande valia para a operação do sistema hidrelétrico, uma vez que este é interligado. Saber de que maneira as anomalias de precipitação na primavera afetarão as anomalias de precipitação e de vazão no verão pode tornar o gerenciamento desse sistema mais eficaz.

Portanto, este estudo pretende esclarecer algumas dessas relações entre as anomalias de precipitação e as de vazão. Para isso, serão determinados os principais modos de variabilidade de primavera e verão tanto para a precipitação quanto para a vazão e as correlações entre eles.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados de precipitação utilizados abrangem todo o Brasil e parte da América do Sul (Argentina, Paraguai, Uruguai e Peru) e foram obtidos junto à ANA (Agência Nacional de Águas), a ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), ao INMET (Instituto Nacional de Meteorologia) e aos institutos nacionais de meteorologia dos paises vizinhos. Estes dados foram interpolados para uma grade de 2,5° de latitude por 2,5° de longitude. Na Figura 1 aparecem as quadrículas que possuem dados. A cada uma é associada uma série de precipitação obtida pela média das

precipitações nas estações meteorológicas localizadas dentro de seus limites, no período de 1961 a 2000. Esses dados de precipitação foram consistidos de acordo com métodos e programas desenvolvidos no Laboratório de Meteorologia da Universidade Federal do Paraná.

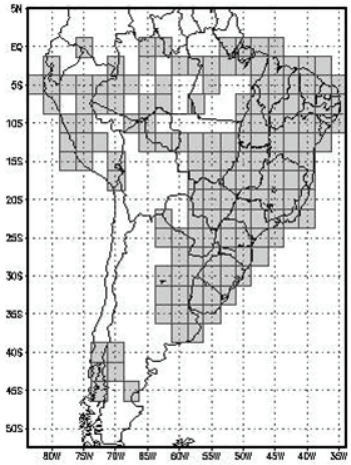

Figura 1: Distribuição das quadrículas com dados de precipitação.

As séries médias dessas quadrículas foram submetidas a uma Análise de Componentes Principais (ACP), a partir da qual se obtém os principais modos de variabilidade dos dados, bem como suas séries temporais (Componentes Principais – CP, também chamadas de *Factor Scores*). Essa análise foi efetuada para a precipitação acumulada de primavera (setembro, outubro e novembro) e verão (dezembro, janeiro e fevereiro). Cabe lembrar que o verão consiste em dezembro do ano de referência, mais janeiro e fevereiro do ano seguinte. Com base nesses resultados, é possível obter a distribuição espacial da variabilidade interanual da precipitação representada em cada um dos seus modos, bem como a intensidade de cada padrão ao longo dos anos. As saídas do método são representadas de duas formas: mapas de *Factor Loading*, com a variabilidade espacial de cada modo e séries temporais, na forma de gráficos do *Factor Score versus* o tempo, representando a evolução temporal do respectivo modo de variabilidade.

Para avaliar o impacto dos modos de precipitação nas anomalias de vazão das principais bacias brasileiras, fez-se uma análise semelhante com os dados de vazão obtidos junto a ONS (Operadora Nacional do Sistema). Este banco de dados é composto de vazões consistidas dos reservatórios das principais hidrelétricas do Brasil (ONS, 2006). Esses postos de vazão também foram separados em quadriculas de 2,5° x 2,5°, de acordo com a distribuição na Figura 2. A vazão média para os meses de primavera e verão em cada quadrícula também foi submetida a uma ACP. Os postos de vazão utilizados estão representados na Figura 2 como pontos.

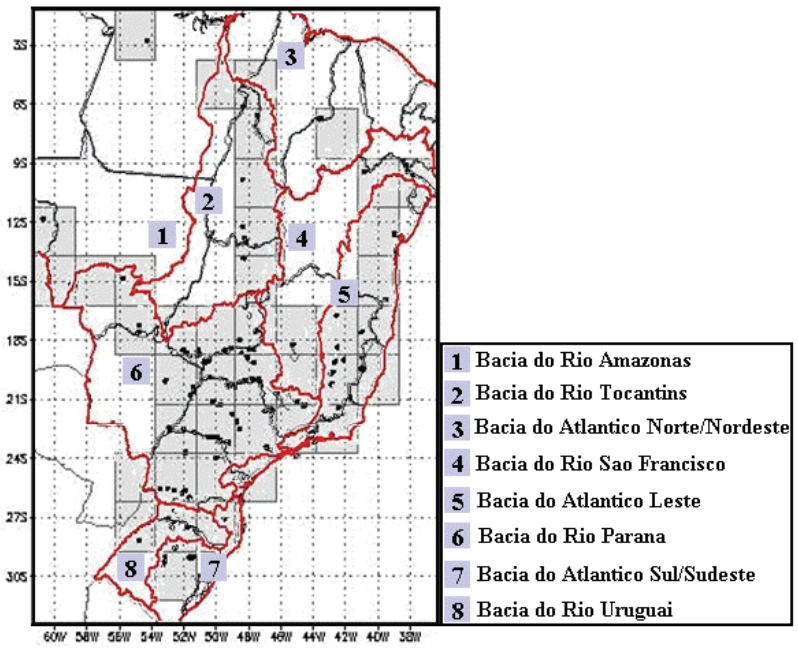

Figura 2: Distribuição dos postos e quadriculas para os dados de vazão.

Para avaliar as relações entre a precipitação na primavera e no verão, fez-se uma correlação das componentes principais dos primeiros modos de precipitação na primavera com os primeiros modos de precipitação no verão. A significância dessa correlação foi calculada a partir do teste T de Student.

Para avaliar a resposta de vazão aos principais modos de precipitação, fez-se a correlação dos modos de vazão com os modos de precipitação com e sem defasagem. Dessa maneira, pode-se analisar a resposta da vazão na primavera e no verão às anomalias de precipitação na primavera, bem como a resposta da vazão no verão às anomalias de precipitação nesta estação.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

3.1 Análise de Componentes Principais para a precipitação e suas correlações

A partir da Análise de Componentes Principais (ACP), é possível definir os principais modos de variabilidade dos campos avaliados. Aplicando este método ao campo de precipitação, é possível determinar um modo dominante não rotacionado para a primavera (CP1PRINR_PREC – Figura 3, mapa acima à esquerda), caracterizado pela presença de dois centros de variabilidade com sinais opostos entre si, relacionados a anomalias de precipitação devido à ZCAS. Um centro está localizado sobre o Centro-Leste brasileiro e outro sobre a região Sul. O primeiro modo de variabilidade não rotacionado para o verão (CP1VERNR_PREC – Figura 3, mapa abaixo à esquerda) apresenta padrão dipolar semelhante, com sinal das anomalias opostos ao observado na primavera.

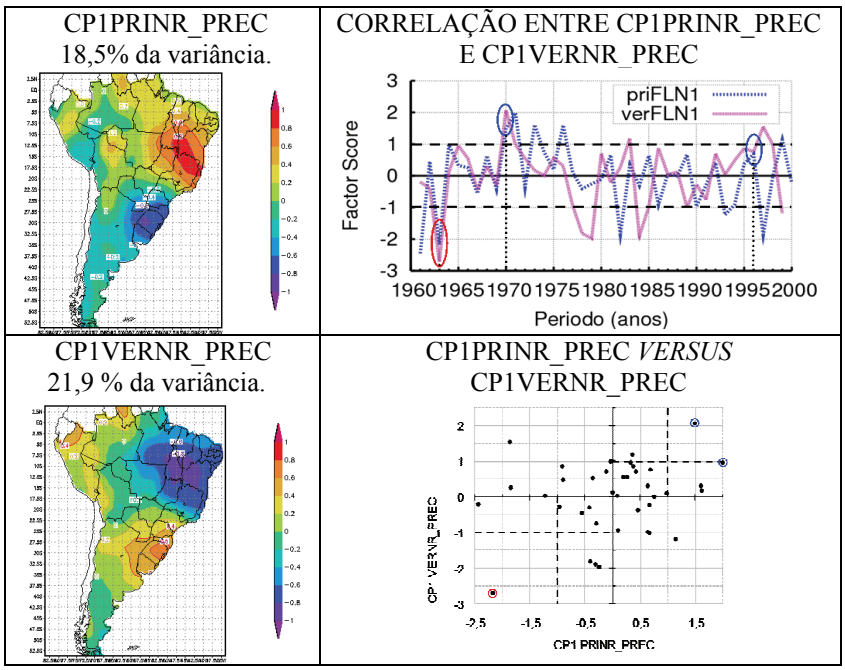

Figura 3: Correlação entre CP1PRINR_PREC e CP1VERNR_PREC

Mapas: acima CP1PRINR_PREC e abaixo CP1VERNR_PREC. Gráficos: acima: correlação entre os *factor scores* do CP1PRINR_PREC (em azul) com CP1VERNR_PREC (em rosa), com correlação de 0,2364 e nível de significância de 10%. Pontos marcados em azul (vermelho) correspondem aos casos em que ambos CP apresentaram valores acima (abaixo) de 1 (-1). Abaixo: gráfico de dispersão das CP1PRINR_PREC (eixo *x*) *versus* CP1VERNR_PREC (eixo *y*). Pontos marcados da mesma maneira que no gráfico acima.

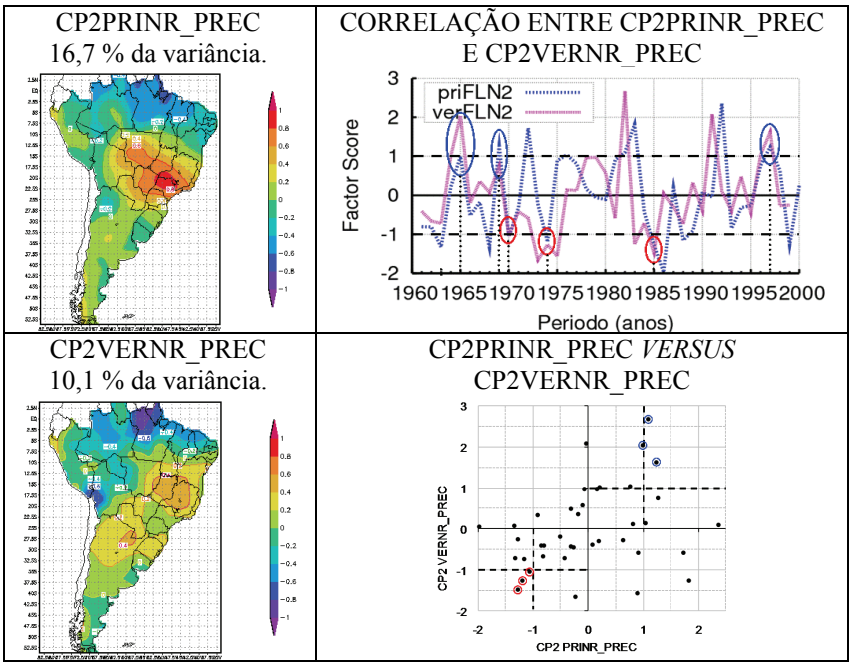

Figura 4: Correlação entre CP2PRINR_PREC e CP2VERNR_PREC

Mapas: acima CP2PRINR_PREC e abaixo CP2VERNR_PREC. Gráficos: acima: correlação entre os *factor scores* do CP2PRINR_PREC (em azul) com CP2VERNR_PREC (em rosa), com correlação de 0,3049 e nível de significância acima de 5%. Pontos marcados em azul (vermelho) correspondem aos casos em que ambos CP apresentaram valores acima (abaixo) de 1 (-1). Abaixo: gráfico de dispersão das CP2PRINR_PREC (eixo *x*) *versus* CP2VERNR_PREC (eixo *y*). Pontos marcados da mesma maneira que no gráfico acima.

No segundo modo não rotacionado de precipitação de primavera (CP2PRINR_PREC – Figura 4, mapa acima à esquerda), o principal padrão localiza-se aproximadamente na região das ZCAS e

está relacionado à intensificação ou enfraquecimento do fenômeno nesta região. Já o segundo modo não rotacionado de verão (CP2VERNR_PREC – Figura 4, mapa abaixo à esquerda) está relacionado com os efeitos dos eventos ENOS na precipitação. Seu padrão concentra-se sobre o Centro-Leste e o Sul do Brasil, com mesmo sinal, e na região noroeste da América do Sul, com sinal oposto.

A correlação entre esses dois modos (Figura 4, mapas à esquerda) sugere que anomalias positivas de precipitação na ZCAS durante a primavera tendem a produzir anomalias positivas no Centro-Leste e no Sul do Brasil durante o verão. Porém, ao analisar-se a correlação do segundo modo de primavera (CP2PRINR_PREC) com o primeiro modo de verão (CP1VERNR_PREC), anomalias positivas de precipitação na ZCAS durante a primavera tendem a produzir anomalias negativas no Centro-Leste e positivas no Sul do Brasil durante o verão (Figura 5, mapas à esquerda). A explicação para essa aparente contradição está na fase dominante: o primeiro padrão ocorre com mais freqüência nos casos de anomalias negativas na ZCAS durante a primavera (Figura 4, gráficos a direita); o segundo ocorre com mais freqüência quando as anomalias nas ZCAS durante a primavera foram positivas (Figura 5, gráficos a direita).

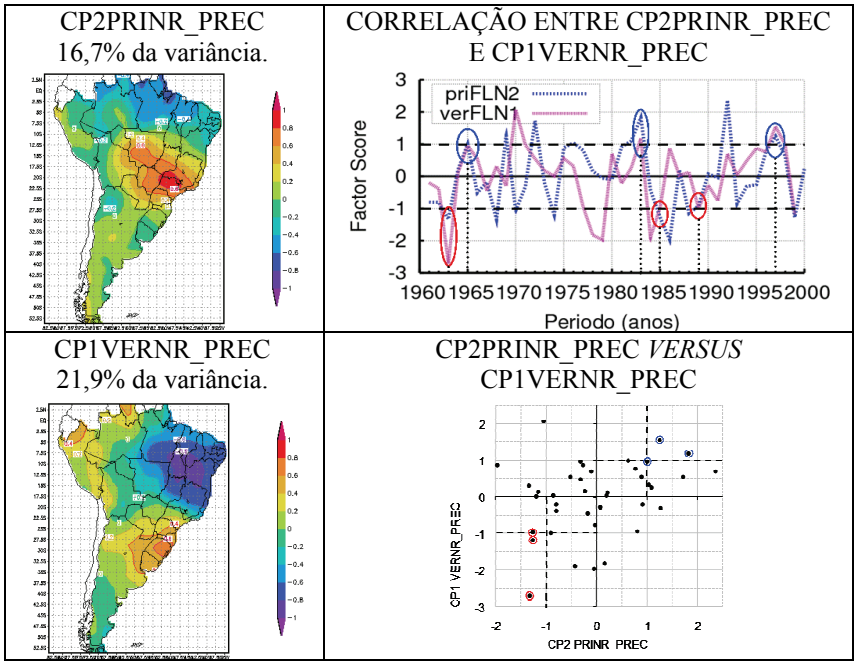

Figura 5: Correlação entre o CP2PRINR_PREC e CP1VERNR_PREC.
Mapas: acima CP2PRINR_PREC e abaixo CP1VERNR_PREC. Gráficos: acima: correlação entre os *factor scores* do CP2PRINR_PREC (em azul) com CP1VERNR_PREC (em rosa), com correlação de 0,2909 e nível de significância acima de 5%. Pontos marcados em azul (vermelho) correspondem aos casos em que ambos CP apresentaram valores acima (abaixo) de 1 (-1). Abaixo: gráfico de dispersão das CP2PRINR_PREC (eixo *x*) *versus* CP1VERNR_PREC (eixo *y*). Pontos marcados da mesma maneira que no gráfico acima.

3.2 Análise de Componentes Principais para a vazão e suas correlações com os modos de precipitação na primavera e no verão.

Ao aplicar-se o método do ACP às vazões, observa-se que, tanto para o primeiro quanto para o segundo modo de primavera, existe uma inversão de sinal entre a região Centro-Leste e a região Sul. Contudo, no primeiro modo, as anomalias de vazão no Centro-Leste estendem-se mais para sul que no segundo modo. Enquanto no primeiro modo os mais fortes componentes se estendem até o sul de São Paulo (Figura 7), no segundo modo as anomalias no Centro-Leste ocorrem a partir do norte de Minas Gerais (Figura 6). Essas características também estão presentes modos de verão.

A correlação dos componentes principais dos primeiros modos de precipitação com os da vazão para a primavera é coerente com a resposta esperada da vazão às anomalias de precipitação, de acordo com as características hidrológicas de cada bacia.

Quando se correlaciona o segundo modo não rotacionado de vazão para a primavera (CP2PRINR_VAZ) com o segundo modo não rotacionado de precipitação para a mesma estação (CP2PRINR_PREC), nota-se a tendência de ocorrência de anomalias de vazão de mesmo sinal (correlação negativa) desde o sul das ZCAS até o Sul do país, e anomalias de sinal oposto no Centro-Leste e Nordeste (Figura 6, mapas à esquerda). Essa situação ocorre principalmente quando as anomalias de precipitação sobre as ZCAS são negativas (Figura 6, gráficos à direita).

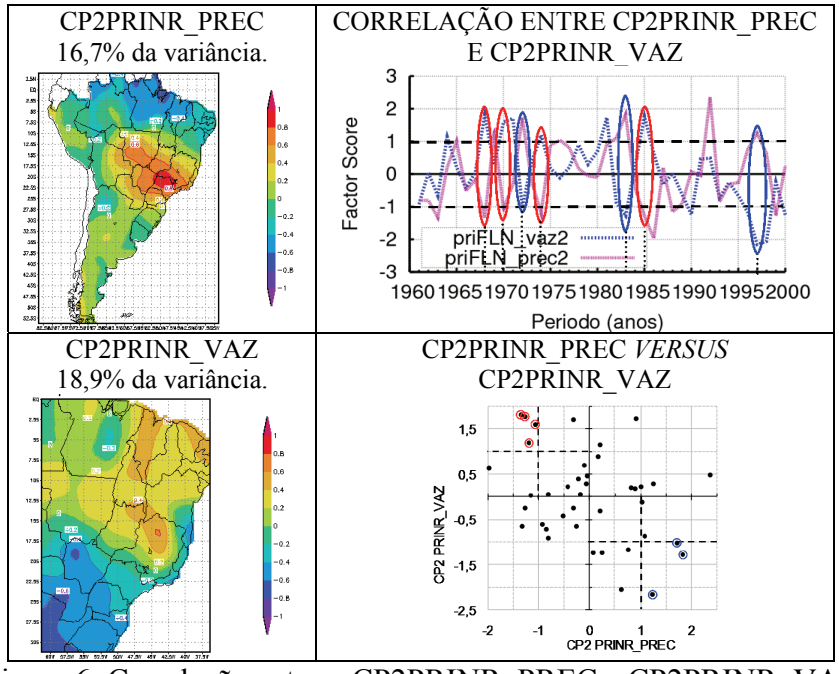

Figura 6: Correlação entre o CP2PRINR_PREC e CP2PRINR_VAZ

Mapas: acima CP2PRINR_PREC e abaixo CP2PRINR_VAZ. Gráficos: acima: correlação entre os *factor scores* de CP2PRINR_PREC (em rosa) e CP2PRINR_VAZ (em azul), com correlação de -0,3218 e nível de significância acima de 5%. Pontos marcados em azul (vermelho) correspondem aos casos em que o CP de precipitação apresentou valor acima (abaixo) de 1 (-1) e o de vazão abaixo (acima) de -1 (1). Abaixo: gráfico de dispersão de CP2PRINR_PREC (eixo *x*) *versus* CP2PRINR_VAZ (eixo *y*). Pontos marcados da mesma maneira que no gráfico acima.

O modo de vazão mais relacionado a anomalias positivas de precipitação ao sul da ZCAS é o primeiro modo (CP1PRINR_VAZ, Figura 7, mapas à esquerda), que apresenta anomalias positivas de vazão desde a região norte do Paraná até o Nordeste, estendendo-se principalmente sobre o vale do rio São Francisco e do rio Tocantins.

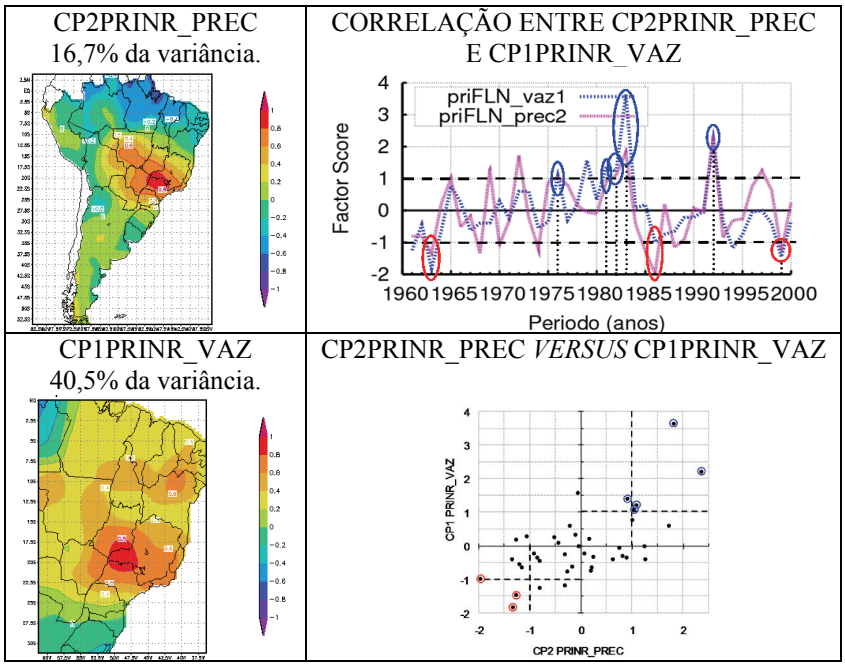

Figura 7: Correlação entre o CP2PRINR_PREC e CP1PRINR_VAZ

Mapas: acima CP2PRINR_PREC e abaixo CP1PRINR_VAZ. Gráficos: acima: correlação entre os *factor scores* de CP2PRINR_PREC (em rosa) e CP1PRINR_VAZ (em azul), com correlação de 0,6563 e nível de significância acima de 5%. Pontos marcados em azul (vermelho) correspondem aos casos em que ambos CP apresentaram valores acima (abaixo) de 1 (-1). Abaixo: gráfico de dispersão do CP2PRINR_PREC (eixo *x*) *versus* CP1PRINR_VAZ (eixo *y*). Pontos marcados da mesma maneira que no gráfico acima.

A correlação dos modos de verão da vazão com esses modos de primavera de precipitação sustentam a hipótese de inversão entre o sinal da precipitação da primavera para o verão no Centro-Leste brasileiro. Outra característica representada pela correlação defasada entre esses modos, para essa mesma região, é a "bifurcação" entre as anomalias de primavera e verão. Um mesmo modo de precipitação durante a primavera está relacionado a dois modos distintos de vazão durante o verão. Uma relação é mais característica de condições antecedentes secas, enquanto a outra está mais relacionada a condições antecedentes úmidas. Esses padrões divergentes também estão presentes nas correlações entre a precipitação de primavera com a de verão.

A correlação do segundo modo não rotacionado de precipitação na primavera (CP2NRPRI_PREC – Figura 8, mapa acima à esquerda) com o primeiro modo não rotacionado de vazão no verão (CP1NRVER_VAZ – Figura 8, mapa abaixo à esquerda) caracteriza a resposta defasada da vazão no verão à precipitação na primavera. Este padrão é mais freqüente nos casos em que a precipitação na primavera a sul da ZCAS foi abaixo da média (Figura 8, gráficos à direita),

ocasionando anomalias negativas de vazão no verão desde São Paulo até o Nordeste do Brasil (Figura 8, mapa abaixo à esquerda).

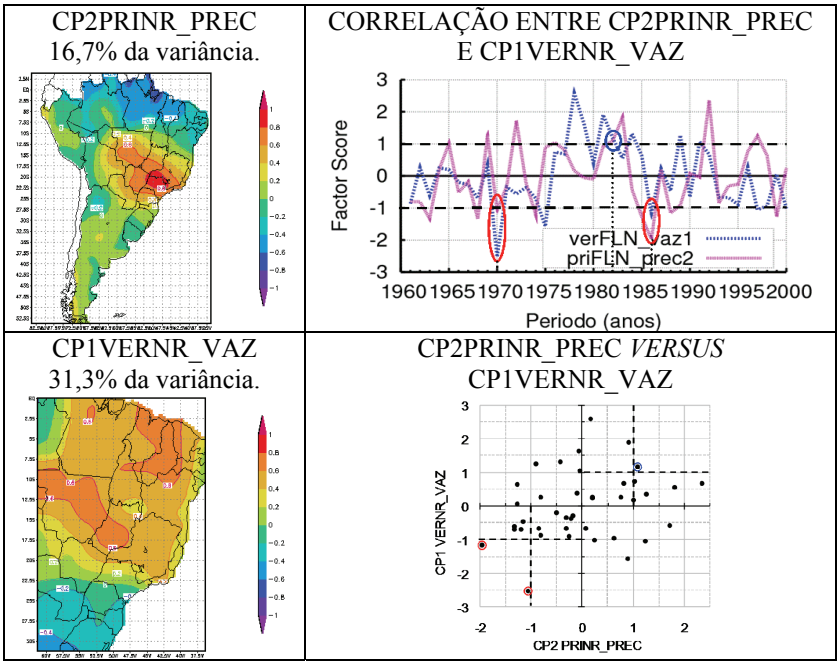

Figura 8: Correlação entre o CP2PRINR_PREC e CP1VERNR_VAZ

Mapas: acima CP2PRINR_PREC e abaixo CP1VERNR_VAZ. Gráficos: acima: correlação entre os *factor scores* de CP2PRINR_PREC (em rosa) e CP1VERNR_VAZ (em azul), com correlação de 0,2723 e nível de significância de 5%. Pontos marcados em azul (vermelho) correspondem aos casos em que ambos CP apresentaram valores acima (abaixo) de 1 (-1). Abaixo: gráfico de dispersão do CP2PRINR_PREC (eixo *x*) *versus* CP1VERNR_VAZ (eixo *y*). Pontos marcados da mesma maneira que no gráfico acima.

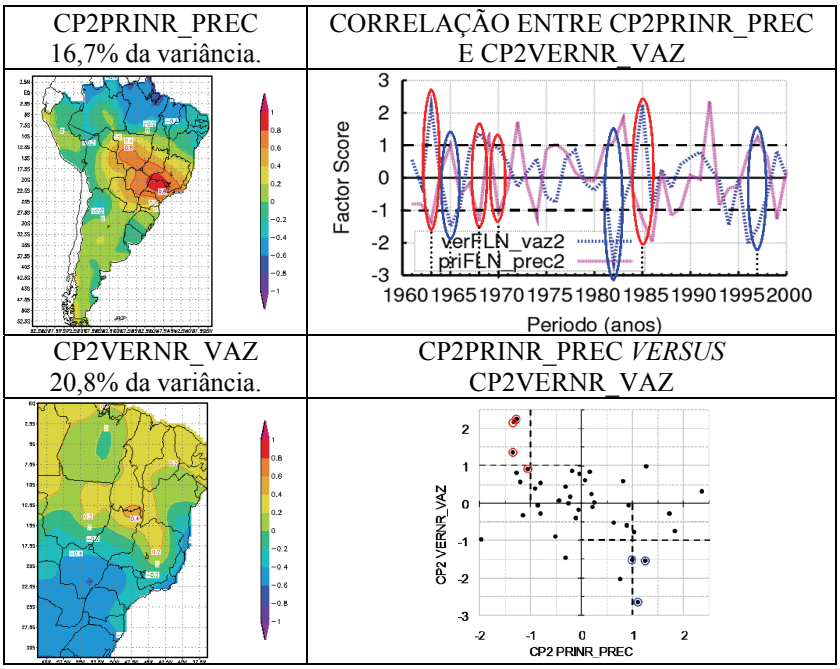

Figura 9: Correlação entre o CP2PRINR_PREC e CP2VERNR_VAZ

Mapas: acima CP2PRINR_PREC e abaixo CP2VERNR_VAZ. Gráficos: acima: correlação entre os *factor scores* de CP2PRINR_PREC (em rosa) e CP2VERNR_VAZ (em azul), com correlação de -0,4172 e nível de significância acima de 5%. Pontos marcados em azul (vermelho) correspondem aos casos em que o CP de precipitação apresentou valor acima (abaixo) de 1 (-1) e o de vazão abaixo (acima) de -1 (1). Abaixo: gráfico de dispersão de CP2PRINR_PREC (eixo *x*) *versus* CP2VERNR_VAZ (eixo *y*). Pontos marcados da mesma maneira que no gráfico acima.

A correlação desse mesmo modo de precipitação com o segundo modo não rotacionado de vazão no verão (CP2NRVER_VAZ – Figura 9, mapa abaixo à esquerda) mostra uma relação um pouco antagônica a anterior: anomalias de precipitação a sul da ZCAS causam anomalias de mesmo sinal desde essa região até o Sul e anomalias de sinal oposto no Centro-Leste e Nordeste (Figura 9, mapas à esquerda). Isto torna evidente a influência das anomalias de precipitação ocorridas na primavera sobre as anomalias de vazão no verão.

Na correlação dos modos de verão, tanto de precipitação quanto de vazão, o que se observa é a resposta direta das anomalias de vazão às anomalias de precipitação (Figuras não mostradas).

As anomalias de precipitação de verão que ocorrem sobre o Centro-Leste e o Sul do Brasil (CP2VERNR_PREC – Figura 10, mapa acima à esquerda), estão correlacionadas com anomalias de vazão representadas pelo segundo modo não rotacionado de verão de vazão (CP2VERNR_VAZ – Figura 10, mapa abaixo à esquerda). Esse modo de precipitação está relacionado com padrões de ENOS, em especial sua fase quente – El Niño (Figura 10, gráficos a direita), associada a anomalias positivas de precipitação no Centro-Leste e Sul do Brasil, e a anomalias positivas de vazão no Sul e negativas no Centro-Leste. Nos gráficos da Figura 10 é possível perceber a diferença de intensidade entre o El Niño de 1982 (ponto em rosa no gráfico de baixo) e outros El Niños, como o de 1997, considerado o El Niño com maior anomalia de temperatura na região equatorial do Pacífico Central, segundo Boulenger *et al*, 2005.

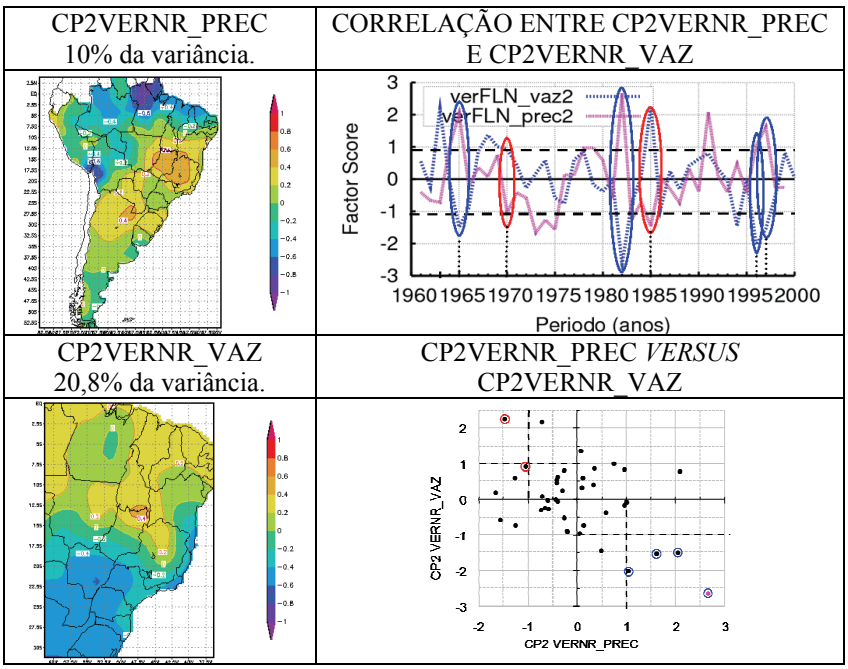

Figura 10: Correlação entre o CP2VERNR_PREC e CP2VERNR_VAZ

Mapas: acima CP2VERNR_PREC e abaixo CP2VERNR_VAZ. Gráficos: acima: correlação entre os *factor scores* de CP2VERNR_PREC (em rosa) e CP2VERNR_VAZ (em azul), com correlação de -0,4367 e nível de significância acima de 5%. Pontos marcados em azul (vermelho) correspondem aos casos em que o CP de precipitação apresentou valor acima (abaixo) de 1 (-1) e o de vazão abaixo (acima) de -1 (1). Abaixo: gráfico de dispersão de CP2VERNR_PREC (eixo *x*) *versus* CP2VERNR_VAZ (eixo *y*). Pontos marcados da mesma maneira que no gráfico acima.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Grimm (2003) mostrou que durante a primavera de eventos El Niño anomalias negativas de chuva e temperaturas acima do normal prevaleciam sobre o Centro-Leste do Brasil, enquanto o fluxo de umidade vindo de Norte é direcionado para o Sul do Brasil. Em janeiro, surge uma região de convergência e anomalia ciclônica sobre o Sudeste, que redireciona o fluxo de umidade vindo do Norte do Brasil para a região Centro-Leste e causa aumento na precipitação nesta região, enquanto no Sul do Brasil a precipitação diminui. Durante eventos La Niña, observam-se anomalias opostas (Grimm 2004). Essa relação inversa entre primavera e verão foi explicada por uma hipótese de interação entre superfície e atmosfera na região Centro-Leste, para os anos El Niño (Grimm 2003, 2004; Grimm et al. 2007).

Ao se observar a correlação entre o CP1PRINR_PREC e o CP1VERNR_PREC (Figura 3), nota-se que essa inversão também está presente para outros anos, desde que as anomalias de precipitação no Centro-Leste brasileiro durante a primavera sejam fortes o suficiente para desencadear a interação que leva à inversão no auge do verão. Anomalias de precipitação na ZCAS causam anomalias de umidade junto à superfície e, conseqüentemente, anomalias de temperatura e de circulação durante a primavera. Quando essas anomalias são positivas, provocam anomalias negativas de temperatura junto ao solo, causando anomalias de circulação que, durante o verão, desviam o fluxo de umidade vindo da Amazônia para o Sul do país, deixando o Centro-Leste com anomalias negativas de precipitação.

O CP2PRINR_PREC apresenta correlação significativa tanto com o CP1VERNR_PREC quanto com o CP2VERNR_PREC (Figuras 4 e 5). Estes dois modos de verão apresentam característica oposta entre si, dando origem a uma "bifurcação" na relação entre as anomalias de precipitação de primavera e verão. Em geral, o Centro-Leste do Brasil apresenta invernos extremamente secos. Quando esta estação é seguida de uma primavera seca, as condições de evaporação não variam significativamente e, conseqüentemente, não produzem anomalias de circulação. Com isso, as anomalias de verão são pouco afetadas pelas de primavera. Por isso, o padrão observado na correlação entre CP2PRINR_PREC e o CP2VERNR_PREC (Figura 4) é mais freqüente durante a fase negativa de variabilidade de precipitação na primavera. Quando esta estação é úmida, aparecem anomalias negativas de temperatura e anticiclônicas de circulação junto ao solo que, no verão, desviarão o fluxo de umidade para a região Sul, causando anomalias negativas de precipitação no Centro-Leste (Figura 5).

A partir da correlação das anomalias de precipitação com as de vazão obtém-se padrões que indicam a resposta direta da vazão às anomalias de precipitação dentro da própria estação. Quando as anomalias de precipitação ocorrem mais a norte, entre a região Nordeste e o norte de São Paulo

(CP1PRINR_PREC), as anomalias de vazão são bem mais distribuídas, tanto nas bacias do Rio São Francisco e do rio Tocantins quanto na bacia do Rio Paraná, pois suas nascentes estão na região central da anomalia de precipitação (Figura não mostrada).

Se as anomalias de precipitação estão mais localizadas sobre a ZCAS (CP2PRINR_PREC), as anomalias de vazão ocorrem nessa região, estendendo-se para sul (Figuras 6 e 7, mapas à esquerda). Quando as anomalias de precipitação na região das ZCAS são negativas, as anomalias negativas de vazão na bacia do Rio Paraná são mais evidentes, por suas nascentes encontrarem-se principalmente nessa região (Figura 6). Quando as anomalias de precipitação sobre a ZCAS são positivas, elas se refletem em anomalias positivas de vazão mais generalizadas, devido à hidrografia (Figura 7).

Quando se analisa a resposta defasada da vazão em relação à precipitação, observa-se a presença da mesma "bifurcação" presente na correlação entre os modos de precipitação. Como visto anteriormente, o CP2PRINR_PREC está significativamente correlacionado a dois modos distintos de precipitação de verão. Quando as anomalias de primavera são negativas a sul da ZCAS, as anomalias de precipitação no verão são causadas por processos de larga escala, independentes das condições de primavera. Neste caso, são as anomalias de precipitação no verão que irão estabelecer as anomalias de vazão observadas nesta estação, dando origem ao padrão da Figura 8. Caso as anomalias de precipitação a sul da ZCAS sejam positivas durante a primavera, sua influência na precipitação e na vazão durante o verão são maiores, conforme observado nas Figuras 5 e 9.

Durante o verão, a vazão responde de maneira direta às anomalias de precipitação. Um padrão peculiar ocorre quando as anomalias de precipitação observadas estão relacionadas a eventos ENOS. Neste caso, as anomalias de vazão no Centro-Leste têm sinal oposto aos das anomalias de precipitação nesta região.

Por fim, cabe salientar que os resultados aqui apresentados são preliminares e fazem parte de um estudo mais abrangente a respeito da variabilidade interanual de precipitação no Brasil e na América do Sul, principalmente durante a estação de monção. Em uma próxima etapa, serão efetuadas análises mais específicas dessa relação entre a precipitação na primavera e a vazão no verão, de maneira a caracterizar essa relação conforme o sinal das anomalias de precipitação durante a primavera.

5. AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi financiado pelo Interamerican Institute for Global Change Research (IAI-CRN 055), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq, Brazil), Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e Programa de Pós Graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental (PPGRHEA) da Universidade Federal do Paraná (UFPR).

BIBLIOGRAFIA

BOULANGER, J.-P.; LELOUP, J.; PENALBA, O.; RUSTICUCCI, M.; LAFON, F.; VARGAS, W. (2005). *"Observed precipitation in the Paraná-Plata hydrological basin: long-term trends, extreme conditions and ENSO teleconnections"*, Climate Dynamics 24, pp. 393-413.

GRIMM, A. M. (2003). *"The El Niño impact on the summer monsoon in Brazil: regional processes versus remote influences"*. Journal of Climate 16, pp. 263–280.

_____ (2004) *"How do La Niña events disturb the summer monsoon system in Brazil?*". Climate Dynamics 22(2-3), pp. 123-138.

_____, J. PAL e F. GIORGI (2007) "*Connection between Spring Conditions and Peak Summer Monsoon Rainfall in South America: Role of Soil Moisture, Surface Temperature, and Topography in Eastern Brazil".* Journal of Climate (no prelo).

NOGUÉS-PAEGLE, J.; MO, K.C. (2002). *"Linkages between summer rainfall variability over South America and sea surface temperature anomalies"*, Journal of Climate 15, pp. 1389–1407.

ONS, (2006) *"Vazões médias mensais nos aproveitamentos hidrelétricos – Período 1931 a 2005",* Disponível em: http://www.ons.org.br/operacao/vazoes_naturais.aspx, acessado em: 30/05/2005.

ZHOU, J.; LAU, K.M. (2001). *"Principal modes of interannual and decadal variability of summer rainfall over South America*", Journal of Climate 21, pp. 1623-1644.