

## **Estimativa de cota do Rio Alto Taquari utilizando NDVI e precipitação**

Rafael Galvan Barbosa Ferraz  
William Tse Horng Liu  
Edson Luis Santiami  
Moacir Ademilson Stumpf  
Laboratório De Geoprocessamento  
Universidade Católica Dom Bosco,  
Av. Tamandaré 6000, Campo Grande 79117-900-Ms  
e-mail: will@ucdb

### **Abstract**

This study is part of the research work dealing with the Upper Paraguay River Basin hydrological analysis and Pantanal floods and drought prediction. In this study, a river water level prediction model was constructed for the head water region of the upper Taquari river sub basin. The model was based on the river water level (RWL) as a function of rainfall and NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) obtained from linear regression approach. Monthly rainfall and RWL data of 1981 to 2000 provided by the ANA and monthly composite NDVI data of the same period provided by the NASA/GSFC were used. Data of 1981 to 1989 were used for model construction and 1995 to 2000 for model validation. The results show that the absolute mean error of 4,62% and 4,84% were obtained for simulated and validated data set respectively. It is concluded that the simple statistical model predicted quite well the RWL using rainfall and NDVI data.

Key Words: River water level, NDVI, statistical model, Taquari river, prediction, cota do rio, modelo estatístico, previsão, cheias.

### **1. Introdução**

O Pantanal tem a maior área úmida continental do mundo que coleta e drena a água da Bacia do Alto Paraguai (BAP). O Pantanal possui o mais diversificado patrimônio da humanidade, abriga inúmeros tipos de flora e fauna. O ciclo anual distinto de inundação fornece recursos naturais ricos para peixes e animais selvagens e este ciclo é economicamente importante para a região e mais recentemente tem-se desenvolvido o turismo ecológico. Os rendimentos dos peixes podem variar o seu ciclo de vida causado pela variação sazonal e anual do ciclo de inundação (Welcomme, 1985). Os animais podem ter dificuldade para encontrar refúgios secos durante anos de inundações mais severas (Mittermeier et al. 1990). Conseqüentemente a variação entre as inundações e as secas afeta peixes, animais selvagens e a pecuária da região. Nos últimos trinta anos, as atividades agrícolas na região, em especial, criação de gado nas áreas inundáveis aumentaram consideravelmente. O uso inadequado da terra em solos arenosos que ocorrem predominantemente parte superior da bacia vem causando erosão e acelerando sérias cargas de sedimento para a planície inundável nestes anos. Além da perda gradual das pastagens, imprevisíveis inundações resultam freqüentemente na séria perda do gado. Também, devido ao aumento recente do transporte no rio ocorre a erosão das ribanceiras em períodos de baixo do nível da água torna-se um agravo mais sério a cada ano.

A região da bacia do Rio Alto Taquari é uma das regiões da BAP com a degradação de solos mais graves devido às atividades agrícolas intensas e descontroladas. Recentemente, Liu e Ayres (2004) apresentaram um modelo de estimativa de cota em Ladário utilizando os dados mensais de NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) e precipitação (PCP) e NDVI da BAP para previsão de cota com 3 meses de antecedente. O erro médio absoluto em cerca de

20% é considerado aceitável nestes tipos de modelos estatísticos climatológicos. Este estudo é uma continuação da pesquisa de Liu e Ayres (2004) que tente de melhorar a acurácia de estimativa da cota da BAP. No primeiro passo, para evitar a influencia das águas drenadas pelas sub bacias da BAP, a região de planalto da sub Bacia do Rio do Alto Taquari (BRAT), esta região acima da bacia do município de Coxim não sofre a invasão de água das outras sub-bacias da BAP. Portanto esta região foi selecionada para avaliar a viabilidade do método desenvolvido: construção do modelo de estimativa de cota em função do NDVI e precipitação.

## **2. Metodologia**

### **Área de Estudo**

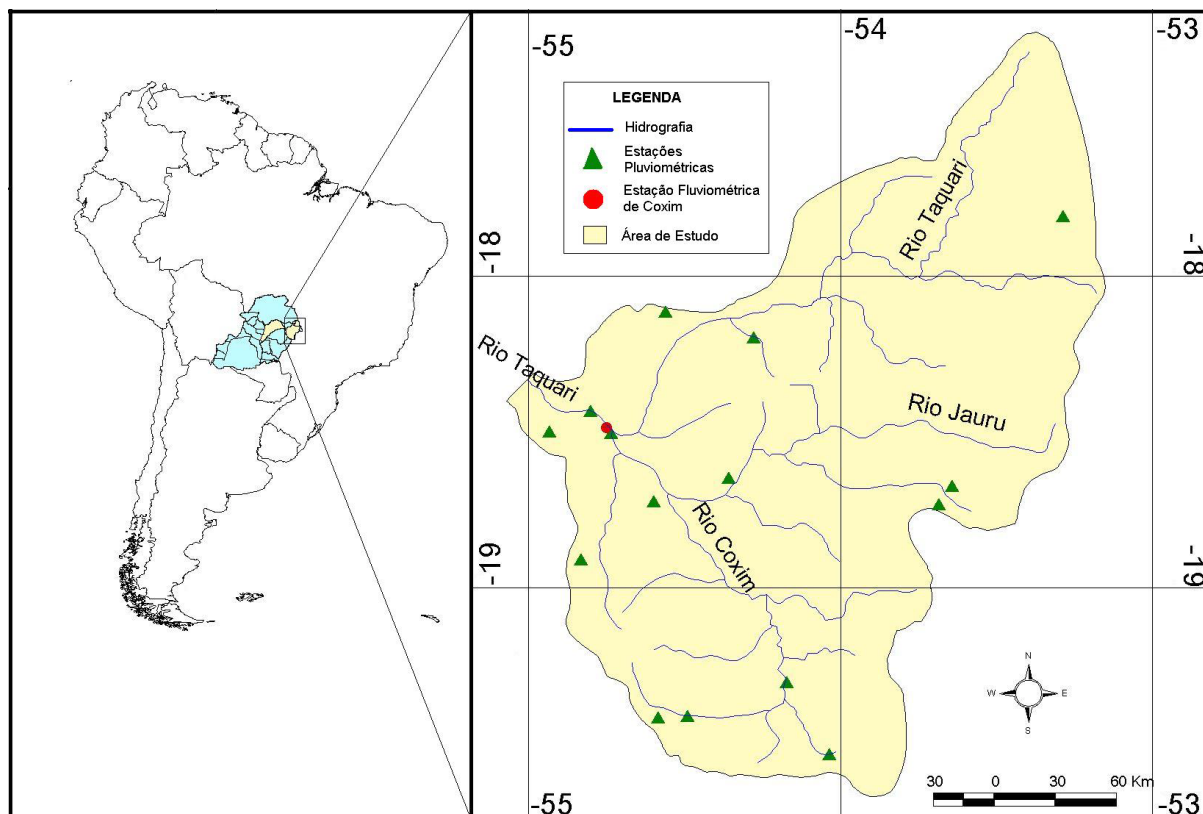
Para evitar a influencia das águas drenadas pelas sub bacias da BAP, a região de planalto da sub Bacia do Rio do Alto Taquari (BRAT) foi selecionada para construção do modelo de estimativa de cota em função do NDVI e precipitação. A **Figura 1** mostra a localidade e o limite da BRAT usado neste estudo. A BRAT está localizada a oeste do Chapadão onde predomina atividades agrícolas intensas.

### **Dados Utilizados**

Os dados mensais de cota da estação hidrometeorológica localizada no Município de Coxim fornecidos pela ANA (Agencia Nacional de Água) do período de 1981 a 2000 foram usados para construção e validação do modelo de estimativa de cota. Os dados mensais de PCP do mesmo período foram obtidos pelo valor médio da 15 estações pluviométricas monitoradas pela ANA. Os dados mensais (NDVI) do satélite NOAA NDVI GAC (Global Area Coverage) com uma resolução de 8 x 8 km da BRAT do período de agosto de outubro de 1981 a setembro de 2000, fornecidos por Goddard Space Flight Center/ National Aeronautic and Space Administration (GSFC/NASA) foram usados neste estudo. Os dados mensais de outubro de 1981 a setembro de 1989 foram usados para construção do modelo enquanto os dados de outubro de 1995 a setembro de 2000 foram usados para validação do modelo. **A Figura 1** mostra as localidades das estações hidrológicas e pluviométricas e a área da BRAT usada para obter os dados de NDVI.

### **Construção e Validação do Modelo**

Antes da construção do modelo, os dados hidrometeorológicos foram analisados para diagnosticar os tempos de atraso da resposta da cota a PCP e cota o NDVI. O modelo construído se utiliza os parâmetros de PCP e NDVI com os meses de altos valores de coeficiente de correlação entre COTA x PCP e COTA x NDVI. A técnica de regressão linear foi aplicada para a construção do modelo considerando cota como parâmetro dependente e NDVI e PCP como parâmetros independentes. Várias tentativas com diversas combinações dos diferentes meses de PCP e NDVI foram executadas para obter um modelo com os valores estatísticos mais adequados. Os erros absolutos de cada mês do período de 1995 a 2000 foram calculados para validação do desempenho do modelo de estimativa de cota.



**Figura 1** – Localização das estações pluviométricas e fluviométrica e o limite da área de estudo da Bacia do Rio Alto Taquari.

### 3. Resultados e Discussões

A equação (1) representa o modelo de estimativa da cota mensal da estação hidrológica de Coxim em função de NDVI e PCP. O modelo tem um valor de  $R^2$  de 0,765 com o erro médio absoluto de 4,62%.

$$COTA_t = 265,035 - 0,16336*NDVI_{t-1} + 0,07813*PCP_{t-2} + 0,27496*PCP_{t-1} \quad (1)$$

Onde:  $COTA_t$  = Cota do mês t (cm);  
 $NDVI_{t-1}$  = NDVI do mês t-1 (%)  
 $PCP_{t-2}$  = PCP do mês t-2 (mm)  
 $PCP_{t-1}$  = PCP do mês t-1 (mm)

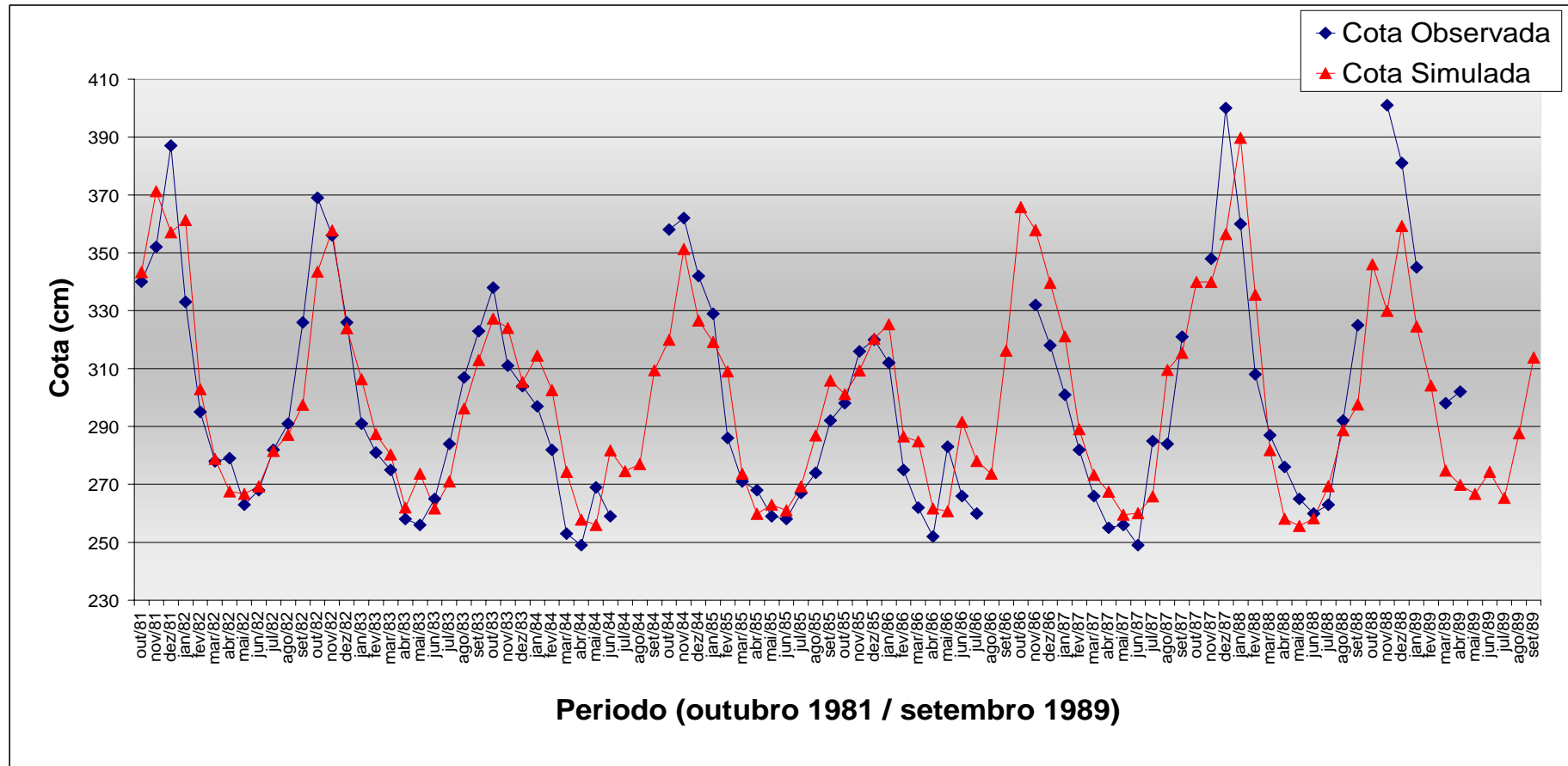
A **Figura 2** mostra os resultados da comparação entre os dados de COTA simulada (cm) e os dados de COTA observada (cm) do período de outubro de 1981 a setembro de 1989 na Estação Hidrológica de Coxim, MS. No período de 1981 a 1989, faltou 9 meses de dados de cota. Dentro de 87 meses comparados, somente 3 meses tiveram os erros acima de 10 %: outubro de 1984 com 10,6%, dezembro de 1987 com 10,9%, novembro de 1988 com 17,7% e abril de 1989 com 10,7%. Considerando este tipo de modelo estatístico climatológico, o modelo construído é bem estável.

A **Figura 3** mostra os resultados da comparação dos dados de COTA estimada (cm) e os dados da COTA observada (cm) do período de outubro de 1995 a setembro de 2000. Na validação do modelo, o erro médio absoluto foi de 12,8%. Devido a esta elevada percentagem de erro, foi observado que todos dados de cota estimada são menores que os dados de cota

observados. Isto não representa a realidade porque o modelo pode superestimar ou subestimar a cota observada, não totalmente subestimar a cota real. Suspeitamos que a mudança da localidade de medição de cota ou a aceleração dos sedimentos causada pela aceleração da erosão da BRAT pode resultar no rebaixamento do leito do rio. Ambos os casos alteram os dados de cota observados no período de 1995 a 2000. Portanto, os dados de PCP, NDVI, COTA e Vazão do período de 1981 a 1989 foram comparados com os dados do período de 1995 a 2000. A **Tabela 1** mostra o resultado da comparação. Nesta tabela, observamos que PCP e NDVI quase não mudaram entre dois períodos. A cota aumentou 15,8% e a Vazão diminuiu 11% do 1981/1989 ao 1995/2000. Isto contestou que o aumento das leituras da cota na estação de Coxim é devido a rebaixamento do leito do rio causado pelo aumento dos sedimentos no rio. Portanto, os dados de estimativa de cota pelo modelo do período de 1995 a 2000 foi multiplicados com um fator de 1,158. Após a correção, os resultados da validação do modelo no período de 1995 a 2000 mostraram que o erro médio absoluto de 4,84 foi obtido que é bem próximo do erro obtido na simulação do modelo (4,62%). Portanto, o modelo desenvolvido foi considerado estável com boa acurácia na estimativa da cota do Rio Alto Taquari.

#### **4. Conclusão e Sugestão**

O modelo de estimativa de cota do Rio Alto Taquari monitorado na estação hidrológica de Coxim com o erro médio absoluto de 4,62% na simulação e 4,84% na validação foi considerado como um modelo estável com boa acurácia. Concluindo-se o método estatístico de estimativa da cota em função de PCP e NDVI é viável para previsão da cota do rio e pode ser aplicado para previsão de cheias utilizando a informação da correlação entre área inundada e cota. No estudo próximo, os modelos das outras sub bacias que compõem a Bacia do Rio Alto Paraguai serão construídos e os pesos da contribuição de cada sub-bacias serão determinados para obter a previsão do avanço das cheias no Pantanal.



**Figura 2 – Comparação dos dados da COTA simulada (cm) e os dados da COTA observada (cm) na Estação Hidrológica de Coxim - MS.**

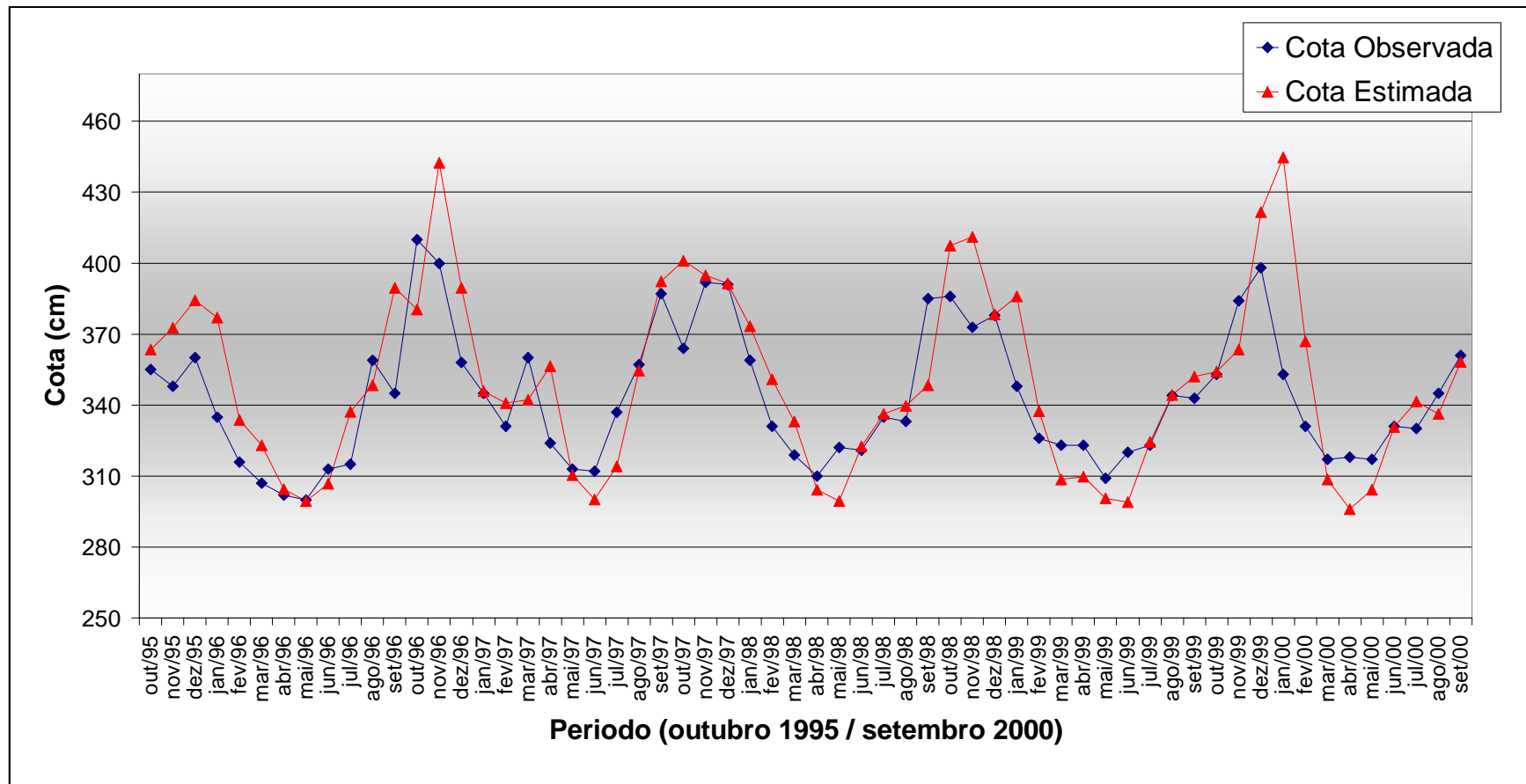


Figura 3 – Comparação dos dados da COTA estimada (cm) e os dados da COTA observada (cm) na Estação Hidrológica de Coxim, MS.

**Tabela 1** – Comparação dos médios dos dados mensais de Precipitação (PCP), NDVI, Cota e Vazão do período de outubro de 1981 a setembro de 1989 com os dados do período de outubro de 1995 a setembro de 2000 da estação hidrológica de Coxim, MS.

<b>Período</b>	<b>PCP (9mm)</b>	<b>NDVI (5%)</b>	<b>Cota (cm)</b>	<b>Vazão (m<sup>3</sup>/s)</b>
1981-1989	121,60	55,06	293,58	384,41
1995-2000	128,05	55,67	340,07	343,35
Razão (1981-1989)/(1995-2000)	1,05	1,01	1,158	0,89

## 5. Referências Bibliográficas

Hamilton, S.K., Sippel, S. J. and Melack J. MI inundation patterns in the Pantanal wetland of South America determined from passive microwave remote sensing. **Archeological Hydrobiology** , 1996, v.137: 1-23

Klammer, G. K. B. Die Paläowüste des Pantanal von Mato Grosso und die Pleistozäne Kimageschichte der brasilianischen Randtropen. Z. **Geomorphologie**. 1982, v.26: 393-416.

Liu W.T. e Ayres F. M., Upper Paraguay river inundation prediction using rainfall and NDVI, **International Journal of Remote Sensing**, 2004. (Accepted)

Mittermeier, R.A., Camara I.G., Padua M.T.J., and Blanck J. Conservation in the Pantanal of Brazil. , 1990. **Oryx** v.24: p. 103-112.

Welcomme, R.L. River fisheries.-Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy: **FAO Fisheries Technical Paper** 1995, N° 262, p. 51-76.