



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA  
INSTITUTO DE GEOCIÊNCIAS  
CURSO DE OCEANOGRAFIA**

**WILTON AGUIAR CARVALHO SILVA FILHO**

**APORTE FLUVIAL NA PLATAFORMA CONTINENTAL  
LESTE BRASILEIRA, SAZONALIDADE E RELEVÂNCIA  
DOS PRINCIPAIS RIOS**

Salvador  
2014

**WILTON AGUIAR CARVALHO SILVA FILHO**

**APORTE FLUVIAL NA PLATAFORMA CONTINENTAL  
LESTE BRASILEIRA, SAZONALIDADE E RELEVÂNCIA  
DOS PRINCIPAIS RIOS**

Monografia apresentada ao Curso de Oceanografia,  
Instituto de Geociências, Universidade Federal da  
Bahia, como requisito parcial para obtenção do grau  
de Bacharel em Oceanografia.

Orientador: Prof. Mauro Cirano  
Co-orientador: Prof. Fernando Genz

Salvador

TERMO DE APROVAÇÃO

WILTON AGUIAR CARVALHO SILVA FILHO

**APORTE FLUVIAL NA PLATAFORMA CONTINENTAL  
LESTE BRASILEIRA, SAZONALIDADE E RELEVÂNCIA  
DOS PRINCIPAIS RIOS**

Monografia aprovada como requisito parcial para obtenção do grau de Bacharel em Oceanografia, Universidade Federal da Bahia, pela seguinte banca examinadora:

Mauro Cirano - Orientador  
Doutor em Oceanografia Física pela University of New South Wales  
Universidade Federal Da Bahia

Guilherme Camargo Lessa  
Doutor em Ciências Marinhas pela The University of Sydney  
Universidade Federal da Bahia

Janini Pereira  
Doutora em Oceanografia pela Universidade de São Paulo  
Universidade Federal da Bahia

## **AGRADECIMENTOS**

Gostaria de agradecer primeiramente a minha família, especialmente minha mãe e minha avó, por terem dado todo o apoio e suporte necessário durante minha vida escolar, especialmente na graduação e na construção deste trabalho. Assim como aos demais da família por sempre acreditarem no meu potencial, e apoiarem minhas decisões acadêmicas.

Aos meus orientadores Prof. Dr. Mauro Cirano, e Prof. Dr. Fernando Genz, por acreditarem em meu potencial e foco para a área de pesquisa, e pela imensa paciência em me orientar durante o projeto. Agradeço a eles também pelo aprendizado que tive no caminho acadêmico.

Aos outros orientadores que tive durante a graduação, como a prof. Dr. Hebe Queiroz, Prof. Dr. Maria da Conceição, a Dr. Rita Nascimento e ao Dr. Adam Monahan por me acolherem no mundo acadêmico, me ensinarem as bases da ciência, e a importância da erudição.

Ao CNPQ por me proporcionar uma experiência acadêmica internacional através do programa Ciência sem Fronteiras, que enriqueceu meu currículo, e melhorou minhas capacidades linguísticas e de pesquisa.

Aos grandes amigos que me acompanharam e sempre me deram força, dentre eles Maria Isabel Barros, Julianna Oliveira, Aroldo de Albuquerque, Marcus Vinicius, Robert Kowbel, Ana Salles e Jenn Miyoko. Vocês me ajudaram na caminhada, e foram responsáveis por suporte acadêmico intenso.

Por fim a todos os professores da UFBA, do curso de oceanografia, que estiveram envolvidos na minha formação acadêmica. Vocês foram fundamentais para minha formação profissional, e amadurecimento.

“When you become the image of your own imagination, it's the most powerful thing you could  
ever do.”

— RuPaul Andre Charles

## RESUMO

A descarga de rios na costa é responsável por aporte de sedimentos, momento e água doce sendo importante para os processos de circulação dos estuários e na plataforma continental. Vários autores estudaram a descarga em regiões diferentes no mundo, e para todos os estudos o maior desafio se encontra em estimar valor real de vazão na costa, já que as estações de monitoramento de vazão em geral não se encontram a jusante dos rios. Para se obter as descargas na foz, o método mais utilizado é o de aproximação por proporcionalidade de área, porém ele requer similaridade nas características climáticas em toda a extensão da bacia. Dai *et al* 2002 utiliza a proporcionalidade de área como modulador do modelo CLM3, obtendo melhores resultados. Tal foi feito para cada 4 graus de latitude, generalizando as condições climáticas de cada região. A regionalização, definida como o processo de transferência de dados de um ponto para outro dentro de uma bacia, tem sido largamente utilizado para adequação de vazões. O objetivo deste trabalho é utilizar a regionalização para obter valores de descarga na plataforma continental leste, juntamente com a razão de áreas.

Para a regressão foram utilizadas as áreas das bacias de drenagem monitoradas como variável explicativa, obtendo-se equações exponenciais que explicaram em até 84% as variações de vazão na bacia de drenagem. As vazões máximas foram regionalizadas, fazendo-se necessário dividir plataforma continental Leste em duas regiões, com limite em 17.7° S.

Ao final, obtiveram-se dezesseis rios monitorados, com padrões sazonais similares. Na aproximação para foz sete rios foram responsáveis por 85% da vazão na plataforma continental: rios Doce, de contas, Jequitinhonha, Paraguaçu, Mucuri, Paraíba do Sul e Itapemirim. Além disso, o estudo aponta maior importância para a descarga do rio Paraguaçu, do que predita por estudos anteriores. Três rios não monitorados tiveram sua vazão estimada pelas curvas regionais, e juntos contabilizaram 100 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>. Ao final a descarga contabilizada para a plataforma foi de 3122 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>.

**Palavras-chave:** REGIONALIZAÇÃO; PLATAFORMA LESTE; DESCARGA.

## ABSTRACT

River runoff into the continental shelf is responsible for the sediment and water input in coastal regions, as well as momentum transfer that creates the circulation processes inherent to estuaries and continental shelf. The river runoff in different parts of the world have been studied by several authors, and a common issue is estimating the real value of river discharge, since the monitoring stations almost never are in the further downstream point of the flow. To calculate the real value of discharge into the ocean, the method of approximation based in the area ratio seems to be most common and simple, although it requires equality in the climate conditions all over the drainage area of the river. Dai *et al* 2002 used the area ratio method to modulate the runoff values of the CLM3 model, obtaining reliable values. However, this approximation was done for a 4° of latitude grid, which could eliminate climate particularities of each region. The regionalization, defined as the transference of measurements between two points of a hydrologic region, has been extensively used for transference of runoff data. This work aims to use regionalization to obtain discharge values for the East Continental Shelf of Brazil.

The drainage areas of the rivers were used to predict the discharge, through exponential curves, that were able to explain in 84% the runoff variation in the study area. The maximum climatologic runoff values were regionalized too, obtaining two homogeneous region separated at 17,7°S. In the end of the process, sixteen rivers were obtained, with very similar climatological cycles. Seven rivers with bigger runoff computed 85% of the total discharge in the East continental Shelf: Doce, Contas, Jequitinhonha, Mucuri, Paraíba do Sul, and Itapemirim rivers. In addition, this study highlights the importance of the Paraguacu discharge on the study area, not seen as evident in previous studies. Three rivers without monitoring stations had their discharge estimated through the method, and they together deliver 100 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>. The total discharge for the east continental shelf was 3122 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>.

**Keywords:** EAST SHELF SECTOR; RUNOFF; REGIONALIZATION.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Esquema de aproximação de vazão por razão de áreas. Retirado de Miranda *et al* 2002. 5
- Figura 2.** Mapa da Plataforma Continental Leste Brasileira e Bacias Hidrográficas da região. 7
- Figura 3.** Mapa Climático da Bacia Hidrográfica do Atlântico Leste, Retirado do Caderno da Bacia Hidrográfica do Atlântico Leste, PNRH (2006). 9
- Figura 4.** Climatologia de vazão ( $m^3s^{-1}$ ) dos principais rios monitorados da plataforma continental leste brasileira. As barras verticais representam as médias mensais e as linhas o desvio padrão associado. A localização geográfica dos rios é apresentada na Figura 2. 17
- Figura 5.** Anomalia de vazão anual para os principais rios, e Série de índices da oscilação decadal do pacífico (PDO), Dipolo do Atlântico (AMM) e anomalias de Nino3,4. 19
- Figura 6.** Mapa Pluviométrico da Bacia Hidrográfica do Atlântico Sudeste, Retirado do Caderno da Bacia Hidrográfica do Atlântico Sudeste, PNRH (2006). 20
- Figura 7.** Curvas regionais de vazão média climatológica pelo tamanho da bacia de drenagem para os rios monitorados, equações regionais para o cálculo de vazões estimadas, e coeficiente de determinação. No eixo x consta os valores das bacias de drenagem monitoradas em  $km^2$ , e no eixo y a vazão média climatológica da estação de monitoramento do rio. 23
- Figura 8.** Vazão média anual e máxima mensal na foz para os rios da plataforma continental leste brasileira. A localização geográfica dos rios é apresentada na Figura 2. 25
- Figura 9.** Curva de vazão mensal na plataforma. No eixo x estão dispostos os meses, e no eixo y as descargas médias climatológicas em  $m^3 s^{-1}$  dos rios, com valores empilhados. A legenda mostra os rios com maior contribuição na descarga final. A Linha representa a climatologia levando-se em consideração somente a aproximação por área. 26
- Figura 10.** Vazão média anual em  $m^3 s^{-1}$ , ao longo da latitude da plataforma continental leste brasileira.. 27

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b> Estações de monitoramento e rios da Plataforma Continental Leste Brasileira. A coluna “falhas” indica quantos anos de dados são inexistentes na série, e a posição geográfica está associada à foz do rio. As áreas de monitoramento são expressas em km <sup>2</sup> e as vazões médias mensais em m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> . A Figura 2 apresenta a localização geográfica dos rios. ....	15
<b>Tabela 2.</b> Valores de coeficientes de correlação das equações regionais testadas. ....	21
<b>Tabela 3.</b> Percentuais máximos e mínimos de contribuição da estimativa de vazão (m <sup>3</sup> s <sup>-1</sup> ) na descarga final na foz. ....	24

# SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	viii
LISTA DE FIGURAS.....	ix
1 - Introdução.....	1
1.1 - Objetivo .....	6
1.2 - Área de estudo .....	7
2 - Metodologia.....	10
3 - Resultados.....	14
3.1 - Seleção das estações .....	14
3.2 - Análise de regiões homogêneas e climatologias das estações .....	16
3.3 - Regionalização de vazões para a foz .....	22
4 - Discussão dos resultados .....	26
5 - Conclusão.....	28
6 - REFERÊNCIAS.....	30

# 1 - INTRODUÇÃO

O aporte fluvial afeta a circulação e mistura na plataforma continental, e dentro do ciclo hidrológico representa a principal conexão entre o continente e o oceano. Ele desempenha um importante papel no balanço de salinidade nos oceanos e transporte de sedimentos, substâncias químicas e matéria orgânica, além de manter os gradientes verticais de densidade, os quais são indispensáveis à circulação termohalina (Oki, 1999).

A influência da descarga de rios se estende desde a escala de circulação local até a escala global. Os rios de descarga exorréica são o principal meio de transporte do continente para os ambientes transicionais e oceano, sendo responsáveis pelo fluxo de água doce, gerando gradientes de salinidade e criando a circulação inerente a estuários, além de transportarem sedimentos, nutrientes, poluentes e até mesmo organismos (Powell et al., 2002). Portanto a magnitude e padrão temporal da descarga, ao afetar diretamente as variáveis físicas e químicas do estuário, acaba por influenciar diretamente no estabelecimento de espécies estuarinas e seu crescimento, afetando assim o meio ambiente, a cadeia trófica e os estoques pesqueiros.

A descarga do rio, além de gerar fluxos de água menos densos, traz consigo momentum, criando uma pluma que pode se estender por vários quilômetros além da linha de costa. Talvez o caso mais crítico seja o do rio Amazonas, com descarga em torno de  $180.000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , o que representa 18% da entrada fluvial de água doce lançada nos oceanos. A massa de sedimentos transportada é da ordem de  $10^9$  toneladas por ano, e sua pluma superficial chega até a 200 km *offshore* e cerca de 1000 km em direção noroeste (Silva et al, 2005) o que pode agir como uma barreira ecológica para espécies de corais (Moraes, 2013). A extensão da pluma pode chegar até a retroflexão da Corrente Norte do Brasil durante o verão. Obviamente, o Rio Amazonas é o único com vazão de tal tamanho, e por isso atém-se tanta atenção aos estudos dos seus impactos na circulação da Corrente Norte do Brasil, e como barreira ecológica de espécies.

Em uma escala menor temos por exemplo o rio do Congo. Com uma vazão de  $41.000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , ele é considerado o segundo maior rio tanto em termos de vazão como em área de drenagem, sendo responsável sozinho por 3,4% da descarga no Oceano Atlântico. Segundo pesquisas recentes, o rio do Congo exporta 7% do total mundial de carbono para os oceanos, tendo assim papel crucial para a ciclagem de matéria orgânica (Coynel et al, 2005). Eisma & Bennekomp (1978) ainda estabelecem que a influência da descarga do rio

pode ser detectada em até 700 km longe da costa. O rio Mississipi, de vazão média de  $18.000 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ , por sua vez transporta aproximadamente 210 milhões de toneladas de sedimento anualmente para o Golfo do México (Walker, 1996). Os efeitos da pluma são notáveis principalmente no verão, quando a descarga de nutrientes e estratificação induz uma situação de hipóxia que pode se estender por até  $20.000 \text{ km}^2$ . (Dortch & Whittedge, 1992; Rabalais & Turner, 2001). É notável então que rios com escala de vazões maior ou igual a dezenas de milhares de metros cúbicos por segundo tenham importância não somente óbvia mas crucial aos processos de circulação global.

Olhando escalas menores de vazão pode-se ainda citar o caso do rio São Francisco, desaguando  $1.595 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  na região nordeste entre os estados de Alagoas e Sergipe. Apesar de estudos mostrarem uma diminuição de 30% no transporte de sedimentos terrestres devido a regularização de vazões por barragens, o momentum gerado pelo aporte fluvial é importante para suspensão de sedimentos na plataforma continental. Além disso o material particulado em suspensão da pluma do rio apresenta influencia que se estende até a Corrente Sul Equatorial, diluindo-se nas águas tropicais de superfície (Medeiros *et al*, 2007). Por sua vez o rio Doce, com vazão média de  $1.296 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ , apresenta importante papel em entrega de sedimentos em suspensão para as águas tropicais de superfície da parte interna da Plataforma Continental Leste Brasileira (PCLB), especialmente na região de Caravelas e banco de Abrolhos (Zoffoli *et al*, 2011; Knoppers *et al*, 1999). Estes rios, mesmo com ordem de grandeza de descarga menor que a do rio Congo e Mississipi, têm importância na exportação de sedimentos, e possuem ainda ligações com a circulação oceânica.

Avaliando agora os rios com escala de descarga na ordem de centenas de metros cúbicos por segundo, temos como exemplos brasileiros, o rio Jequitinhonha, e Paraíba do sul. O primeiro exporta em torno de  $440 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  de água para a costa da Bahia, e assim como o rio Doce é considerado uma importante fonte de sedimento para a plataforma interna da região (Souza *et al*, 2011). Apesar dos poucos estudos da dispersão de água e da pluma do Paraíba do Sul, sabe-se que sua vazão média é de  $662 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ , mas que durante o verão pode chegar a extremos de  $4.384 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  modificando substancialmente a circulação local (Almeida *et al*, 2007). Além disso o rio suporta um manguezal com  $16.000 \text{ km}^2$  no estado do Rio de Janeiro (Bernini & Rezende, 2004). Nota-se então, que rios nessa escala de vazão, apesar de não possuírem clara importância na escala global de circulação, são importantes localmente para os processos de transporte de sedimentos e manutenção de grandes estuários.

Em uma escala ainda menor, o rio Paraguaçu com  $64 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  de vazão média, ainda é o principal rio que desagua na Baía de Todos os Santos (Salles, 2010). Genz (2006) encontra em seus estudos que a descarga deste rio pode alterar a assimetria de maré na região e aumentar o nível médio das marés de sizígia. Obviamente, neste limiar, quanto menor a vazão do rio menor o impacto que ele terá na circulação no estuário e plataforma. Torna-se claro no entanto, que para estudos de descarga na plataforma, os rios mais importantes a serem abordados são os de vazão superior a centenas de metros cúbicos por segundo.

Apesar dos rios possuírem uma variação sazonal de descarga largamente estudada, padrões de oscilações interanuais e decenais também são presentes, sendo que estes geralmente estão ligados a variações de temperatura da superfície do mar (TSM). Um exemplo clássico se encontra no fenômeno do El Niño/Oscilação Sul (ENSO), em que o aumento da temperatura da superfície do mar em partes equatoriais do oceano pacífico, pode vir a modificar a posição da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT), consequentemente alterar a distribuição espaço-temporal de chuvas e vazões (Dai *et al.* 2009, Kayano & Andreolli 2007). Além do El Niño, a literatura aborda efeitos de outras oscilações de TSM do Atlântico e Pacífico nos padrões climáticos do Brasil (Nobre & Melo 2001, Grimm 2003). Por isso na definição da sazonalidade de vazões no Brasil, se faz necessário então levar em consideração as fases destes fenômenos.

No contexto de estudo da descarga fluvial dos maiores rios para o oceano, vários autores tentaram estima-la para melhorar os estudos dos processos de circulação na plataforma e estuários (Baumgartner & Reichel, 1975; Perry *et al.*, 1996; Dai & Trenberth, 2002; Dai *et al.*, 2009). Nesse processo, a quantificação das descargas fluviais é de suma importância, pois uma alteração na vazão, modifica fluxos gerados pela densidade, bem como o momentum e a descarga de substâncias. No entanto, uma dificuldade metodológica importante se destaca: as medições de vazão são feitas primariamente com o objetivo de monitorar a distribuição de água para centros urbanos e agrícolas, e portanto as estações geralmente não se encontram no ponto a jusante do rio (Figura 1). Como existe diferença entre a vazão da estação de monitoramento até a foz, faz-se necessário então utilizar aproximações para estimar a contribuição da área não monitorada na vazão da foz.

Um dos métodos clássicos utilizados é a aproximação por razão de áreas, no qual considera-se que a descarga de água doce na foz do rio é diretamente proporcional a vazão na estação de monitoramento. Considerando um determinado rio (Figura 1) com área de drenagem monitorada  $A_1$  e área não monitorada  $A_2$ , esta aproximação utiliza-se da ideia de que a vazão a jusante  $Q_s$  é a multiplicação da razão entre a área total e a monitorada e a vazão da área monitorada  $Q_m$ , ou seja:

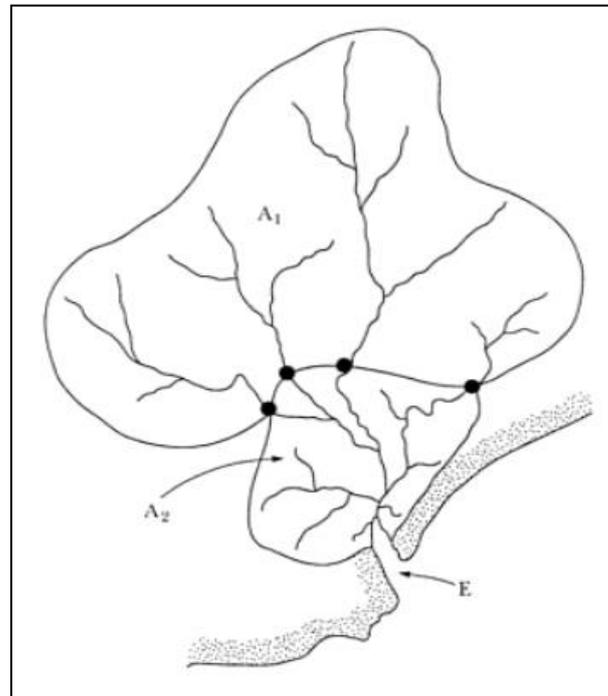
$$Q_s = k * Q_m \quad \text{Equação 1}$$

onde,  $k = (A_1 + A_2)/A_1$  Equação 2

Esta aproximação considera principalmente que as condições climáticas, de precipitação e evaporação em toda bacia de drenagem são uniformes, e portanto aplica uma relação de proporção linear. No entanto, é importante salientar que, como a área total  $A_t = A_1 + A_2$  é sempre maior que a área monitorada, então a vazão na foz para esta aproximação sempre será maior que a vazão na estação (Miranda *et al*, 2002). Apesar disso, a aproximação ainda é largamente utilizada, sendo capaz de calcular de forma eficiente os valores de vazão na maioria dos casos. Vale ressaltar que o pressuposto de que as condições climáticas são uniformes na bacia hidrográfica nem sempre pode ser assegurado, e sua avaliação está sujeita a análises subjetivas. Obviamente para bacias de pequena área, não se espera grandes mudanças, mas quando se utiliza bacias com escala da ordem do rio Paraguauçu por exemplo (aproximadamente 54 mil km<sup>2</sup>, segundo a Agência Nacional de Águas), a afirmativa se torna ainda mais difícil de ser provada. Além disso, existem casos em que condições extremamente secas a jusante da estação podem aumentar a evapotranspiração e fazer com que a vazão na foz seja menor que a vazão na estação, o que não pode ser previsto através desse modelo.

Dai *et al* (2009) aprimoram a fórmula de aproximação de área adicionando um segundo termo de razão entre a vazão do rio na estação e na foz, gerado pela simulação do *Community Land Model Version 3* –ou CLM3 - (Oleson *et al* 2004) para cada 4 graus de latitude (Equação 5). Ao adicionar o termo de razão de vazões no cálculo de aproximação o autor modula o peso no balanço hídrico no cálculo da transposição. Se por um lado esta correção permite regular as questões de evapotranspiração e chuvas a jusante da estação, por outro lado insere incertezas pelo fato do parâmetro ser resultante de modelo de balanço

hídrico, e não de dados reais e vazão. Além disso a razão de vazão é estimada em uma escala espacial quatro vezes maior do que a escala de medição das áreas e vazões, e portanto generaliza as condições climáticas de cada região.



**Figura 1.** Esquema de aproximação de vazão por razão de áreas. Retirado de Miranda *et al* 2002.

Um outro método amplamente usado para a estimativa de vazões em áreas não monitoradas é a regionalização de vazões. Segundo Tucci (2002) e Silva Junior *et al* (2013), regionalização é o processo de transferência de dados de um ponto para outro dentro de uma bacia hidrográfica com comportamento hidrológico homogêneo. O método de regionalização, que se utiliza de variáveis explicativas que descrevam as características climáticas e de vazão da bacia hidrográfica, tem sido amplamente usado para adequação de informações hidrológicas para locais sem ou com pouca disponibilidade de dados (Amorim *et al*, 2005; Silva Junior *et al*, 2002). É importante salientar, no entanto, que tal modelo requer que as regiões sejam definidas como hidrológicamente homogêneas, ou seja, que os processos hidrológicos apresentem comportamento similar em toda a extensão da bacia (Sousa, 2009). Uma forma de se medir a homogeneidade de uma dada região é através da medida do coeficiente de determinação entre a variável explicativa e a regionalizada, ou seja, um alto  $R^2$  indica homogeneidade das condições na bacia hidrográfica, e seu valor

define o quanto o modelo regional explica a variabilidade da região (Lemos, 2006; Pereira, 2012).

Segundo vários autores, a variável explicativa mais importante na regionalização de vazões médias de longo prazo é a área da bacia de drenagem, pois ela traduz a potencialidade hídrica da região de estudo (Castiglioni, 2013). Neste contexto, Tucci (2002) estipula que a relação com a área de drenagem é uma medida aceitável para análise de vazão média regional. Ainda que a relação entre área de drenagem e vazão seja geralmente linear, Reis *et al* (2008) levanta em questão o fato de que na construção de curvas regionais com áreas de drenagem muito diferentes, esta relação pode deixar de ser linear. Castiglioni (2013) no entanto ressalta que uma limitação importante do método de regionalização se encontra quando existe grande diferença entre a área da bacia utilizada como variável explicativa e a área da bacia a ser regionalizada. Isto por que a grande diferença na proporcionalidade acaba por afetar a precisão do método.

## **1.1 - Objetivo**

Pensando então na necessidade de se ter estimativas mais confiáveis de descarga na foz, e na aplicabilidade do método de regionalização, este estudo tem como objetivo a utilização da regionalização da vazões juntamente com a aproximação de área para estimativa de descarga dos rios da PCLB. Além disso, como objetivos específicos:

I-Definir a climatologia de descarga ao longo da PCLB.

II-Identificar a influência e correlação dos índices PDO, AMM e NINO3.4 de temperatura da superfície do mar (TSM) com vazões nas estações de monitoramento

III-Discutir os resultados dos métodos de razão de vazão, e a regionalização através da formula de Dai & Trenberth (2002)

IV-Criar uma base de dados de climatologia de descarga para a PCLB

## 1.2 - Área de estudo

A área de estudo (Figura 2) é constituída pelas bacias hidrográficas que desembocam na PCLB, definida por Knoppers *et al* (1999) de 13°S até 22°S de latitude de costa. Ela compreende as partes mais litorâneas dos estados da Bahia, Espírito Santo, Minas Gerais e Rio de Janeiro, se estendendo por uma área de aproximadamente 491 mil km<sup>2</sup>, e sendo delimitada ao Norte pela Baía de todos os Santos, e ao Sul pelo Rio Paraíba do Sul, com aproximadamente 18% da linha de costa brasileira (Agência Nacional de Águas).

A costa leste é caracterizada por possuir uma estreita plataforma continental, na ordem de poucos quilômetros, e por se situar nos arredores da formação barreiras, que se estende até o planície Costeira do Paraíba do Sul, e tipicamente é responsável pelo baixo transporte de sedimentos para os estuários, mangues e recifes (Leão 1996, Lacerda et al 1993). Apesar disso, algumas regiões em específico possuem taxa de sedimentação significantes, especialmente a plataforma interna situada entre o Rio Jequitinhonha e o Doce (Patchineelam & Smoak, 1999).

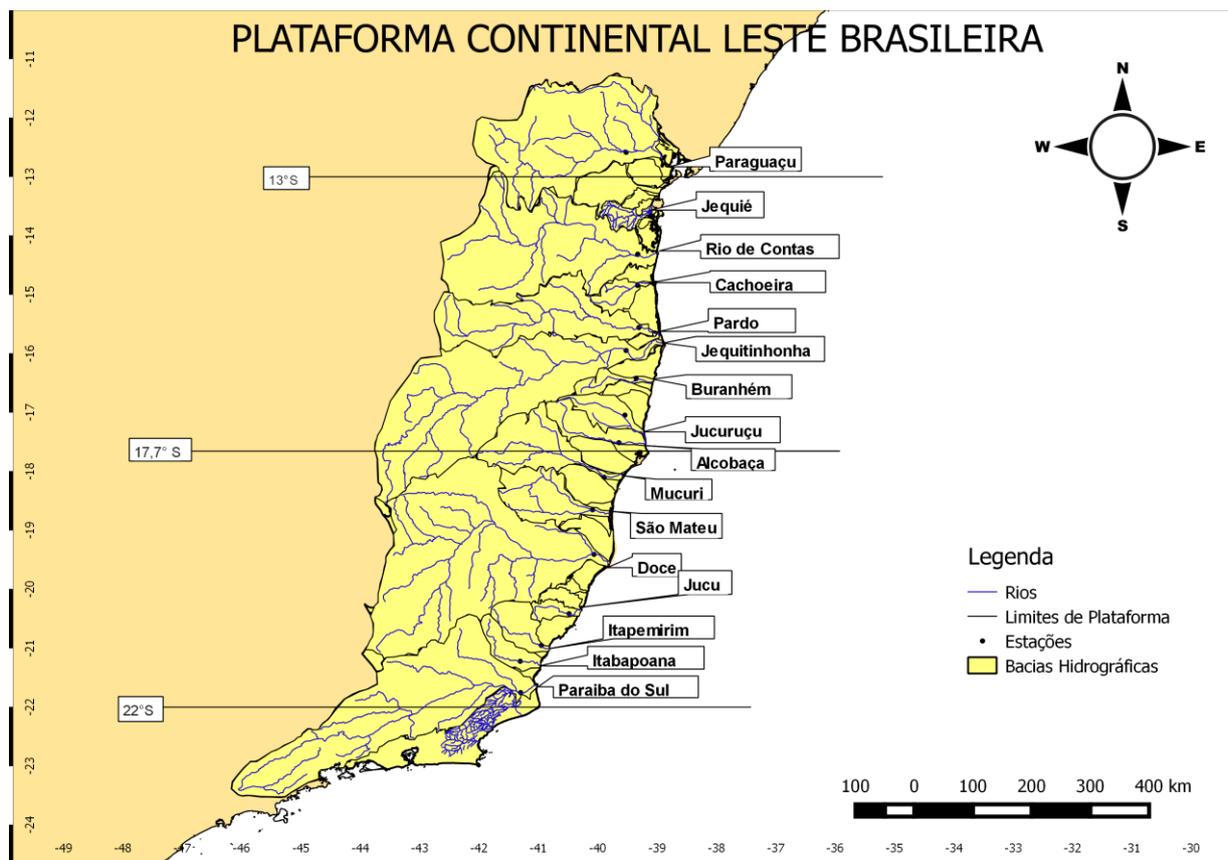
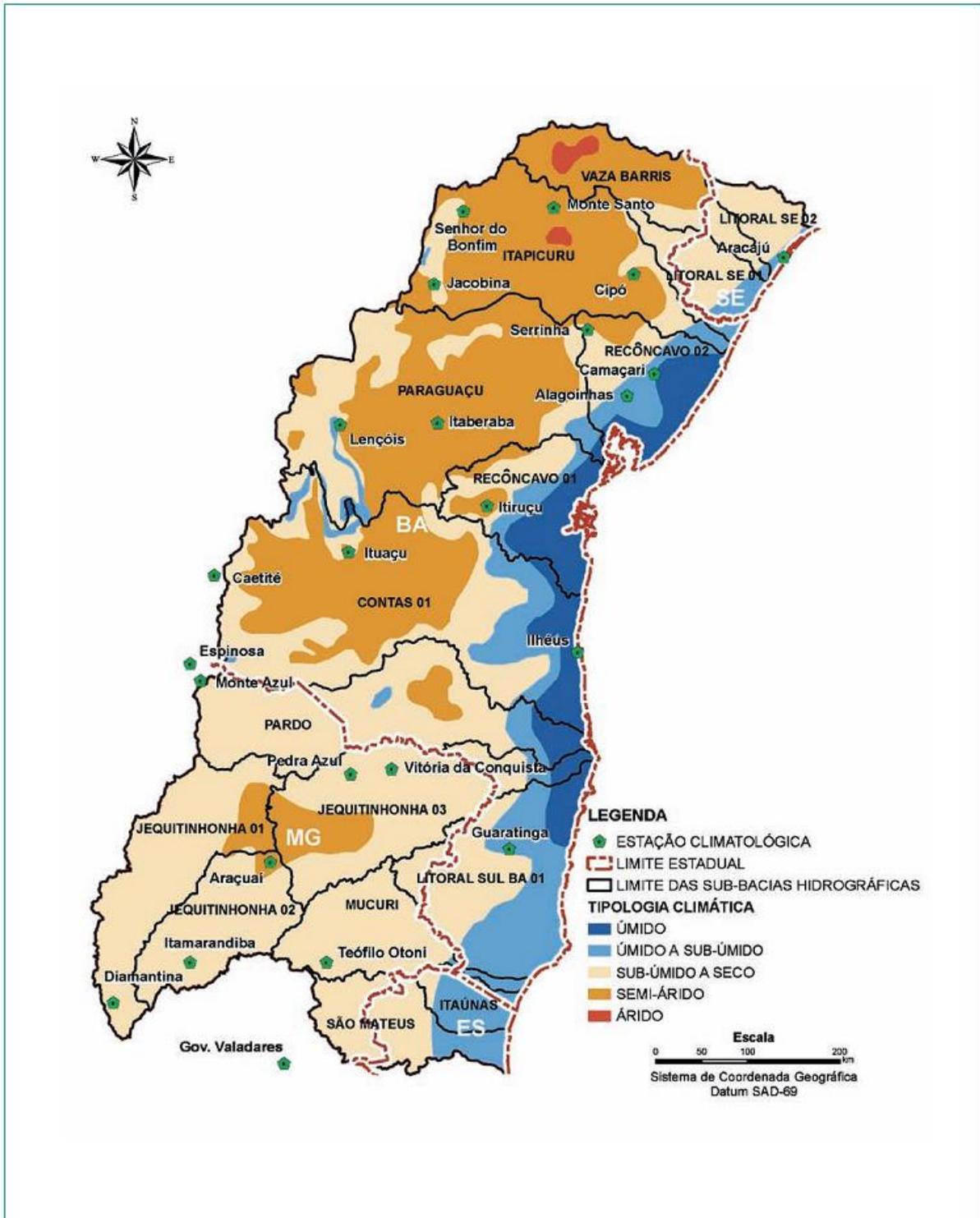


Figura 2. Mapa da Plataforma Continental Leste Brasileira e Bacias Hidrográficas da região.

Com relação ao clima, a região está situada inteiramente na faixa tropical, tendo forte influência da radiação solar, e apresentando padrões tipicamente quentes e úmidos, com temperaturas em torno de 24,5°C. Apesar disso pode-se dizer que os padrões de precipitação variam substancialmente, com forte influência da continentalidade. Altos índices pluviométricos predominam na parte mais ao leste das bacias hidrográficas contidas na região, especialmente nos arredores de Salvador (1985 mm/ano). A influência da continentalidade também é bem marcada nos valores de umidade relativa (Bahia, 2004).

Considerando estas características, o Caderno da Bacia Hidrográfica do Atlântico leste (PNRH, 2006a), caracteriza a região com quatro tipos climáticos principais, baseando-se na umidade e precipitação: semi-árido, semi-úmido, úmido e super-úmido, com transição gradual do clima mais seco no continente até o mais úmido na costa (Figura 3). O clima semi-árido está presente mais marcadamente na parte norte das bacias da PCLB, tendo maior influência sobre os rios Paraguaçu e de Contas. Já os climas úmido e sub-úmido, mais influentes na região costeira, caracterizam-se por precipitações anuais relativamente altas (1000 mm/ano a 1400 mm/ano). Vale ressaltar que a maior parte das áreas monitoradas de drenagem dos rios se encontram na faixa de clima sub-úmido a seco, o que facilita a extrapolação por áreas, já que não se espera que ocorra áreas com grande déficit no balanço hídrico após as estações de monitoramento.

Quanto as áreas das bacias de drenagens de rios individuais, percebe-se que na região existe uma grande diversidade, com bacias da ordem de 90 mil km<sup>2</sup> para o rio Doce, até 700 km<sup>2</sup> para o rio Timbuí.



**Figura 3.** Mapa Climático da Bacia Hidrográfica do Atlântico Leste, Retirado do Caderno da Bacia Hidrográfica do Atlântico Leste, PNRH (2006).

## 2 - METODOLOGIA

Com o intuito de se obter a melhor aproximação possível para a vazão na foz, o presente trabalho decide utilizar tanto o método da regionalização bem como a proporcionalidade de áreas. A ideia é considerar no cálculo tanto a variação sazonal da vazão na estação - mantida pela aproximação por área - como também considerar as características climatológicas da vazão na plataforma Leste, expressas pelas curvas regionais. O processo de adequação das vazões na foz utilizado neste trabalho foi composto de sete etapas.

Inicialmente, utilizando mapas da bacia Hidrográfica do Atlântico Leste através do portal *Hidroweb* da Agencia Nacional de Águas (ANA) foram identificados os rios de descarga exorréica na PCLB, de acordo com os limites geográficos definidos por Knoppers *et al* (1999). Os mapas da bacia hidrográfica continham as redes de Hidrográficas em escala de 1:1.000.000 e 1:250.000 e as estações fluviométricas controladas pela ANA. Foram então identificados os rios com descarga na PCLB, entre 13°S e 22°S, utilizando as duas opções de escala a fim de se poder identificar o máximo de rios possíveis.

Após a fase de identificação, foi feita a seleção das estações fluviométricas a serem utilizadas. Os critérios de seleção foram a distância entre a foz e a estação, e quantidade de dados da série de vazões. Como primeira análise foram selecionadas as estações mais a jusante, de forma a otimizar a precisão da regionalização, como descrito por Castiglioni (2013). Após isto, foram obtidas as series históricas das estações de rios monitorados também no portal *Hidroweb*. As series são disponibilizadas em formato banco de dados *Microsoft Access*, com dados de vazões diários e mensais em  $m^3s^{-1}$ . Para esta parte da metodologia foi então utilizado os valores mensais, consistidos pela ANA.

Após selecionadas, foi avaliado qual o tamanho da série de dados destas estações e a data final delas: series com final antes de 2000 e menos de 15 anos de dados foram descartadas automaticamente. Isto foi feito a fim de se garantir que as séries temporais fossem mais atuais, além disso para períodos de tempos maiores que 15 anos a precisão das medidas hidrográficas tende a ficar mais estável (Kennard *et al.* 2010). Um exemplo foi o caso da estação Pedra de Cavalo, do Rio Paraguaçu: Esta se encontra no ponto mais a jusante, mas possui apenas 15 anos de dados com final em 1975. Em casos como este, buscou-se uma estação mais acima do curso no rio. Este procedimento foi seguido para todos os rios até se encontrar a melhor combinação entre local e anos de dados. No fim

foram obtidas 28 estações de rios monitorados e 32 rios não monitorados, separadas para futura análise.

Considerando que ao longo da história o curso do rio e sua vazão podem ser alterados por processos antrópicos como instalação de barragens e hidrelétricas, escolheu-se trabalhar com as séries de dados mais recentes numa janela de 30 anos. Ou seja, para os rios com mais de 30 anos de dados de vazões mensais, foi aplicado um corte a fim de se reduzir a série de dados aos últimos 30 anos de dados existentes e não nulos. Isto foi feito de forma a garantir uma climatologia mais atualizada. Além disso sabe-se que o período de maior construção de barragens ocorreu após 1950 (Genz, 2006), portanto assim podemos avaliar a climatologia de vazão após a intervenção humana.. Após este corte, foi iniciado os cálculos de médias mensais climatológicas e máxima climatológica no MATLAB®.

Um segundo critério de corte baseado na vazão média da estação foi aplicado. Como observado na introdução, as escalas de vazão de maior importância para a circulação estuarina e da plataforma continental são de centenas de metros cúbicos por segundo. Além disso, os rios com vazão máxima climatológica menor que  $30 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ , apresentavam grandes períodos de intermitência nos dados. Souza & Knoppers (2011) também encontraram que pequenas bacias (menores que  $1.000 \text{ km}^2$ ) tem pouca importância no balanço hídrico da região. Portanto, estações de monitoramento com vazões inferiores a  $30 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  foram retiradas da base de dados. Esta medida ainda cria uma otimização da regionalização, já que segundo Silva Junior *et al* (2002), rios de pequena bacia de drenagem tendem a ser mal representados pelo método.

Após isto foi feita uma análise de homogeneidade da região baseado na climatologia dos rios, distribuição de climas da região e nos valores de  $R^2$ . Para isto foram utilizados os mapas climáticos fornecidos pela Caderno da região hidrográfica das bacias Leste e Sudeste (PNRH 2006b). Foram também analisadas tendências nos ciclos interanuais através de séries de anomalias de vazões. As anomalias são definidas por Genz & Luz (2002) pela fórmula

$$Q' = \frac{Q_i - \bar{Q}}{\sigma}$$

Equação 3

Onde  $Q'$  é a anomalia de vazão para o ano  $i$ ,  $Q_i$  é a vazão anual de  $i$ ,  $\bar{Q}$  a média anual de longo da série de dados e  $\sigma$ , o desvio padrão da série de médias anuais. Valores de

anomalia menores que -1,5 são classificados como anos de condições hidrológicas muito secas, enquanto que valores acima de 1,5 são considerados anos hidrológicos muito úmidos. As anomalias foram comparadas entre os rios afim de se identificar padrões nos anos secos e chuvosos.

Os valores de anomalia de vazão foram também comparados com três principais índices de temperatura da superfície do mar (TSM), com o intuito de se identificar similaridade entre as séries, além de concordâncias entre os índices e as séries temporais. Os índices utilizados foram o Nino3.4, Pacific Decadal Oscillation (PDO) e o Atlantic Meridional Mode (AMM). Os índices de Temperatura da Superfície do Mar foram extraídos da webpage do National Oceanic and Atmospheric Administration –NOAA , sendo eles os NINO3.4, PDO e AMM. O índice do NINO3.4 é calculado através da anomalia de TSM da região localizada entre 5°N e 5°S de Latitude, e 170°W e 120°W de Longitude, mais especificamente sobre o Pacífico Equatorial. O PDO por sua vez, é calculado pela anomalia de TSM da região oceânica acima de 20°N de Latitude. Já o índice do Modo Meridional de SST do Atlântico (AMM) é calculado pela NOAA através de Análise de máxima covariância para a região entre 21°S e 32°N de Latitude, e 74°W e 15°E de Longitude.

Como o objetivo do trabalho é calcular as vazões na foz e avaliar a importância deste aporte fluvial na plataforma continental, curvas regionais da vazão mensal versus área de drenagem foram determinadas de maneira a obter o valor da descarga fluvial na costa.

A transposição dos valores da vazão da estação ( $R_0$ ) até a desembocadura do rio ( $R$ ) de um determinado mês (j) foi calculada através da fórmula utilizada por Dai et al (2009), com uma adaptação: o parâmetro de razão de vazões ( $r$ ) foi obtido pela regionalização das vazões. Para a obtenção do valor do  $r$ , foi calculada a diferença entre as vazões obtidas na curva regional ( $Q^*$ ) para a área total de drenagem do rio ( $A_t$ ) e a área da estação ( $A_e$ ), sendo este valor então a contribuição de vazão pela área não monitorada. A razão entre a vazão da área não monitorada e monitorada pela curva regional, foi então definida como o valor  $r$ , e aplicada a equação:

$$r(j) = (Q_{j_{At}}^* - Q_{j_{As}}^*) / Q_{j_{As}}^* \quad \text{Equação 4}$$

Tendo o valor das razões de vazão pela curva regional, utilizou-se então da equação:

$$R(j) = R_0(j) * [1 + r(j) * A_u(j) / A_m(j)] \quad \text{Equação 5}$$

Onde  $A_u(j)$  é a área a jusante da estação de monitoramento e  $A_m(j)$  é a área monitorada, a montante da estação. Esta fórmula, difere da simples proporção por área, pois ela torna possível adicionar um termo de correção de vazão baseado na área total da bacia hidrográfica. Enquanto na proporção de área se faz uma simples extrapolação linear considerando as medidas das áreas monitoradas e não monitoradas, e mantendo-se a climatologia da estação de monitoramento, na equação 5 o termo de razão de vazão ( $r$ , pela equação 4), insere uma nova variação baseada no comportamento climatológico geral das bacias que compõem a plataforma, e na relação entre tamanho da bacia de drenagem e potencial hídrico.

A escolha do melhor tipo de equação para as curvas regionais de média foi feito com base no  $R^2$  principalmente, já que este valor, segundo Pereira (2012), mede o quanto da variabilidade nas vazões pode ser determinado pela variável explicativa. Além disso, foi feita uma análise visual para se identificar o padrão da nuvem de pontos e se a curva o descreve bem. Para as curvas de médias mensais as melhores equações que descreveram o comportamento foram equações exponenciais. Além disso, como teste da metodologia, foi feito o cálculo do incremento de vazão em percentual para cada mês e o cálculo do incremento de área em percentual. O objetivo aqui é manter uma proporcionalidade entre as razões de área monitorada e as razões de vazão.

No intuito de estimar as vazões de rios não monitorados na região da PCLB foram construídas também curvas regionais de vazão máxima climatológica versus área. O objetivo é através da curva de máxima, utilizar o valor de corte de vazão máxima de  $30 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  para identificar uma área de drenagem mínima e estimar as vazões só para bacias maiores que o valor de corte.

Para a criação da curva regional de máxima e sua equação de ajuste, foi levado em consideração o  $R^2$ , o ajuste de dados à curva e as climatologias. Na etapa final do trabalho foi então contabilizada a vazão por grau de latitude, a fim de se poder avaliar as regiões de importante descarga ao longo da PCLB

## 3 - RESULTADOS

### 3.1 - Seleção das estações

Através do método descrito foram identificados 17 estações de monitoramento correspondentes a 16 rios monitorados com vazão máxima climatológica acima de 30 m<sup>3</sup>/s (Figura 2). Para o rio de Contas, foram utilizadas duas estações de monitoramento distantes em 700 m, e que devido à proximidade e complementaridade temporal de dados foram consideradas como um único ponto de medida na criação das curvas regionais e aproximação de vazão para a foz (Tabela 1).

Como foi escolhido trabalhar com os últimos 30 anos de dados existentes, as séries climatológicas foram expandidas, até o número de anos com dados totalizar 30, ou seja, séries que possuíam 1 ano sem dados, ficaram no final com 31 anos de intervalo na série temporal. Os rios com maiores falhas nos dados foram o Pardo, Buranhém, e Alcobaça com falhas de sete e seis anos, respectivamente. Na tabela 1 também consta a área do rio monitorada e não monitorada. Os rios com maior percentual de área não monitorada são os rios Jucuruçu, Jucu e Alcobaça com respectivamente 57%, 35% e 32% de área não monitorada. Já em termos absolutos, o rio Paraguaçu possui a maior área não monitorada para a estação escolhida, com 16 mil km<sup>2</sup> de área a foz da estação de monitoramento.

A área a montante das estações de monitoramento ( $A_m$ ) contabilizou 87% da área total dos rios monitorados, e portanto a regionalização das vazões para a foz foi responsável por estimar a contribuição dos 13% restantes, aproximadamente 56 mil km<sup>2</sup> de bacia hidrográfica ( $A_u$ ). Ao final, após se aplicar todos os critérios de corte temporais e de vazão máxima, obteve-se uma cobertura total de 89,2% das áreas das bacias de drenagem contidas na plataforma leste, sendo que os 10,8% restantes representam as bacias hidrográficas com contribuição menor que a vazão máxima de corte.

**Tabela 1.** Estações de monitoramento e rios da Plataforma Continental Leste Brasileira. A coluna “falhas” indica quantos anos de dados são inexistentes na série, e a posição geográfica está associada à foz do rio. As áreas de monitoramento são expressas em km<sup>2</sup> e as vazões médias mensais em m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup>. A Figura 2 apresenta a localização geográfica dos rios.

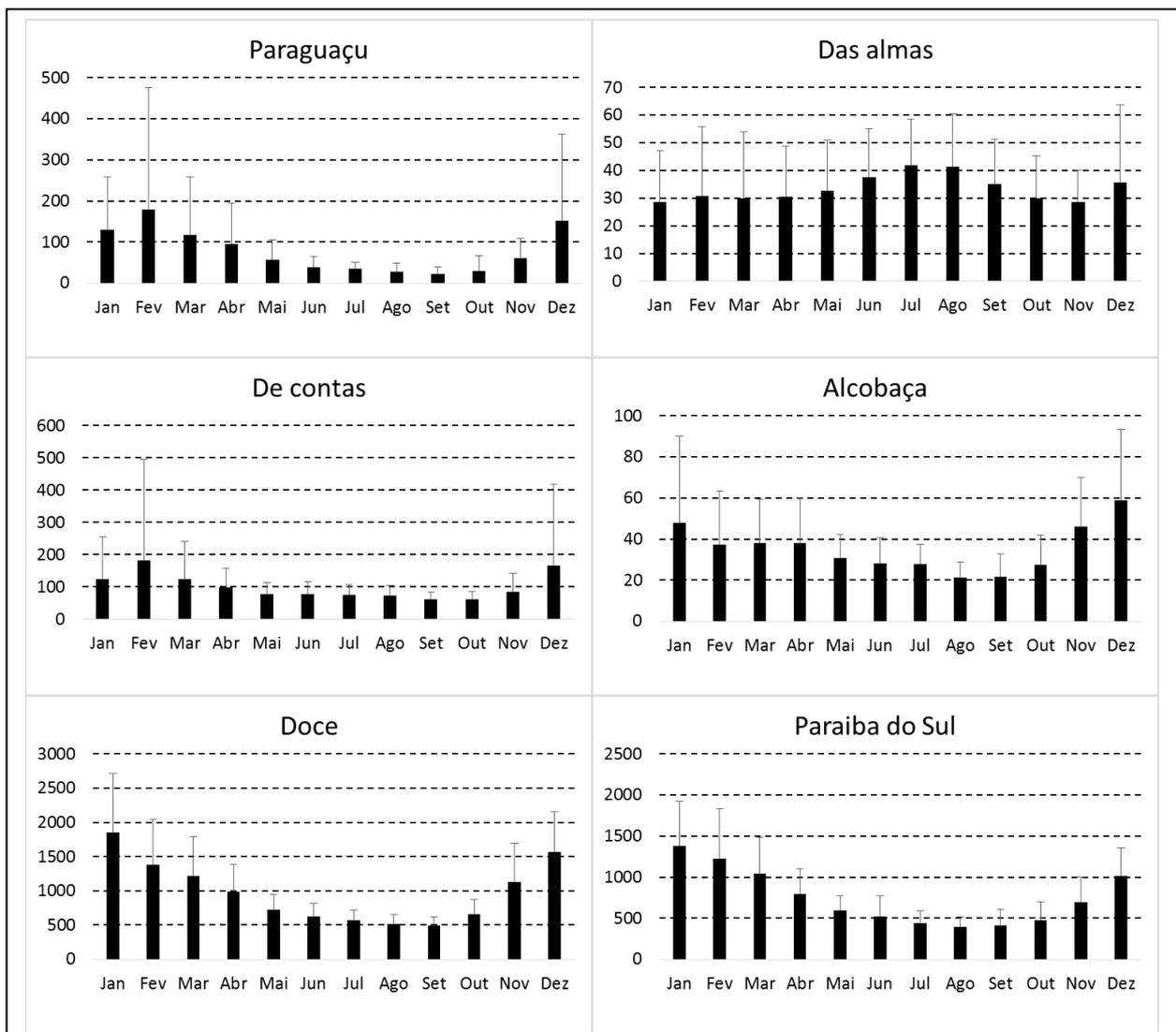
<i>Estação</i>	<i>Rio</i>	<i>Início</i>	<i>Fim</i>	<i>Falhas</i>	<i>Localização</i>		<i>Área Total</i>	<i>Área Estação</i>	<i>Jan</i>	<i>Fev</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>Mai</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Set</i>	<i>Out</i>	<i>Nov</i>	<i>Dez</i>	<i>Q</i>	
					<i>°S</i>	<i>°W</i>																
51350000	Paraguaçu	1975	2005	1	12,84	38,79	54463	37900	130	178	117	95	57	39	34	28	22	30	60	151	78	
51890000	das Almas	1975	2005	1	13,37	38,94	3092	2860	28	31	30	31	33	38	42	41	35	30	29	36	33	
52831000	de Contas	1976	2006	1	14,27	38,99	56414	54000	125	183	125	99	78	78	75	73	61	61	84	167	101	
52830000																						
53170000	Cachoeira	1975	2005	1	14,79	39,02	4158	3850	28	33	30	21	12	9	11	10	7	11	24	47	20	
53950000	Pardo	1969	2005	7	15,63	38,94	32466	30700	120	96	96	84	51	46	45	37	32	45	88	118	71	
54950000	Jequitinhonha	1975	2005	1	15,84	38,88	72710	68100	926	628	571	426	261	215	188	167	154	211	487	762	416	
55170000	Buranhém	1971	2005	6	16,46	39,06	3250	2410	42	32	26	25	19	16	17	15	14	20	35	43	25	
55340000	Jucurucú	1975	2005	1	17,34	39,22	6420	2760	33	28	29	28	27	24	24	20	20	23	32	39	27	
55490000	Alcobaça	1971	2005	6	17,53	39,2	7022	4720	48	37	38	38	31	28	28	21	22	27	46	59	35	
55740000	Mucuri	1971	2006	5	18,1	39,55	16310	14800	152	126	136	114	76	63	61	47	41	62	135	188	100	
55960000	São Mateus	1975	2005	1	18,71	39,74	13428	12000	145	112	106	86	63	53	46	38	33	45	92	137	80	
56998000	Doce	1967	1994	1	19,65	39,81	90030	82100	1850	1377	1220	990	726	627	568	510	491	655	1125	1568	976	
57230000	Jucu	1973	2005	3	20,4	40,32	2637	1690	40	31	32	28	23	19	18	16	16	18	33	39	26	
57580000	Itapemirim	1981	2012	2	21	40,81	6498	5170	170	103	125	100	61	48	40	35	36	48	109	167	87	
57930000	Itabapoana	1975	2005	1	21,3	40,96	5316	3620	113	79	73	63	45	35	31	27	29	34	66	100	58	
58974000	Paraíba do Sul	1975	2005	1	21,64	41,08	64079	55700	1380	1228	1044	796	592	520	437	394	408	471	693	1016	748	

### 3.2 - Análise de regiões homogêneas e climatologias das estações

O comportamento climatológico semelhante das regiões analisadas é um fator importante na regionalização e a análise de regiões homogêneas portanto se faz necessária. Para se definir as regiões de homogeneidade no entanto, é necessário se fazer uma análise com base na climatologia da região, e no coeficiente de determinação das curvas regionais (Eletrobras 1985, Lemos 2006). Com este intuito esta parte dos resultados tem como objetivo descrever a similaridade dos ciclos climatológicos das estações de monitoramento, e os resultados de  $R^2$  das opções de curvas linear, exponencial e de potencias.

A Figura 4 apresenta seis rios com os ciclos sazonais mais característicos da PCLB. Nela nota-se que a região apresenta vazão máxima climatológica em janeiro e mínima em agosto bem marcada para os rios mais ao sul da área de estudo: Os rios Paraíba do sul e Doce demonstram isso de forma mais marcada. Este resultado corrobora com o padrão climatológico de maiores chuvas durante o verão e menor pluviosidade durante o inverno pra as bacias dos rios Paraíba do sul, Doce, São Mateus, Itapemirim e Itabapoana (Marengo & Alves 2005, Cupolillo 2008, Mello *et al* 2012). Por sua vez, os rios mais ao norte apresentam maior variabilidade nos meses de vazão máxima e de mínima, no entanto a maioria deles apresenta vazões mínimas climatológicas entre julho e setembro e máxima em fevereiro.

O Rio das Almas ou Jequié, se distingue por possuir ciclo climatológico diferente de todos os outros, apresentando máxima climatológica não muito distinta no bimestre julho-agosto e vazão relativamente regular se comparada com os outros meses. Apesar do ciclo climatológico do rio das Almas não se parecer com nenhum dos outros rios com vazão máxima maior que  $30 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , nota-se uma semelhança deste com a climatologia dos rios que com vazão menor que a máxima de corte, e que se localizam no extremo norte da plataforma, entre os rios Paraguaçu e de Contas (Anexo 2). Isto denota uma possível diferença nos padrões de vazão das bacias menores. A magnitude dos desvios parece concordar com as magnitudes das vazões em todos os casos. Pode-se definir no entanto um padrão de cheias no verão e de menores vazões no inverno.



**Figura 4.** Climatologia de vazão ( $m^3s^{-1}$ ) dos principais rios monitorados da plataforma continental leste brasileira. As barras verticais representam as médias mensais e as linhas o desvio padrão associado. A localização geográfica dos rios é apresentada na Figura 2.

Para a análise da homogeneidade nos padrões dos ciclos anuais, as anomalias de vazão anuais foram calculadas, a fim de identificar melhor as variações sobre a média do período. A série de anomalias anuais de vazão foi então comparada com os índices de Nino3.4, Oscilação Decenal do Pacífico (PDO) e Dipolo do Atlântico (AMM). O intuito desta análise é verificar se os rios apresentam o mesmo padrão de variação de anomalia entre os anos, se existe uma predominância de anomalias positivas ou negativas sinalizando viés nos dados, e se estas oscilações de alguma forma acompanham variações na temperatura da Superfície do Mar. Na Figura 5 estão plotadas as series anuais de anomalias de vazão para os principais rios, além dos índices PDO, AMM e da anomalia de NINO3.4. Inicialmente, verifica-se um claro ciclo de anomalia nos dados.

As anomalias de vazão tendem a ser mais positivas entre 1974 e 1985, e nos anos de 1991 e 1992, enquanto no resto da série os valores são negativos. Os rios em geral concordam em fase de anomalia. Além disso outros padrões se distinguem: O rio Paraguaçu parece ter maior variação na magnitude das anomalias nos primeiros anos, enquanto após a década de 80 suas anomalias variam muito menos em magnitude. Isto poderia ser causado por variações climáticas e de precipitação, apesar de não ter sido possível determinar uma causa clara neste estudo. Independente disto, a distribuição de anomalias anuais demonstra a presença de valores positivos e negativos similares entre estações e anos, explicitando uma homogeneidade nos dados, e um a representatividade da amostragem. Os Rios Paraíba do Sul e Doce em alguns anos apresentam valores de anomalia opostos aos outros rios, como por exemplo em 1974,1975, 1983. Isto pode ser relacionado a diferença climática entre os rios localizados mais ao Sul e ao Norte da área de estudo, já Indicada anteriormente pelas climatologias mensais, ou por outros controles climáticos da região.

Correlacionando as anomalias de vazão com os dados dos índices de TSM, vemos que a distribuição de vazão do rio Doce parece concordar em parte com a do Nino 3.4 e PDO, de forma que anos com anomalias positivas no índice(entre 1977 e 1986, e 1991 e 1994), possuem anomalias positivas de vazão para o rio (entre 1978 e 1985, e 1991 e 1992). No entanto, é evidente que o comportamento deste rio é exceção, já que os outros índices pareceram não possuir grande relação em sua evolução temporal comparativamente com a evolução temporal das vazões dos rios.

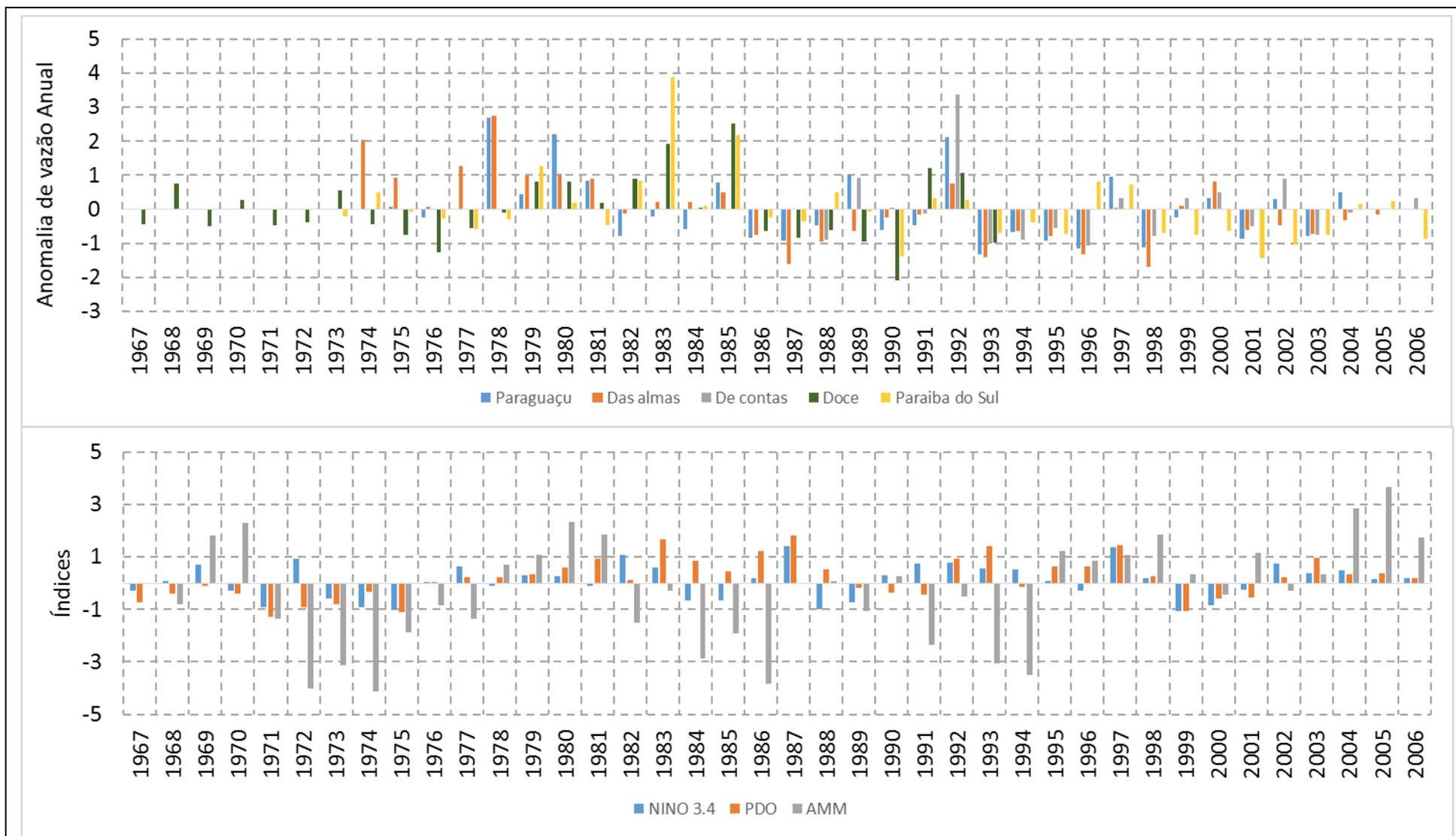
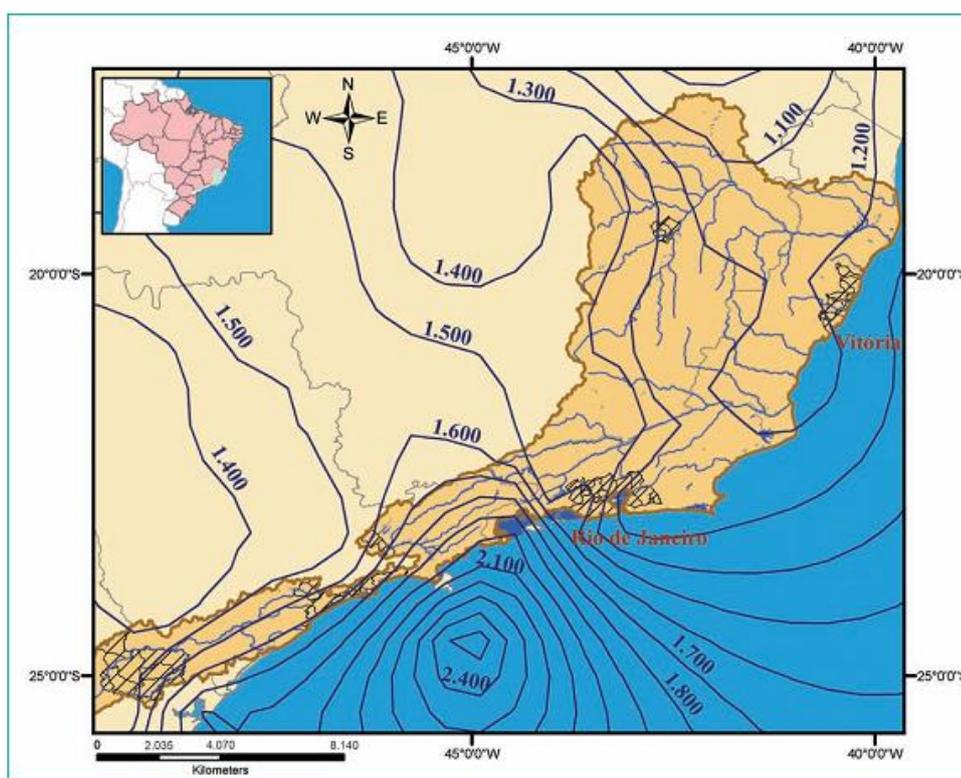


Figura 5. Anomalia de vazão anual para os principais rios, e Série de índices da oscilação decadal do pacífico (PDO), Dipolo do Atlântico (AMM) e anomalias de Nino3,4.

Analisando-se os mapas climáticos e de precipitação da região (Figura 6), percebe-se que ainda assim, existem diferenças entre as bacias hidrográficas. Em geral as bacias tem sua maior área contida entre os climas sub-úmido a seco, com precipitações entre 1000 e 1400 mm/ano, com exceção dos rios Paraguaçu e de Contas que possuem grande áreas inseridas no semi-árido. No caso destes rios o forte gradiente de precipitação entre o semi-árido e a costa, associado com o clima super-úmido tende a diminuir a representatividade da área da bacia hidrográfica na regionalização de vazões (CPRM, 2001). No entanto, como a parte final dessas bacias tem forma afunilada, a área de contribuição situada na parte mais chuvosa é relativamente pequena.



**Figura 6.** Mapa Pluviométrico da Bacia Hidrográfica do Atlântico Sudeste, Retirado do Caderno da Bacia Hidrográfica do Atlântico Atlântico Sudeste, PNRH (2006).

Em geral, apesar de algumas pequenas diferenças entre as áreas mais ao norte e sul da região de trabalho, percebeu-se que as climatologias mensais de vazão, e variações anuais tendem a seguir o mesmo padrão. Sendo assim, foram então calculadas as equações mensais de regionalização, tendo como variável independente a área de drenagem monitorada, e como variável modelada a vazão média mensal, segundo três equações de ajuste: linear, potencial e exponencial. A Tabela 2 apresenta os coeficientes de

determinação para cada equação. As curvas lineares (potenciais) tiveram valor mínimo de  $R^2$  de 0,61 (0,58) e máximo valor de 0,71 (0,80), enquanto as exponenciais puderam explicar no mínimo 71% e no máximo 84% das variações de vazão através do tamanho da bacia de drenagem. Desta forma então foram escolhidas as equações exponenciais para representar a PCLB, pois seus maiores valores de coeficiente de determinação foram mais adequados para explicar as variações na região. O maior valor de  $R^2$  foi encontrado para o mês de Fevereiro, e o menor para Setembro.

**Tabela 2.** Valores de coeficientes de correlação das equações regionais testadas.

	<i>Linear</i>	<i>Potencial</i>	<i>Exponencial</i>
<i>Jan</i>	0,68	0,69	0,75
<i>Fev</i>	0,69	0,80	0,84
<i>Mar</i>	0,67	0,75	0,78
<i>Abr</i>	0,67	0,74	0,78
<i>Mai</i>	0,64	0,68	0,76
<i>Jun</i>	0,63	0,66	0,75
<i>Jul</i>	0,64	0,66	0,76
<i>Ago</i>	0,64	0,64	0,76
<i>Set</i>	0,61	0,58	0,72
<i>Out</i>	0,62	0,62	0,74
<i>Nov</i>	0,67	0,65	0,73
<i>Dec</i>	0,71	0,75	0,79

Foram também calculadas as equações de regionalização para a vazão máxima climatológica das estações. Estas por sua vez serviram para estabelecer o limite de corte de estimativa de vazão de rios não monitorados. Estas apresentaram coeficiente de correlação explicando 73% das variações de vazão máxima na região. Mas como foi descrito anteriormente nos ciclos climatológicos das estações, as vazões máximas nos rios mais ao Sul da PCLB são concentradas no mês de Janeiro, enquanto os rios mais a norte tem vazões máximas no mês de Fevereiro.

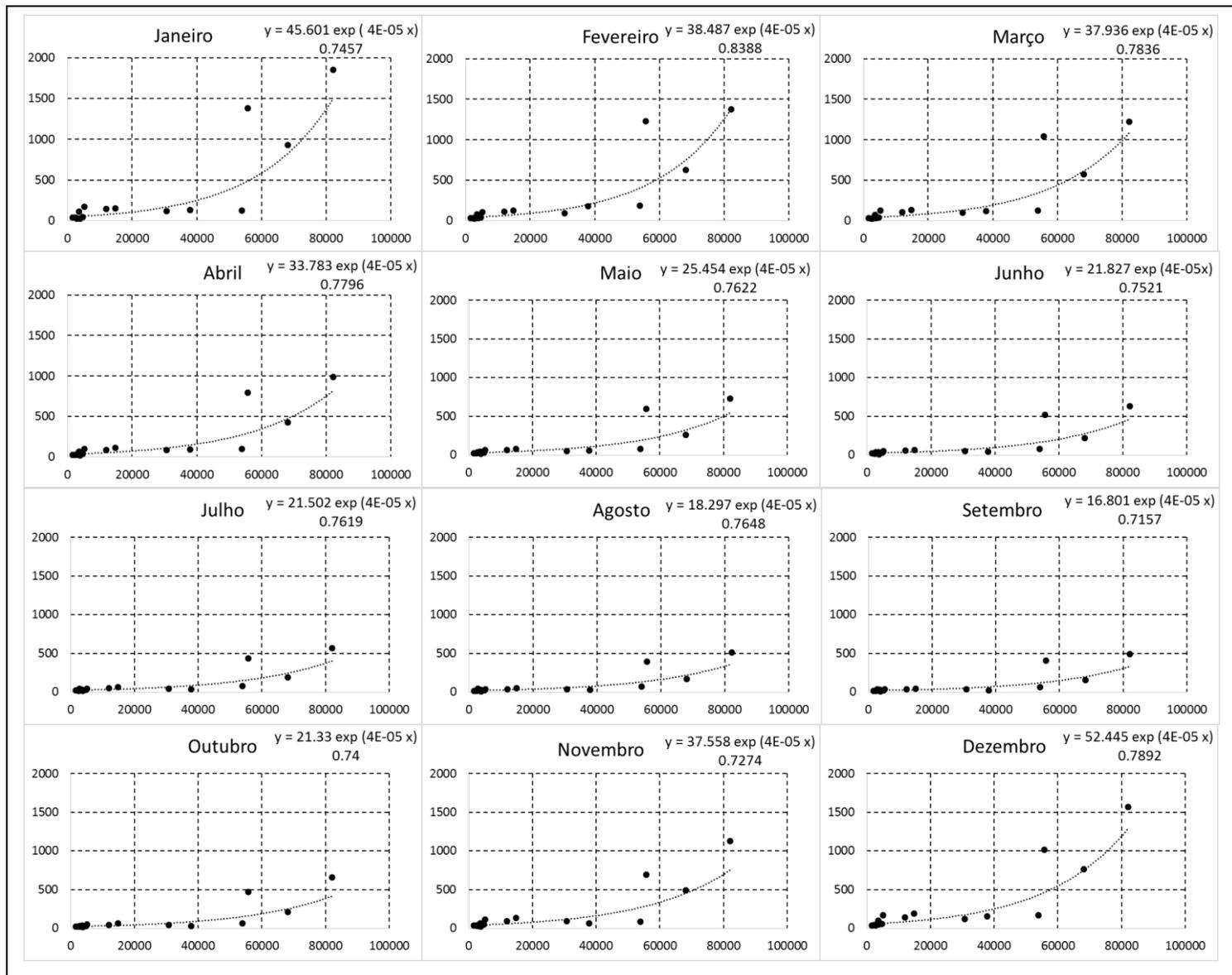
Tendo isto em vista decidiu-se dividir a área de drenagem associada a PCLB em duas (Figura 2). A área 1 mais ao Norte, do Rio Paraguaçu ao Alcobaça, e a Área 2, do Mucuri ao Paraíba do Sul. A determinação do limite de divisão da plataforma não teve como base somente o mês de máxima climatológica, mas também a distribuição do clima. A influência do clima semi-árido ficou concentrada na parte norte, até a bacia do rio Jequitinhonha, e desta forma o limite de separação das plataformas foi estabelecido na latitude de 17,7° Sul, após a última faixa marcada de semi-árido.

Desta forma os coeficientes de correlação da curva regional de vazão máxima climatológica da área 1 e 2 foram respectivamente 0,79 e 0,94. Nota-se ainda a influência do semi-árido no menor valor de coeficiente da área 1. A mesma tentativa de divisão da plataforma foi feita para os valores de vazões médias mensais, mas isto tendeu a diminuir os coeficientes de determinação, especialmente para a área dois. Também foi feita uma tentativa de dividir as curvas regionais de média mensal em grandes e pequenas bacias, porém os valores de  $R^2$  também diminuíram, e o afastamento entre as medições e a curva aumentou.

Utilizando-se o valor de  $30 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  para se obter o tamanho de corte das bacias a serem aproximadas, obteve-se os valores de  $2567 \text{ km}^2$  e  $1854 \text{ km}^2$  nas áreas 1 e 2, respectivamente. Os dois valores estão acima de  $1000 \text{ km}^2$ , concordando com a hipótese de que as bacias com área de drenagem abaixo deste limites tem pouca importância na dinâmica local (Souza & Knoppers 2011). Nenhuma das 32 bacias hidrográficas não monitoradas dentro dos limites da parte Áreas 1 e 2 da PCLB obtiveram área total acima deste valor. Porém, as bacias dos rios São João, Macaé e Ururá se encontram em grande proximidade com o limite de  $22^\circ\text{S}$ , e para este estudo foi escolhido considerá-las como parte importante da descarga na plataforma, e estimar suas vazões.

### 3.3 - Regionalização de vazões para a foz

A Figura 7 apresenta as curvas regionais de vazão média mensal para a PCLB. Pode-se notar que existe uma tendência a variação na intensidade de crescimento da curva dentre os meses. No verão, as curvas possuem padrão mais curvo de forma, onde menores variações na área de drenagem monitorada da bacia traduzem-se em grandes aumentos na vazão média. O oposto ocorre no trimestre Julho-Agosto-Setembro, onde a inclinação da curva é bem menor e a mesma variação na área de drenagem não se traduz em aumento na vazão tão proeminente como no verão. De fato, para a região de estudo, o trimestre do verão tende a ser a estação mais chuvosa, logo a maior inclinação demonstra tendência de maiores vazões. Vale ressaltar no entanto a clara presença do rio Paraíba do Sul e rio de Contas como *outliers* em todos os meses das curvas. O primeiro possui a bacia de drenagem completamente contida no clima subtropical, quente e super-úmido do Rio de Janeiro ( IBGE 2013), e portanto apresenta maiores chuvas e maior potencial hídrico. Já o rio de Contas, possui grande área no clima semi-árido, o que explica sua baixa relação Área/vazão, e deslocamento da sua posição abaixo da curva.



**Figura 7.** Curvas regionais de vazão média climatológica pelo tamanho da bacia de drenagem para os rios monitorados, equações regionais para o cálculo de vazões estimadas, e coeficiente de determinação. No eixo x consta os valores das bacias de drenagem monitoradas em km<sup>2</sup>, e no eixo y a vazão média climatológica da estação de monitoramento do rio.

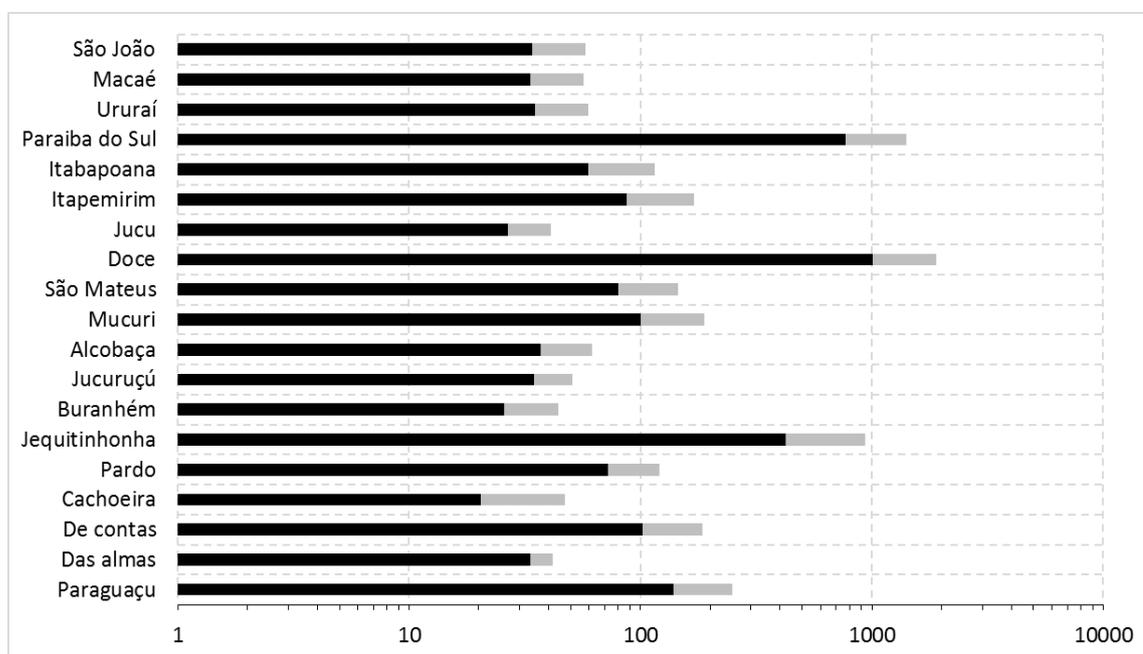
Tendo então as curvas regionais, foi possível calcular os valores do parâmetro de ajuste  $r(j)$  da equação 4, e fazer o cálculo de vazão na foz. A Tabela 3 apresenta os percentuais de contribuição da aproximação na vazão da foz em relação àquela do monitoramento, bem como sua respectiva área incremental. Pode-se notar que os maiores rios, como o Rio de contas, Paraguaçu, Pardo, Jequitinhonha e Doce possuíram incrementos de vazão maior que o de área. No entanto, estes mesmos rios possuem consideráveis área da bacia de drenagem monitoradas inseridas no clima semi-árido e sub-úmido, enquanto a parte não monitorada se localiza no clima super-úmido. Então, é de se esperar que eles possuam contribuição hídrica maior pela área não monitorada do que pela monitorada. Deve-se levar em conta também que isto pode ser efeito da metodologia, que ao utilizar de curvas exponenciais, acaba por aumentar o efeito do tamanho da bacia no potencial hídrico. Esta situação é prevista pela Eletrobrás (1985), ao estabelecer que rios de grande porte tendem a mudar suas características físicas e meteorológicas de montante para jusante. A escolha do método exponencial acabou por concordar com este padrão, aumentando o potencial hídrico não-linearmente a medida que se aumenta o tamanho da bacia e se engloba climas mais úmidos.

**Tabela 3.** Percentuais máximos e mínimos de contribuição da estimativa de vazão ( $m^3 s^{-1}$ ) na descarga final na foz.

<b>Rio</b>	<b>Máxima</b>	<b>Mínima</b>	<b>Área não Monitorada (%)</b>
<i>Paraguaçu</i>	68,9	28,8	16563 (30,4)
<i>Das almas</i>	0,5	0,0	232 (7,5)
<i>De contas</i>	8,8	0,8	2414 (4,3)
<i>Cachoeira</i>	2,7	0,1	308 (7,4)
<i>Pardo</i>	7,1	0,5	1766 (5,4)
<i>Jequitinhonha</i>	11,4	1,0	4610 (6,3)
<i>Buranhém</i>	5,7	1,4	840 (25,9)
<i>Jucurucú</i>	26,3	16,7	3660 (57)
<i>Alcobaça</i>	12,0	4,2	2302 (32,8)
<i>Mucuri</i>	3,5	0,3	1510 (9,3)
<i>São Mateus</i>	3,9	0,4	1428 (10,6)
<i>Doce</i>	11,0	2,3	7930 (8,8)
<i>Jucu</i>	6,7	2,4	947 (35,9)
<i>Itapemirim</i>	3,8	0,5	1328 (20,4)
<i>Itabapoana</i>	6,9	1,5	1696 (31,9)
<i>Paraíba do Sul</i>	7,7	1,7	8379 (13,1)

Finalmente, após avaliar os acréscimos de vazão, foi calculada a vazão na foz dos rios monitorados e não monitorados. Na Figura 8, nota-se que os rios Doce, Paraíba do Sul

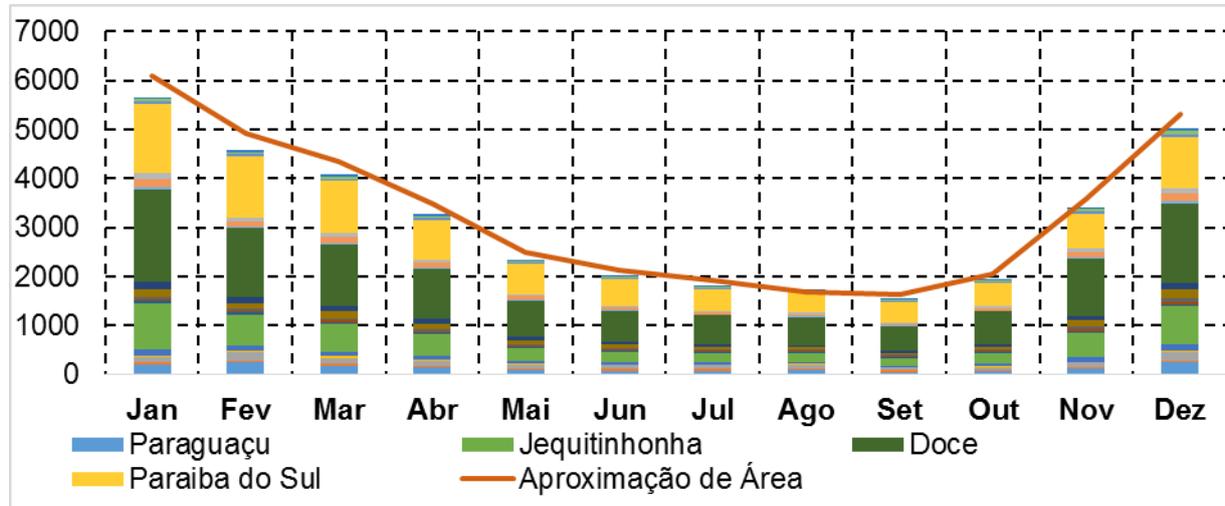
e Jequitinhonha contribuem com grande parte da vazão que chega na PCLB, com vazões médias anuais de respectivamente  $1009 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ,  $767 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  e  $424 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ . Os demais rios todos possuem vazão média anual menor que  $200 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ . Nos meses de cheia, o Rio Doce pode chegar a valores de até  $1894 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ . Juntos, os três maiores rios perfazem 70% da vazão fluvial que desagua na PCLB. Estes rios, aliados ao Paraguaçu, de Contas, Mucuri e Itapemirim perfazem 85% da vazão na região. A regionalização de vazões apontou entre os sete maiores o rio Paraguaçu, o que não foi visto anteriormente no estudo de Knoppers 1999, destacando ainda mais sua importância para a circulação local. No entanto deve-se levar em consideração que o rio Paraguaçu possui as maiores extrapolações de vazão e área pelo método de regionalização (aproximadamente 16 mil  $\text{km}^2$  pela tabela 3), denotando que isto pode ser consequência do método utilizado.



**Figura 8.** Vazão média anual e máxima mensal na foz para os rios da plataforma continental leste brasileira. A localização geográfica dos rios é apresentada na Figura 2.

A Figura 9 faz uma estimativa da climatologia de descarga na PCL. Nota-se que o padrão de cheias no verão e secas no inverno foi mantido, já que as curvas regionais e as climatologias dos principais rios apresentavam este padrão. O Mês com maior vazão encontrado pelo estudo foi o de Janeiro, tendo uma descarga de aproximadamente 5,6 mil  $\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$ , enquanto o mês de menor vazão apresentado foi Setembro, como  $1,5 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , ou seja, uma variação de mais de 300% na descarga do mês seco e chuvoso, evidenciando a forte sazonalidade da região, e reafirmando que é imprescindível levar em conta a variação da

descarga para trabalhos de modelagem costeira da região. Além disso, é possível notar que os rios de maior vazão determinam a sazonalidade da descarga na região.



**Figura 9.** Curva de vazão mensal na plataforma. No eixo x estão dispostos os meses, e no eixo y as descargas médias climatológicas em  $\text{m}^3 \text{s}^{-1}$  dos rios, com valores empilhados. A legenda mostra os rios com maior contribuição na descarga final. A Linha representa a climatologia levando-se em consideração somente a aproximação por área.

## 4 - DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

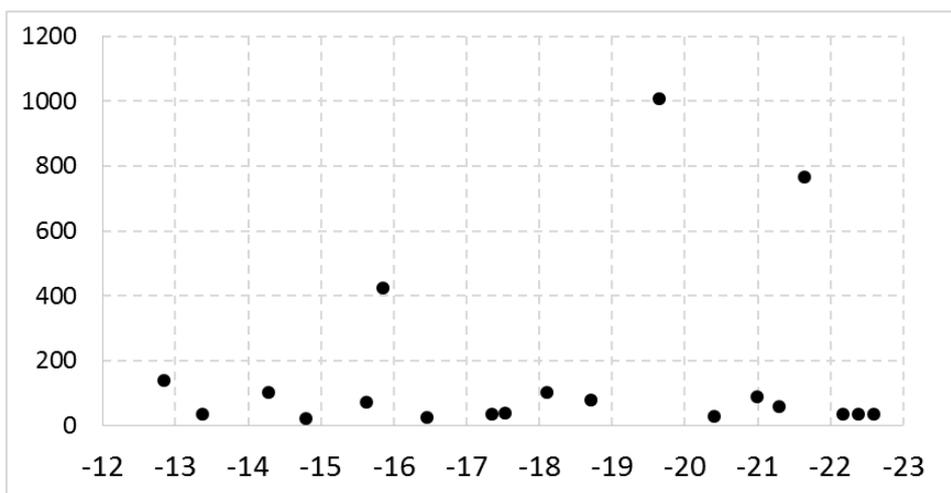
A vazão total que chega a PCLB foi de  $3122 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  e difere do valor de  $3600 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  divulgado por Knoppers em 1999, através da ANEEL. Isto pode sugerir a maior ação antrópica dos recursos hídricos no intuito de utilização urbana e industrial dos cursos d'água, ou regularização de vazões por barragens, como apontado anteriormente para área por Souza & Knoppers (2011). Apesar do valor de vazão média parecer pequeno se comparado com outras regiões do mundo, ele pode chegar a duplicar durante o período de cheias.

Ao se fazer a mesma estimativa através somente da proporção de áreas, conseguiu-se o valor de  $3311 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , o que também é maior do que o estimado pela regionalização. Outra forma de se ver esta diferença é analisar que enquanto pela aproximação de área a vazão estimada contribuiria em 13% para a descarga média na plataforma, na regionalização ela contribuiu com 8% na descarga na PCL. Pode-se entender então que a regionalização aponta a maior importância do clima semi-árido diminuindo a descarga na plataforma, mas deve-se lembrar que este resultado está sujeito aos coeficiente de determinação, e que portanto valores maiores de  $R^2$  são desejáveis a fim de se estabelecer

tal afirmativa. No entanto, a figura 9, demonstra que a aproximação por área obteve basicamente a mesma climatologia do que a regionalização, tendendo a aumentar ligeiramente os valores.

Os dados publicados por Dai & Tremberth (2002) apresentam valor médio de descarga para a plataforma na plataforma de  $3646 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , o que também é maior do que o obtido neste estudo. Porém, deve-se levar em consideração que o modelo utilizado para calcular o parâmetro de razão de vazões  $r(j)$ , utilizou-se somente de dados de temperatura e precipitação (Fekete et al 2000), descartando a ação antrópica na diminuição dos níveis de água doce a jusante. Também, 89% das estações utilizadas por Dai & Tremberth (2002) apresentavam final da série de dados em 1999. Portanto a estimativa por regionalização acaba por ser mais atualizada.

As descargas na plataforma foram calculadas, de forma que os rios e Paraguaçu Contas, Jequitinhonha, Mucuri, Doce, Paraíba do Sul foram os com maior descarga, sendo responsáveis por 85% da vazão total na plataforma continental Leste Brasileira (Figura 10). Estes são os mesmo rios que obtiveram maior vazão no estudo de Dai 2002, porém neste último estudo, eles foram responsáveis por somente 72% da vazão na plataforma. Os outros rios possuem vazão média menor que  $100 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ , e estão distribuídos a certa distância uns dos outros, excetuando pela faixa entre  $17^\circ \text{S}$  e  $18^\circ \text{S}$  onde a presença conjugada da foz dos rios Jucurucú e Alcobaça pode evidenciar um impacto maior na plataforma do que o predito pela descarga individual de cada rio.



**Figura 10.** Vazão média anual em  $\text{m}^3 \text{ s}^{-1}$ , ao longo da latitude da plataforma continental leste brasileira..

Além disso, na figura 8 consta os três rios sem monitoramento mas com vazões estimadas pela curva regional: Rio Uruaí, Macaé e São João. Juntos eles contribuem com  $102 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$  a mais na vazão estimada na plataforma, sendo que eles não constam em nenhum dos estudos anteriores (Dai and Tremberth 2000, Dai et al 2009, Souza e Knoppers 2003). Vale, no entanto, lembrar que estes três estão localizados abaixo do limite de  $22^\circ \text{ S}$ , mas que devido à proximidade dos limites da plataforma, escolheu-se adicionar eles a base de dados.

## 5 - CONCLUSÃO

Foi utilizado o método de regionalização de dados para adequação de medidas de vazões para a foz dos rios da PCLB. Dezesesseis rios monitorados, com vazões climatológicas relevantes para a região foram identificados. Para estes rios foi aplicada o método clássico de regionalização, utilizando-se como variável independente a área de drenagem monitorada, e como variável modelada a vazão na foz. A área da bacia de drenagem foi capaz de explicar até 83% da variação nas médias de longo termo, 74% da variação das máximas na parte norte da Plataforma, e 94% da parte sul da plataforma.

O estudo apontou uma importância maior do rio Paraguaçu, comparando-se com estudos anteriores (Knoppers *et al* 1999, Souza & Knoppers 2011). No entanto, para se estabelecer isto com mais confiabilidade, é necessário obter valores de coeficientes de determinação maiores. Uma sugestão é utilizar em estudos futuros além do tamanho da bacia, dados de precipitação e evaporação como variáveis independentes, a fim refinar os resultados quantitativos.

O método conseguiu estimar a descarga para a plataforma, concordando com estudos anteriores. O fato do resultado da vazão final na plataforma ter sido menor que os encontrados anteriormente levanta duas questões principais.

- 1- O cálculo de descargas na plataforma com dados mais recentes, e não derivados de modelos de balanço hídrico, acaba por refletir mais intensamente as condições de utilização antrópica intensa da bacia hidrográfica das últimas décadas, apontando para uma possível diminuição na vazão total para a plataforma.

2- O método tendeu a diminuir a relação entre o tamanho da bacia hidrográfica e o potencial hídrico para a região, o que pode tanto ser consequência da forte presença do clima semi-árido, como também dos valores de  $R^2$  e curvas adotadas.

Além disso, a possibilidade de se estimar a sazonalidade da descarga de bacias não monitoradas, com base nas características hídricas da região, é um grande avanço apresentado por este método, e que pode vir a ser útil em regiões com grande quantidade de rios não monitorados. Isto resulta portanto em uma melhor cobertura da área de drenagem, em relação ao simples cálculo de descarga na foz de rios monitorados. Apesar de não ser possível afirmar se a regionalização resultou em melhor ou pior cobertura da área com relação a métodos anteriores, entende-se que o método utilizado reflete melhor as descargas reais na plataforma, por incorporar melhor influência antrópica nos cursos d'água.

Com relação ao detalhamento da área de estudo, o método traz uma análise mais pontual da descarga de cada bacia hidrográfica, o que se torna um benefício para trabalhos de modelagem costeiras com pequenas áreas de estudo. Porém, em termos de estudos com grades maiores, a retirada de rios com vazão máxima menor que  $30 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$  pode vir a ter um impacto significativo, devido ao somatório das descargas individuais destes menores cursos d'água. Apesar disto os resultados encontrados foram muito similares aos de estudos anteriormente publicados (Dai & Tremberth 2000, Souza e Knoppers 2003).

Relativo a análise dos ciclos interanuais, as vazões dos rios pareceram ter comportamento não ligado ao de oscilações de TSM. Excetuando o rio Doce: Este pareceu ter anomalias positivas e vazão quando os índices de NINO3.4 e PDO são positivos. No entanto para estudos futuros recomenda-se utilizar cálculo de correlação para melhor entendimento da dinâmica.

Deve-se salientar no entanto que a obtenção de valores de coeficiente de determinação maiores é uma limitação do método atual utilizando-se somente a área de drenagem. Para estudos posteriores recomenda-se utilizar uma maior quantidade de variáveis explicativas, a fim de se obter melhores valores de  $R^2$ , e maior confiabilidade nas estimativas.

## 6 - REFERÊNCIAS

ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica (1998). Disponível em: <http://www.aneel.gov.br>. Acessado em 17/11/2014

ALMEIDA MG, REZENDE CE & SOUZA CMM. 2007. Variação temporal, transporte e partição de Hg e carbono orgânico nas frações particulada e dissolvida da coluna d'água da Bacia Inferior do rio Paraíba do Sul, RJ, Brasil. *Geochimica Brasiliensis*, 21(1): 111-129.

AMORIM, E.L.C.; NETTO, A.P.O.; MENDIONDO, E.M. 2005. Estudo de métodos para regionalização de vazão. em Anais do: XVI Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos-ABRH. São Paulo-SP, 2005.

BAHIA. 2004. Secretaria de Meio Ambiente e Recursos Hídricos da Bahia (SEMARH). Plano Estadual de Recursos Hídricos do Estado da Bahia. Salvador: [s.n.].

BAUMGARTNER A & REICHEL E. 1975. *The World Water Balance*. Elsevier, 179 pp.

BERNINI E & REZENDE CE. 2004. Estrutura da vegetação em florestas de mangue do estuário do rio Paraíba do Sul, Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Acta Botanica Brasilica*, 18(3): 491-502.

CASTIGLIONI, I. F., 2013. Análise regional de vazões para a bacia Hidrográfica do rio Itapemirim. Universidade Federal do Espírito Santo

COYNEL A, SEYLER P, ETCHEBER H, MEYBECK M & ORANGE D. 2005. Spatial and seasonal dynamics of total suspended sediment and organic carbon species in the Congo River. *Global Biogeochemical Cycles*, 19, GB4019: doi:10.1029/2004GB002335.

CPRM 2001. Regionalização de vazões médias da bacia costeira do nordeste .CPRM/ANEEL.

CUPOLILLO, F. 2008. Diagnóstico Hidroclimatológico da Bacia do Rio Doce. 2008 , Tese (Doutorado em Geografia)–Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte.

DAI A & TRENBERTH KE. 2002. Estimates of freshwater discharge from continents: Latitudinal and seasonal variations. *Journal of hydrometeorology*, 3(6): 660-687.

DAI A, QIAN TT, TRENBERTH KE & MILLIMAN JD. 2009. Changes in Continental Freshwater Discharge from 1948 to 2004. *Journal of Climate*, 22(10): 2773-2792.

DORTCH Q & WHITLEDGE TE. 1992. Does nitrogen or silicon limit phytoplankton production in the Mississippi River plume and nearby regions? *Continental Shelf Research*, 12(11): 1293-1309.

EISMA D & VAN BENNEKOM AJ. 1978. The Zaire river and estuary and the Zaire outflow in the Atlantic Ocean. *Netherlands Journal of Sea Research*, 12(3): 255-272.

SA, ELETROBRÁS–Centrais Elétricas Brasileiras. "Metodologia para regionalização de vazões." Brasília: ELETROBRAS (1985).

FEKETE, B. M., C. J. VOROSMARTY, AND W. GRABS, 2000: Global composite runoff fields based on observed river discharge and simulated water balances. *Global Runoff Data Centre Report* . 22, 39 pp.

GENZ F. 2006. Avaliação dos efeitos da barragem Pedra do Cavalo sobre a circulação estuarina do rio Paraguaçu e Baía de Iguape. Tese de Doutorado, Curso de Pós-Graduação em Geologia da Universidade Federal da Bahia, Brasil, 245 pp.

GRIMM, A. M. (2003). The El Niño impact on the summer monsoon in Brazil: regional processes versus remote influences. *Journal of Climate*, 16(2), 263-280.

HIDROWEB 2014. Sistema de Informações Hidrológicas, mantido pela Agência Nacional de Águas (ANA). <http://hidroweb.ana.gov.br>

IBGE 2013. Mapa com os climas encontrados no Brasil. Acesso: 16 de Novembro de 2014. Disponível em: <http://www.arcgis.com/home/webmap/viewer.html?useExisting=1>

KAYANO, M. T., & ANDREOLI, R. V. (2007). Relations of South American summer rainfall interannual variations with the Pacific Decadal Oscillation. *International Journal of Climatology*, 27(4), 531-540.

KENNARD, M.J., MACKAY, S.J., PUSEY, B.J., OLDEN, J.D. & MARSH, N. Quantifying uncertainty in estimation of hydrologic metrics for ecohydrological studies. *River Research and Applications*, v, 26, pp. 137–156, 2010.

KNOPPERS B, EKAU W, FIGUEIREDO AG. 1999. The coast and shelf of east and northeast Brazil and material transport. *Geo-Marine Letters*, 19: 171-178.

LACERDA, L. D., DE ARAUJO, D. S. D., & MACIEL, N. C. 1993. Dry coastal ecosystems of the tropical Brazilian coast. *Ecosystems of the World*, 477-477.

LEÃO Z. M. A. N. 1996. The coral reefs of Bahia : Morphology, destruction and the major environmental impacts. *Anais Academia Brasileira de Ciências* 68(3):439±452

LEMOS, A. F 2006. Avaliação de metodologias de regionalização de vazões mínimas de referência para a bacia do rio São Francisco, à montante do reservatório de Três Marias. 2006. 142 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) –Universidade Federal de Viçosa, Viçosa.

MARENGO, J. A., & ALVES, L. M. 2005. Tendências hidrológicas da bacia do rio Paraíba do Sul. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 20(2), 215-226.

MEDEIROS PRP, KNOPPERS BA, DOS SANTOS JUNIOR RC & DE SOUZA WFL. 2007. Aporte Fluvial e Dispersão de Matéria Particulada em Suspensão na Zona Costeira do Rio São Francisco (SE/AL). *Geochimica Brasiliensis*, 2: 209-228.

MELLO, C. D., VIOLA, M. R., CURI, N., & SILVA, A. D. 2012. Distribuição espacial da precipitação e da erosividade da chuva mensal e anual no Estado do Espírito Santo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 36(6), 1878-1891.

MIRANDA, L. D., CASTRO, B. D., & KJERFVE, B. 2002. Princípios de oceanografia física de estuários. *São Paulo: EDUSP*.

MORAES BC. 2013. Avaliação do uso de imagem e sensor MODIS no estudo da pluma de sedimentos do rio Amazonas. Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Engenharia Oceânica, COPPE, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil, 84 pp.

NOAA, NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION 2014. Climate indices: Monthly Atmospheric and Ocean Time Series. Earth System Research Laboratory. Disponível em: <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/climateindices/list/>

NOBRE, P., & MELO, A. D. (2001). Variabilidade Climática intra-sazonal sobre o Nordeste do Brasil em 1998-2000. *Revista Climanálise*.

OKI T. 1999. The global water cycle. In: Browning K & Gurney R (Eds). Global Energy and Water Cycles, Reino Unido, Cambridge University, 10-27 pp.

OLESON, K. W., and Coauthors, 2004: Technical description of the Community Land Model (CLM). NCAR Technical Note NCAR/ TN-4611STR, 186 pp.

PEREIRA, L. A. 2012. Regionalização de Vazões de Permanência aplicada na Região Hidrográfica do Uruguai utilizando o Programa SisCoRV. Trabalho de conclusão de curso de graduação em Engenharia Ambiental, Faculdade de Engenharia e Arquitetura, Universidade de Passo Fundo. Passo Fundo.

PERRY GD, DUFFY PB & MILLER NL. 1996. An extended data set of river discharges for validation of general circulation models. Journal of Geophysical Research, 101: 21339–21349.

PNRH 2006.1. Plano nacional de Recursos Hídricos, Caderno da bacia Hidrográfica do atlântico leste. Caderno da Região geográfica.

PNRH 2006.2. Plano nacional de Recursos Hídricos, Caderno da bacia Hidrográfica do atlântico Sudeste. Caderno da Região geográfica.

POWELL GL, MATSUMOTO J, & BROCK DA. 2002. Methods for Determining Minimum freshwater Inflow Needs of Texas Bays and Estuaries. Estuaries, 25 (6B): 1262-1274.

RABALAIS NN & TURNER RE. 2001. Hypoxia in the Northern Gulf of Mexico: Description, causes and change. In: RABALAIS NN & TURNER RE (Eds.). Coastal Hypoxia: Consequences for Living Resources and Ecosystems. Coastal and Estuarine Studies 58, American Geophysical Union, Washington, D.C. 1-36 pp.

REIS, J. A. T.; GUIMARÃES, M. A.; BARRETO NETO, A. A.; BRINGHENTI, J. 2008. Indicadores Regionais Aplicáveis à Avaliação do Regime de Vazão dos Cursos D'Água da Bacia Hidrográfica do Rio Itabapoana. Geociências, São Paulo, v. 27, n. 4, p. 509-516.

SALLES RP. 2010. A sedimentação no canal do Paraguaçu. Salvador, Bahia. Monografia de Conclusão do Curso de Oceanografia, Universidade Federal da Bahia, 43 pp..

SILVA JÚNIOR, O. B., BUENO, E. O., TUCCI, C. E. M., CASTRO, N. M. R. 2002. Extrapolação espacial na regionalização da vazão. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, v.8, n. 1. p. 21-37.

SILVA ACD, ARAUJO M & BOURLES B. 2005. Variação sazonal da estrutura de massas de água na plataforma continental do Amazonas e área oceânica adjacente. Revista Brasileira de Geofísica, 23 (2): 145-157.

SILVA JUNIOR, C. A. DA; REIS, J. A. T. DO; CAIADO, M. A. C. 2013. Análise regional de curvas de permanência de vazões para a bacia hidrográfica do rio Itapemirim (ES). XX simpósio brasileiro de recursos hídricos - 2013/ issn 2318-0358

SMOAK, J.M. & PATCHINEELAM, S.R. 1999. Sediment mixing and accumulation in amangrove ecosystem: Evidence from 210Pb, 234 Th and 7Be. Mangroves and Salt Marshes, 3, 17-27

SOUSA, H. T. 2009. Sistema computacional para Regionalização de Vazões. 86 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2009.

SOUZA WFL, DE MEDEIROS, PRP, BRANDINI N & KNOPPERS B. 2011. Impactos de barragens sobre os fluxos de materiais na interface continente-oceano. Revista Virtual de Química, 3(2): 116-128.

SOUZA, W. F. L., & KNOPPERS, B. 2011. Fluxos de água e sedimentos a costa leste do Brasil: relações entre a tipologia e as pressões antrópicas. Geochimica Brasiliensis, 17(1).

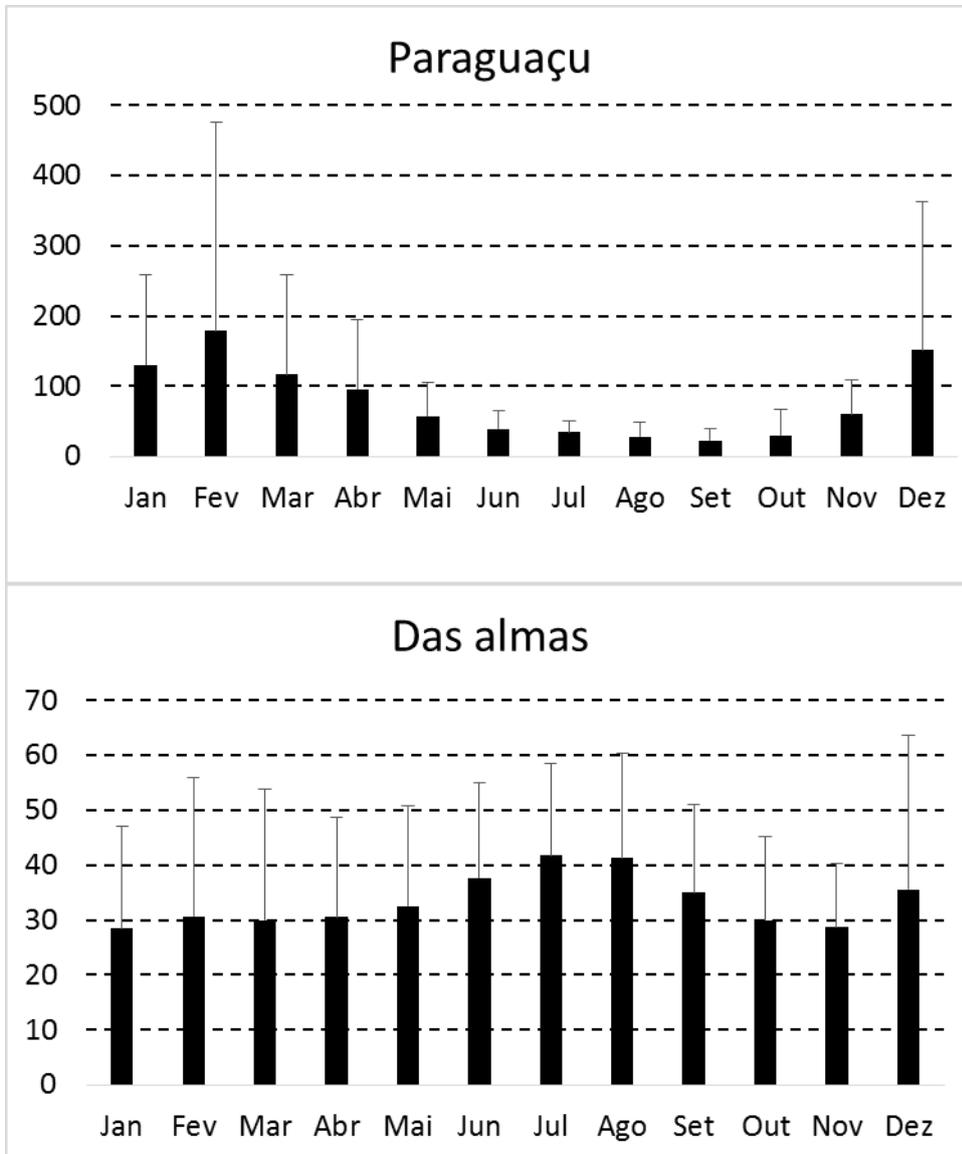
TUCCI, C. E. M., GODENFUM, J., BERTONI, J., LOVATEL, R., TROVISCAL, A., ALVES, C., ... & FROES, F. 1991. Regionalização de vazões do Rio Grande do Sul. Porto Alegre: Companhia Estadual de Energia Elétrica (CEEE)/Instituto de Pesquisas Hidráulicas/UFEGS.

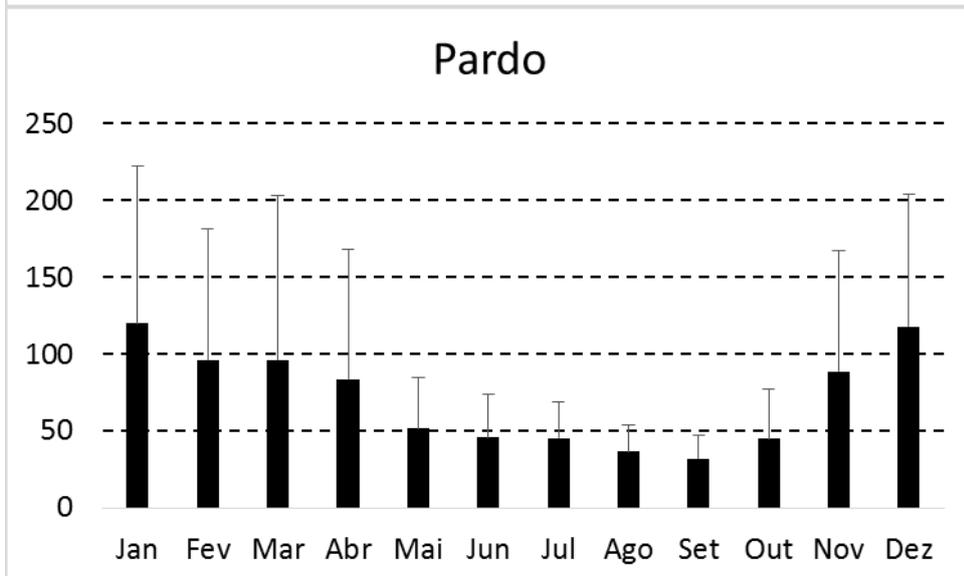
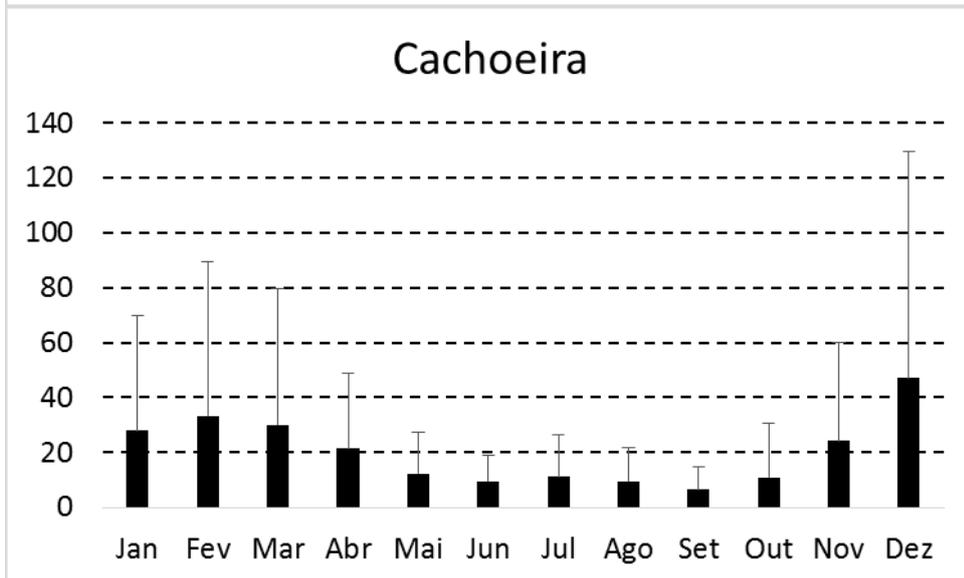
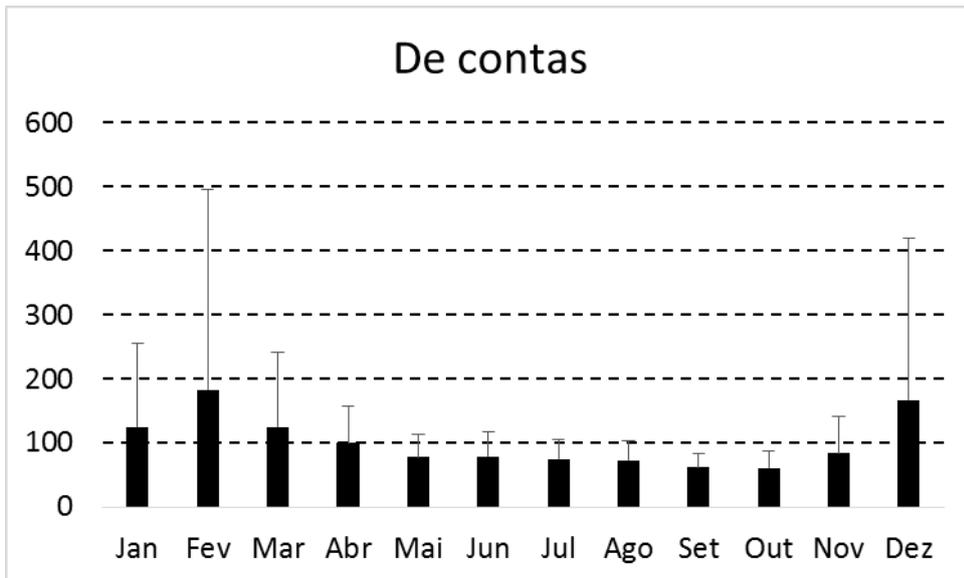
TUCCI, C. E. 2002. Regionalização de vazões. Editora da Universidade/UFRGS.

WALKER ND. 1996. Satellite assessment of Mississippi River plume variability: causes and predictability. Remote sensing of environment, 58(1): 21-35.

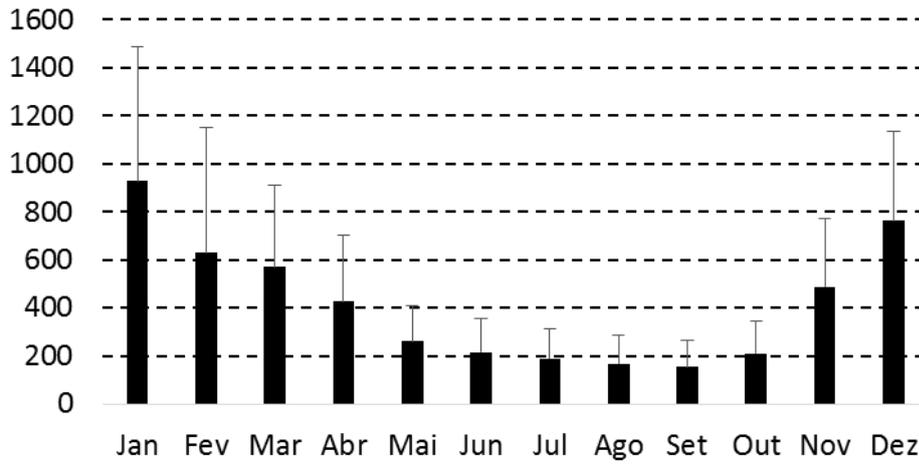
ZOFFOLI ML, KAMPEL M & FONSECA LMG. 2011. Caracterização da pluma de sedimentos do rio Doce (ES) utilizando dados TM-Landsat 5. Anais do XV Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto-SBSR, Curitiba, PR, Brasil, 30: 5025.

**ANEXO 1 – Climatologias de todos os rios monitorados da Plataforma continental Leste Brasileira**

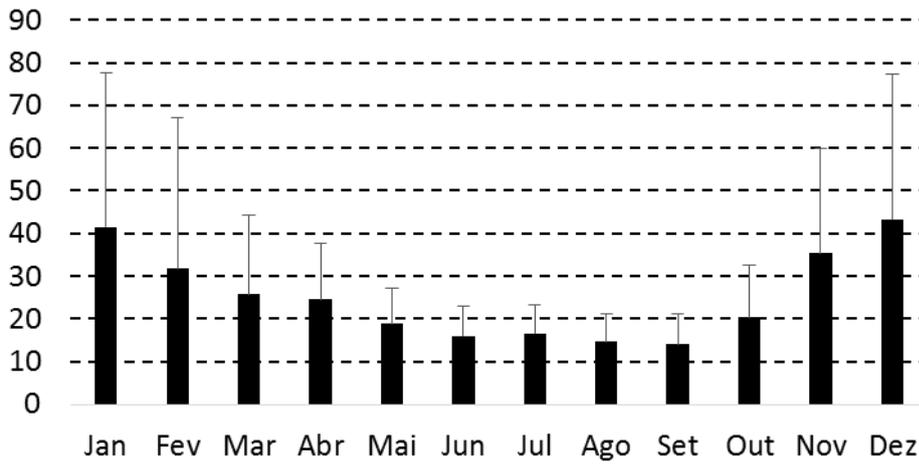




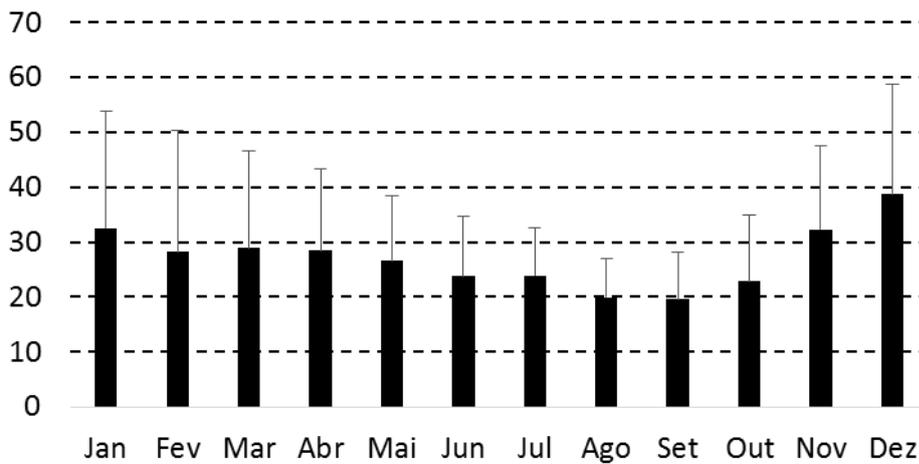
### Jequitinhonha

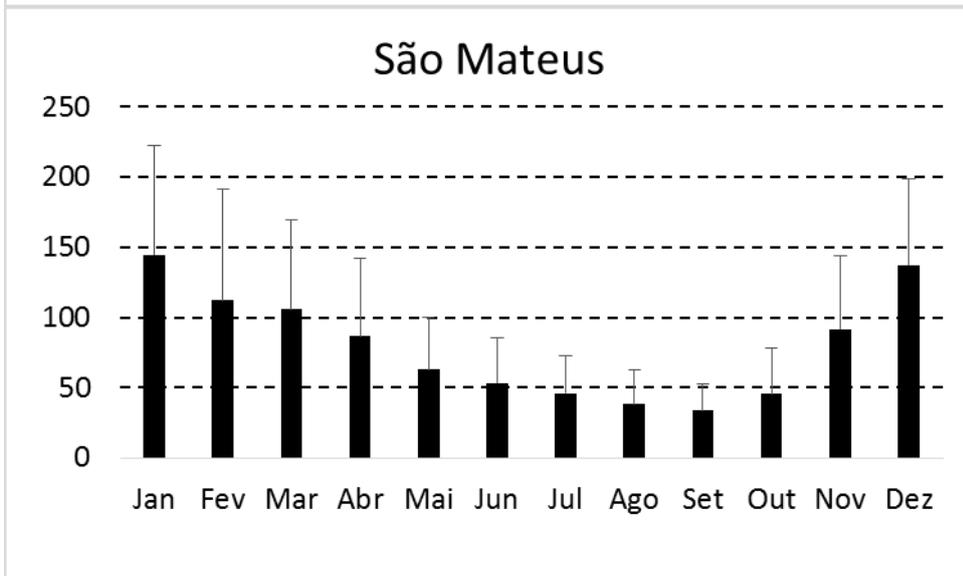
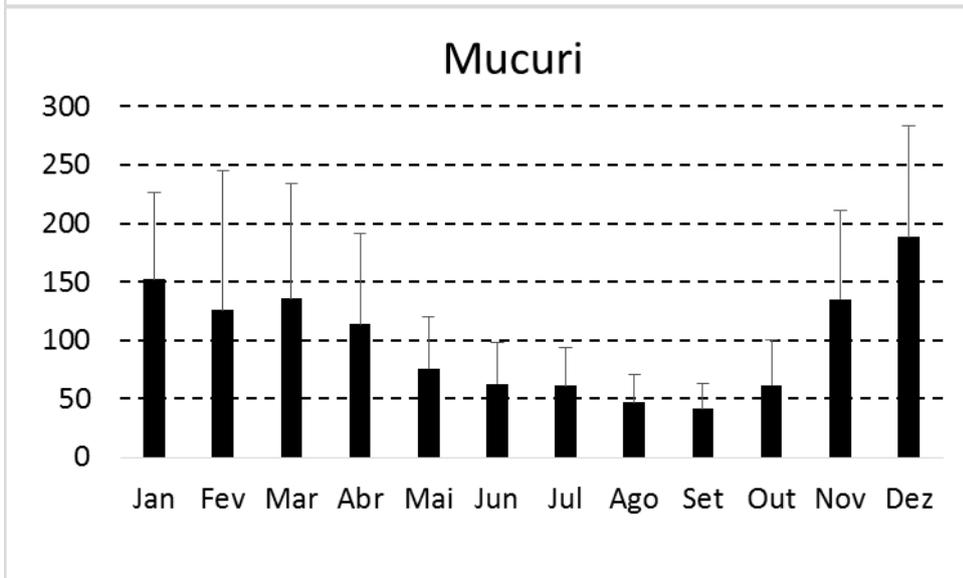
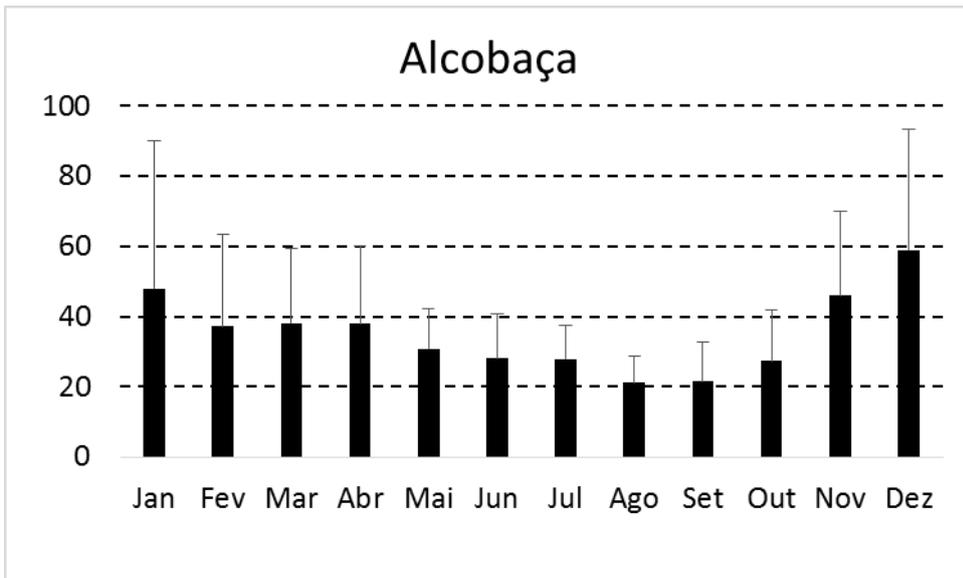


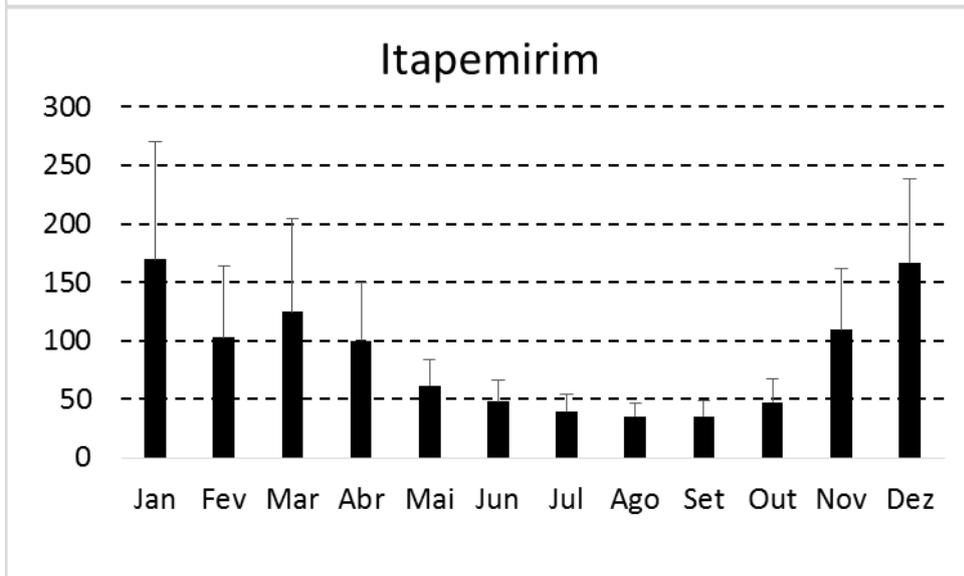
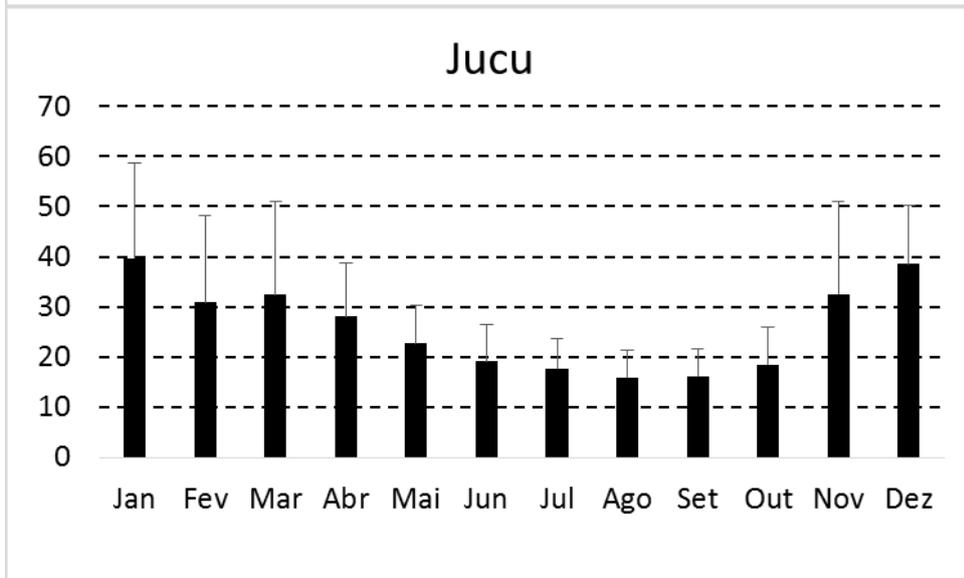
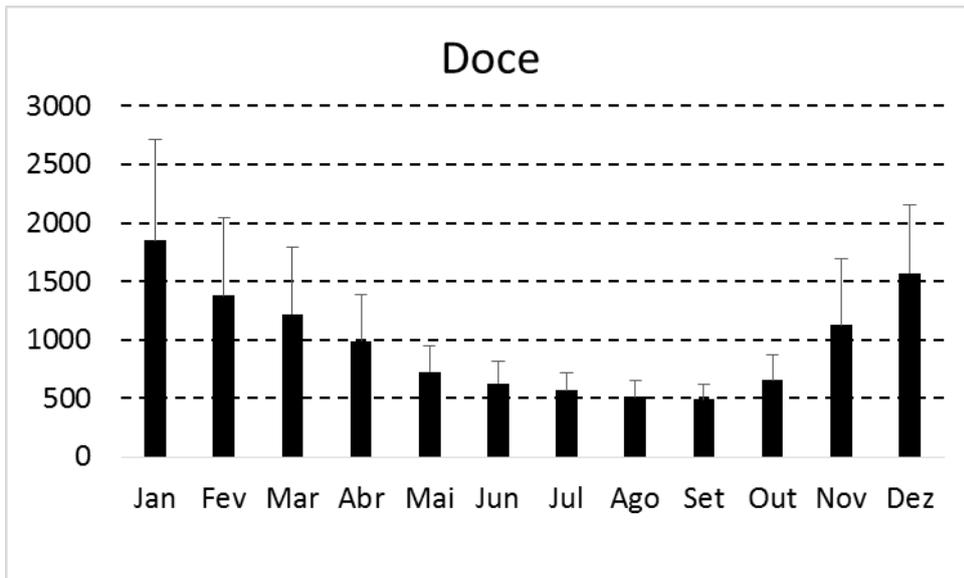
### Buranhém



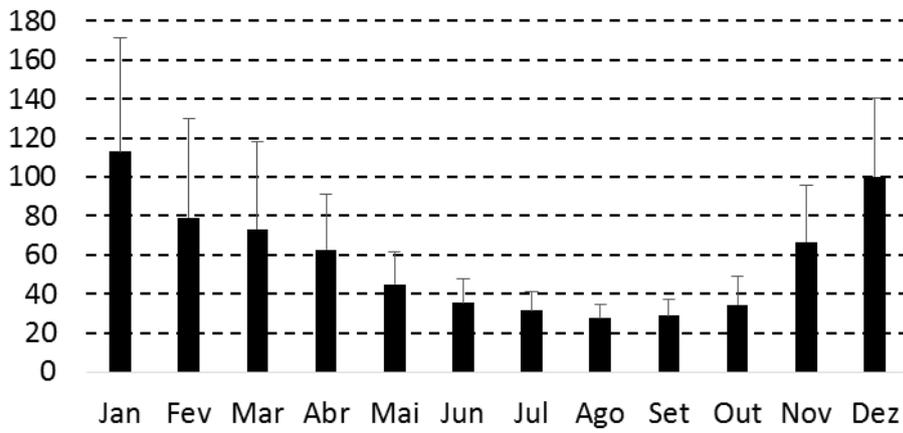
### Jucurucú



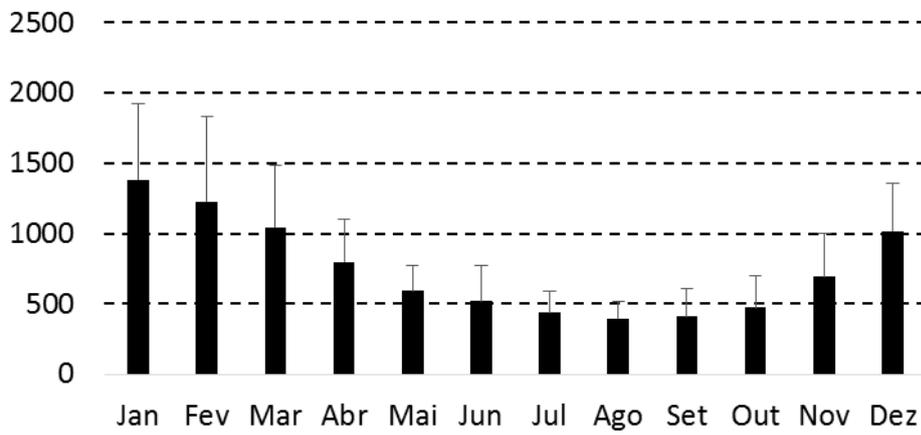




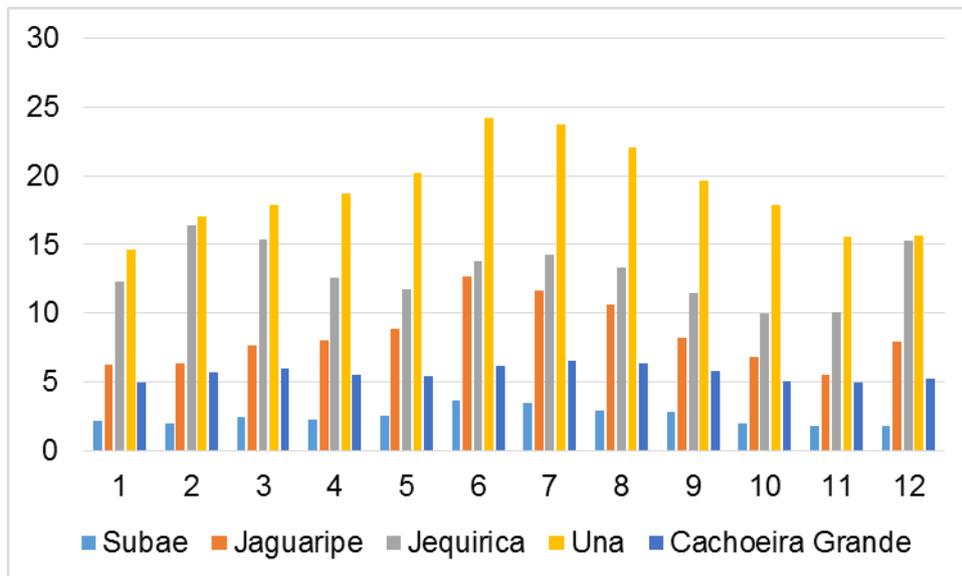
### Itabapoana



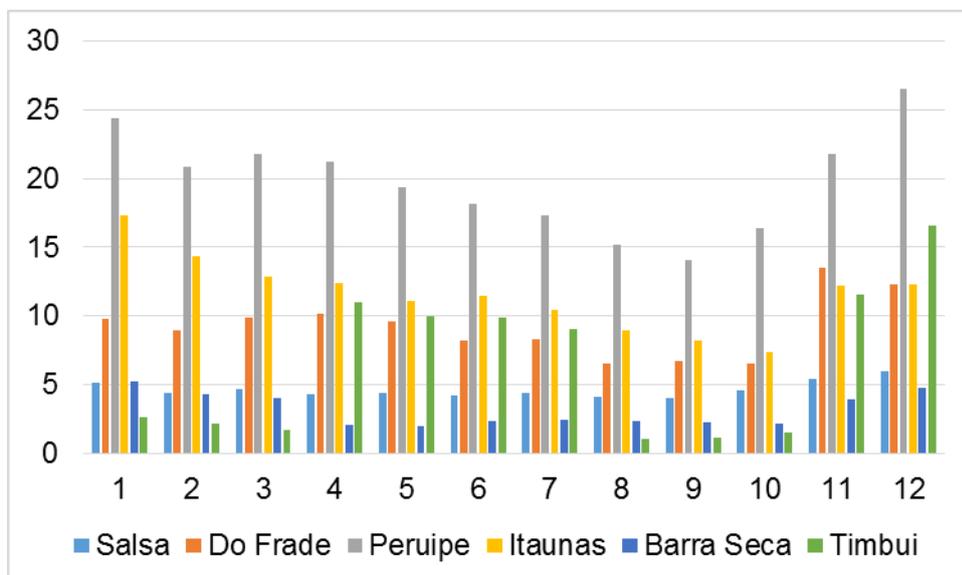
### Paraíba do Sul



**ANEXO 2 – Climatologias dos rios com vazão máxima menor que 30 m<sup>3</sup> s<sup>-1</sup> para a PCL.**



Climatologia dos rios com vazão máxima climatológica menor ou igual a 30 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>, localizados entre o Paraguaçu e de Contas.



Climatologia dos rios com vazão máxima climatológica menor ou igual a 30 m<sup>3</sup>s<sup>-1</sup>, localizados entre o Rio de Contas e o Paraíba do Sul.