

PROPOSTA DE DELINEAMENTO AMOSTRAL PARA LEVANTAMENTO DE MEDIDAS DE VARIÁVEIS LIMNOLÓGICAS E DE DADOS ESPECTRORRADIOMÉTRICOS EM PLANÍCIE DE INUNDAÇÃO

TIAGO MATSUO SAMIZAVA
NILTON NOBUHIRO IMAI
LUIZ HENRIQUE DA SILVA ROTTA
MONIQUE SACARDO FERREIRA
MARIA DE LOURDES TRINDADE GALO
RENATA RIBEIRO ARAUJO ROCHA
REJANE ENNES

Universidade Estadual Paulista - Unesp
Faculdade de Ciências e Tecnologia – FCT
Programa de Pós-Graduação em Ciências Cartográficas
tiagosamizava@yahoo.com.br, nnimai@fct.unesp.br

RESUMO – Muitas vezes, o conjunto amostral de parâmetros de qualidade da água coletado *in situ* é insuficiente ou inadequado para representar espacialmente o fenômeno de estudo, devido ao alto custo financeiro e operacional. Nesse sentido, este trabalho tenta contribuir metodologicamente para delineamento amostral de propriedades físico-químicas e dados espectrais da água em ambientes de planície de inundação (lagoas e rios). A abordagem foi baseada em análise de agrupamentos em dados limnológicos coletados por Rocha (2003) e imagens multiespectrais do sensor TM/Landsat. Busca-se, dessa forma, obter um número de amostras que representem a variabilidade dos constituintes presentes na água e, principalmente, a sua distribuição no espaço. Dessa forma, verificou-se que a análise por agrupamentos possibilitou selecionar localizações que apresentem observações mais heterogêneas; e através das imagens multiespectrais pôde-se gerar regiões espectralmente homogêneas que possibilitou a aplicação de uma amostragem aleatória estratificada.

ABSTRACT - Sometimes, the samples of water parameters collected in situ is insufficient or inadequate for spatially represent the phenomenon of study, because of the high budget and operational cost. In that sense, this paper attempts to contribute methodologically to sample design of water physical-chemical parameters and spectral data in the floodplain areas (lakes and rivers). The approach was based on analysis of clusters on limnological data collected by Rocha (2003) and images multi-spectral TM / Landsat. So, attempt to obtain a number of samples that representing the variability of the water constituents, especially their distribution in space. Thus, it was found that the analysis by clusters allowed select locations that are more heterogeneous and using multi-spectral images could generate homogeneous regions that enabled the implementation of a stratified random sampling.

1 INTRODUÇÃO

Os grandes sistemas fluviais de planície de inundação comportam um complexo sistema de lagos, conectados ou não ao canal principal, e sustentam grande biodiversidade de espécies animais e vegetais.

Esses sistemas rio-planície de inundação, segundo Sparks (1995), são controlados pela dinâmica hidrológica dos rios. O principal controlador dessa dinâmica está associado aos pulsos de inundação (JUNK; BAYLEY e SPARKS, 1989), que é o extravasamento das águas do rio para a planície fluvial. Esse processo resulta em intensas interações físico-químicas da água com o ambiente, que

influenciam na adaptação da biota e produzem comunidades com estruturas características.

Nesse contexto, é importante conhecer a concentração e a distribuição espacial de constituintes orgânicos e inorgânicos presentes na água, que possibilita entender o grau de conectividade ecológica entre os diversos ambientes de lagoas e rios.

Nesse sentido, os sensores remotos acoplados em plataformas orbitais ou aéreas permitem captar medidas de algumas propriedades ópticas de constituintes da água, como materiais em suspensão, clorofila e carbono orgânico dissolvido. Entretanto, medidas *in situ* das variáveis físico-químicas da água são necessárias para calibração dos modelos empíricos entre as imagens de

sensoriamento remoto e os constituintes presentes na água.

A amostragem das variáveis limnológicas in situ pressupõe um conjunto de observações mínimas para a análise de correlações com dados espectrais distribuídos no espaço. Contudo, nem sempre o número de observações é suficiente para esse tipo de abordagem.

Segundo Pereira et al. (2007), cada tipo de fenômeno no espaço, para cada localização geográfica, apresenta uma escala de variabilidade diferente. Dessa forma, o tamanho da amostra, o número de elementos amostrais e o esquema de amostragem devem ser adequados ao tipo de fenômeno analisado.

Nesse contexto, o objetivo desse trabalho é propor um esquema de delineamento amostral para coleta de medidas de variáveis limnológicas e dados espectrorradiométricos na planície de inundação do alto rio Paraná considerando um número adequado de elementos amostrais e a representatividade espacial. A abordagem de delineamento adotada foi baseada em dados espectrais das imagens do sensor TM/Landsat do ano de 2007 e em dados de variáveis limnológicas coletadas por Rocha (2003), visando selecionar observações em localizações cujos constituintes apresentem alta variabilidade.

A área de estudos está localizada no curso médio do rio Paraná (Figura 1), entre os estados de Mato Grosso do Sul e São Paulo, especificamente na foz do rio Paranapanema e Invinheima. A dinâmica hidrológica dessa área vem sendo influenciada diretamente pela construção de um conjunto de barragens hidroelétricas a montante, que têm reduzido os pulsos de inundação na planície fluvial.

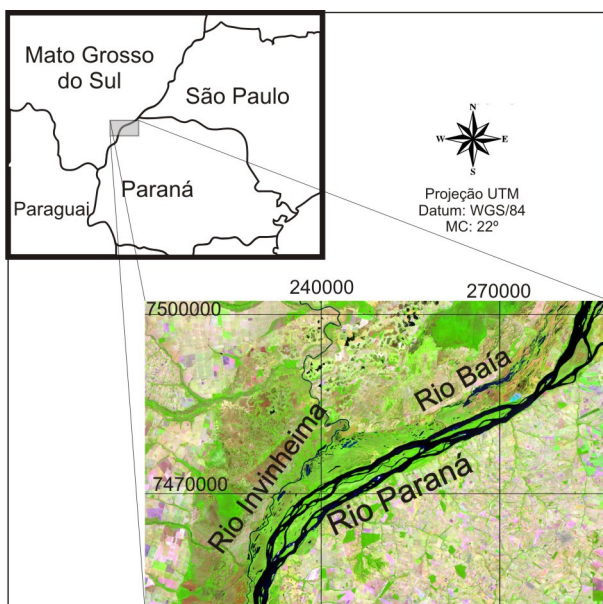


Figura 1 – Localização da área de estudos

Convém mencionar que o delineamento amostral apresentado será realizado no contexto de um projeto CT-Hidro CNPq e do projeto PROCAD/CAPES entre os

Programas de Pós-graduação em Ciências Cartográficas – FCT/UNESP, Sensoriamento Remoto – INPE e Geografia – UFSM.

2 MATERIAL E MÉTODO

A seguir são apresentados os materiais e a metodologia utilizada para elaboração do delineamento amostral.

2.1 Materiais

- Foram utilizadas imagens TM/Landsat de junho de 2006 e de julho de 2007;
- Imagens Geocover 2000;
- Medidas de variáveis limnológicas, coletadas em agosto de 2000 por Rocha (2003).

2.2 Metodologia

Na Figura 2, é apresentado o fluxograma que resume a proposta de delineamento amostral definido nesse trabalho.

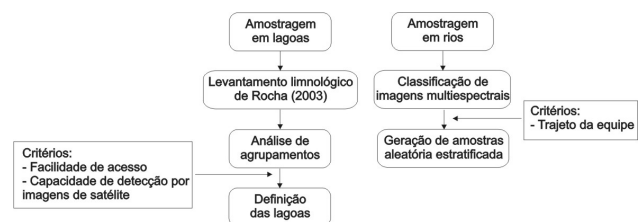


Figura 2 – Fluxograma da proposta de delineamento amostral na planície do alto rio Paraná.

De maneira geral será realizada uma análise de agrupamentos sobre dados limnológicos coletados por Rocha (2003) para definição das lagoas a serem amostradas. Em relação aos rios, será utilizada uma abordagem de amostragem aleatória estratificada, com base em regiões espectrais gerados a partir de imagens multiespectrais TM/Landsat.

A seguir serão descritos os procedimentos metodológicos em detalhe.

2.2.1 Estatística descritiva básica

Foram calculadas algumas estatísticas básicas, como média, valores mínimos e máximos, desvio padrão e coeficiente de variação para as variáveis limnológicas medidas por Rocha (2003). Também foram calculadas as correlações entre as variáveis, buscando identificar o grau de relacionamento entre elas.

Essas estatísticas básicas são úteis para analisar quais variáveis limnológicas apresentam maior variabilidade e as correlações entre si.

Esses dados foram coletados em agosto de 2000, que representa período de águas baixas. Embora os dados apresentem certa defasagem de 8 anos, ainda sim, pode auxiliar e nortear o delineamento amostral em lagoas

da planície de inundação. As variáveis coletadas por Rocha (2003) foram: temperatura (T), profundidade do disco de secchi (Secchi), pH, condutividade elétrica (CE), alcalinidade total (AT), turbidez (Turb), oxigênio dissolvido (OD), material em suspensão total (MST), N-nitrato (N-NO₃), N-nitrito (N-NO₂), N-amoniaco (N-NH₄), nitrogênio total (NT), P-reativo solúvel (PO₄), P-dissolvido (PD), P-total (PT), carbono orgânico dissolvido (COD).

2.2.2 Análise de agrupamentos

Foi aplicada a análise de agrupamentos sobre os dados coletados por Rocha (2003). Como resultado da aplicação dessa técnica tem-se um arranjo hierárquico das unidades amostrais, na forma de um gráfico denominado dendrograma, de tal modo que o arranjo demonstra a similaridade entre as unidades amostrais (JOHNSON e WICHERN, 2002). O método utilizado foi o de ligação média, com base na distância quadrática euclidiana como medida de similaridade. Os cálculos foram realizados a partir da matriz de correlação, uma vez que os dados apresentam diferentes escalas de medidas.

Essa avaliação permitiu verificar observações agrupadas em clusters, com características limnológicas semelhantes. Essa abordagem foi preferida ao invés da análise das imagens multiespectrais, uma vez que a resolução espacial do sensor TM não é adequada para obtenção de resposta espectral de lagoas de pequenas dimensões.

2.2.4 Análise espectral das imagens TM/Landsat

A análise das imagens multiespectrais foi realizada para obtenção de regiões homogêneas para aplicação de um esquema de amostragem.

Segundo Lamparelli et al. (2001), eles podem ser: regular ou sistemático, em que a coleta de elementos é feita em pontos igualmente espaçados e homogeneamente distribuídos por toda a região considerada; aleatório, onde os pontos são fixados aleatoriamente por toda a região e não há problemas de viés, já que o princípio de aleatorização anula qualquer efeito de padrões existentes; e aleatório estratificado ou sistemático não alinhado, em que os elementos amostrais cobrem toda a área de interesse preservando, entretanto, a casualidade.

Se uma população é muito heterogênea e as razões de custos e acessibilidade limitam o aumento da amostra, torna-se impossível definir uma amostragem da população toda com uma precisão razoável. Assim, uma saída para esse problema é dividir a população em subpopulações internamente mais homogêneas (BOLFARINE e BUSSAB, 2005).

Esse esquema combina o baixo potencial para tendências do esquema aleatório com a propriedade de maior cobertura geográfica do padrão sistemático.

Para o presente trabalho os padrões de homogeneidade serão obtidas a partir das classes espectrais extraídas das imagens TM/Landsat.

Segundo Bolfarine e Bussab (2005), para executar um plano de amostragem estratificada deve-se seguir os seguintes passos:

- divisão da população em subpopulações bem definidas (estratos);
- de cada estrato retira-se uma amostra, usualmente independente;
- em cada amostra, usam-se estimadores convenientes para os parâmetros do estrato;
- monta-se para a população um estimador combinando os estimadores de cada estrato e determinam-se suas propriedades.

Para Bolfarine e Bussab (2005), a distribuição das n unidades da amostra pelos estratos chama-se alocação da amostra. Essa distribuição é que garantirá a precisão do procedimento amostral. Dessa forma, pretende-se realizar uma amostragem aleatória estratificada, com alocação uniforme. Na alocação uniforme atribui-se o mesmo tamanho de amostras para cada estrato.

Desse modo, foram gerados 3 elementos amostrais para cada estrato através de sorteio de alguns pontos no provável trajeto do barco que transportará a equipe técnica para a aquisição das medidas das variáveis limnológicas. Tal trajeto é determinado devido a critérios operacionais e financeiros.

Como já mencionado, a geração dos estratos foi realizada a partir de imagens do sensor Thematic Mapper (TM) a bordo do satélite Landsat 5.

Foi utilizado imagens datadas de junho de 2006 e julho de 2007, órbita/ponto 224/076, em que ambas cenas correspondem ao período de seca ou de águas baixas. O período de águas baixas foi adotado devido às menores influências dos pulsos de inundação, que são mais frequentes nos períodos chuvosos. Trata-se também da época na qual serão feitas as campanhas a campo para aquisição das medidas de variáveis limnológicas e espectrais.

Como o alvo de interesse são os constituintes opticamente ativos na água, as bandas espectrais utilizadas foram definidas levando em consideração sua faixa espectral de reflectância. Assim, selecionou-se: a banda 1 (Azul), que corresponde à faixa espectral de 0,45 a 0,52 μm ; a banda 2 (Verde), com a faixa espectral de 0,52 a 0,60 μm ; a banda 3 (vermelho), com faixa espectral de 0,63 a 0,69 μm ; e a banda 4 (Infravermelho Próximo), com faixa espectral de 0,76 a 0,90 μm .

As imagens foram georreferenciadas por meio do aplicativo Spring 4.3.3, utilizando como cena de referência as imagens do mosaico Geocover. As imagens Geocover apresentam um erro médio quadrático de 50m, que foi considerado aceitável nesse trabalho devido a falta de outra base cartográfica confiável.

A imagem foi filtrada com uma máscara obtida da segmentação dos corpos d'água, que foi gerada por segmentação baseada em uma limiarização global sobre a banda 4. Para a segmentação das classes espectrais homogêneas dos rios foi utilizada a abordagem por crescimento de regiões. Nesse algoritmo, o processo de segmentação inicia-se com um conjunto de pontos

“sementes” e, a partir deles, cresce-se as regiões anexando a cada ponto “semente” aqueles pixels que possuem propriedades similares (como níveis de cinza, textura e cor) (GONZALEZ e WOODS, 2000). Vários testes de segmentação foram realizados para produzir uma imagem segmentada apropriada. Dessa forma, foi adotado o valor 2 para similaridade e 20 pixels de área mínima. A classificação baseada em regiões foi realizada utilizando o algoritmo não-supervisionado ISOSEG, com distância de Mahalanobis. Foi adotado o limiar de aceitação de 75%.

Porém, no decorrer da execução do trabalho percebeu-se que havia uma grande quantidade de estratos, dos quais muitos deles não compreendiam uma área significativa. Assim, foi feita uma reclassificação mantendo-se os estratos mais representativos e os demais foram agrupados em uma única classe. Para realizar essa reclassificação utilizou-se a ferramenta de edição matricial do aplicativo Spring.

Dessa forma, as classes espectrais homogêneas obtidas servirão como estrato para delinear os elementos amostrais ao longo do rio Paraná, Invinheima e Baía.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram calculadas algumas estatísticas básicas (Tabela 1), como média, desvio padrão, coeficiente de variação, valores mínimos e máximos das variáveis limnológicas medidas por Rocha (2003).

Nota-se, de forma geral, que os componentes opticamente ativos (clorofila, MST e COD) apresentam relativa variabilidade, verificada pelo desvio padrão e coeficiente de variação, que é importante para as análises de correlação com dados espectrais medidos em campo e em nível orbital.

Também se verifica que os nutrientes (nitrogênio e fósforo) nas suas diversas formas apresentam concentrações mínimas necessárias para produtividade do meio aquático.

Tabela 1 – Estatística básica das variáveis limnológicas coletadas por Rocha (2003)

Variáveis	Média	Desvio Padrão	Coef. Var.	Mín.	Máx.
Prof.	2,362	1,06	44,87	0,4	5
Temp.	19,078	1,196	6,27	17,2	21,7
Secchi	1,173	0,678	57,79	0,2	3,25
pH	6,6931	0,5175	7,73	5,96	8,85
Cond.	45,34	17,47	38,53	23,9	107,5
Alc.	289,5	168,4	58,15	69,4	877,1
Turb.	19,38	38,89	200,61	0,86	217
Oxig.	7,076	1,76	24,88	3,45	10,87
MST	8,1	7,33	90,51	1,05	28,5
Clorof	13,02	27,65	212,32	0,55	143,34
NO ₃ ug/L	62,8	76,1	121,12	0	211,4
NO ₂ ug/L	1,4483	0,577	39,84	0,56	2,83
NH ₄ ug/L	8,11	16,85	207,72	0	88,32
N-total ug/L	378,5	180,4	47,65	205	902,5
PO ₄	2,096	5,151	245,75	0	20,31
P-dis.	6,89	8,91	129,34	0,2	51,81
P-tot.	30,42	30,18	99,23	4,94	158,97
COD	5,252	3,786	72,09	1,652	20,33

Destaca-se que embora as variáveis de interesse seja as que apresentam comportamento óptico, as outras variáveis são importantes para entender os processos ecológicos no meio aquático.

Foi também gerada a matriz de correlação, buscando avaliar medidas de proximidade das variáveis (Tabela 2).

Tabela 2 – Matriz de correlação

	Prof	Temp	Secchi	pH	Cond	Alc	Turb	O ₂	MST	Clorof	NO ₃	NO ₂	NH ₄	N-tot	PO ₄	P-dis	P-tot	COD	
Prof	1,00																		
Temp	-0,61	1,00																	
Secchi	0,44	0,00	1,00																
pH	0,11	0,08	-0,19	1,00															
Cond	-0,26	0,49	0,00	0,11	1,00														
Alc	-0,25	0,51	0,06	0,10	0,95	1,00													
Turb	0,17	-0,19	-0,48	0,09	0,07	-0,05	1,00												
O ₂	0,43	-0,23	0,13	0,60	-0,01	-0,07	0,04	1,00											
MST	-0,38	0,13	-0,70	0,27	0,08	0,05	0,32	0,04	1,00										
Clorof	-0,13	-0,03	-0,38	0,33	-0,14	-0,12	0,12	0,16	0,62	1,00									
NO ₃	0,19	0,12	0,13	0,14	0,53	0,44	0,34	0,35	-0,25	-0,31	1,00								
NO ₂	-0,06	0,40	-0,01	0,06	0,53	0,40	0,34	0,17	-0,15	-0,14	0,76	1,00							
NH ₄	-0,25	0,26	-0,08	-0,04	0,32	0,28	0,02	-0,09	0,00	-0,15	0,43	0,50	1,00						
N-tot	0,02	0,08	-0,30	0,24	-0,10	-0,07	0,44	-0,16	0,24	0,41	-0,05	0,06	0,02	1,00					
PO ₄	0,28	-0,32	-0,38	0,02	0,04	-0,03	0,78	0,11	0,11	-0,12	0,49	0,27	-0,05	0,23	1,00				
P-dis	0,18	-0,12	-0,46	0,03	0,11	0,03	0,90	-0,04	0,20	0,06	0,29	0,32	-0,04	0,52	0,82	1,00			
P-tot	0,06	-0,09	-0,55	0,27	0,01	-0,03	0,81	0,02	0,48	0,43	-0,02	0,08	-0,13	0,64	0,55	0,84	1,00		
COD	0,16	-0,14	-0,33	-0,05	-0,16	-0,19	0,65	-0,30	0,12	0,16	-0,07	0,09	-0,09	0,79	0,42	0,72	0,70	1,00	

Verifica-se na Tabela 2 que os valores de correlação considerados significativos ($>0,5$) apresentam-se em negrito. O oxigênio correlacionou-se com o pH, já que a maior geração de oxigênio aumenta o valor de pH. A temperatura com profundidade da amostra, disco de secchi com MST e P-tot, a condutividade apresenta altamente correlacionada com a alcalinidade. Provavelmente essa alta correlação da alcalinidade com a condutividade deve-se aos íons de bicarbonato, carbonato, amônia e fosfatos, entre outros. Nota-se que a turbidez apresentam correlação com nutrientes, derivados do nitrogênio e fósforo, e carbono. Os nutrientes em geral apresentam-se correlacionados entre si, uma vez que são formas moleculares derivados uma das outras.

A partir dessa análise de correlações pode-se reduzir o número de variáveis físico-químicas a serem medidas, como os relacionados com nutrientes, uma vez que são correlacionados entre si.

A seguir, na Figura 3, apresenta-se o resultado da análise de agrupamentos sobre as lagoas da planície de inundação.

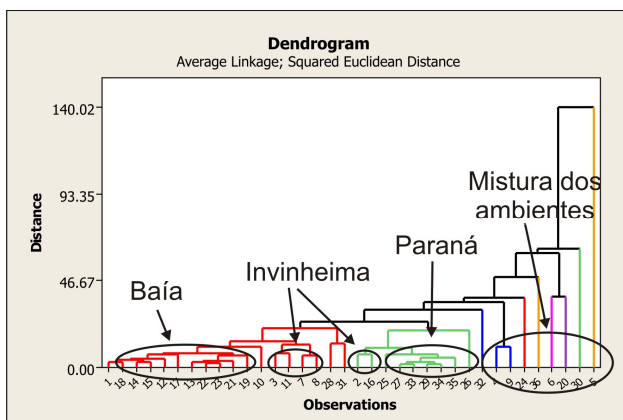


Figura 3 – Dendrograma gerado a partir da análise de agrupamentos.

Rocha (2002) definiu três grandes subsistemas de influências na planície de inundação, que estão associados aos rios do trecho do sistema da planície fluvial: Baía, Invinheima e Paraná. É claro que esses subsistemas interagem entre si e se sobrepõe. Contudo, nota-se a partir do dendrograma gerado pela análise de agrupamentos que existem clusters associados aos subsistemas citados. Para o Invinheima notou-se certa mistura com o sistema Baía e com o Paraná. As observações mais distantes quanto similaridade estão associados às lagoas que não possuem conexão com os rios, que excepcionalmente são conectadas nos eventos de pulsos de inundação. Por serem desconectadas com os sistemas lóticos, muitas vezes representam características particulares, com baixa relação espacial com o resto dos ambientes da planície de inundação.

Dessa forma, a partir do cluster verificaram-se lagoas com características bastante homogêneas, que permitiu selecionar localizações com maior variabilidade. Cabe destacar que outros critérios auxiliaram na seleção

das lagoas a serem amostradas com base na análise de agrupamentos, das quais destacam: 1) lagoas com dimensões representativas que permitem serem detectadas por sensores remotos orbitais, já que posteriormente serão realizadas as correlações com componentes opticamente ativos; 2) lagoas que apresentem conexão com os rios, pela facilidade de acesso.

A seguir apresenta-se a classificação não-supervisionada por região realizada sobre o rio Paraná, Invinheima e Baía para gerar as regiões espectralmente homogêneas (Figura 4).

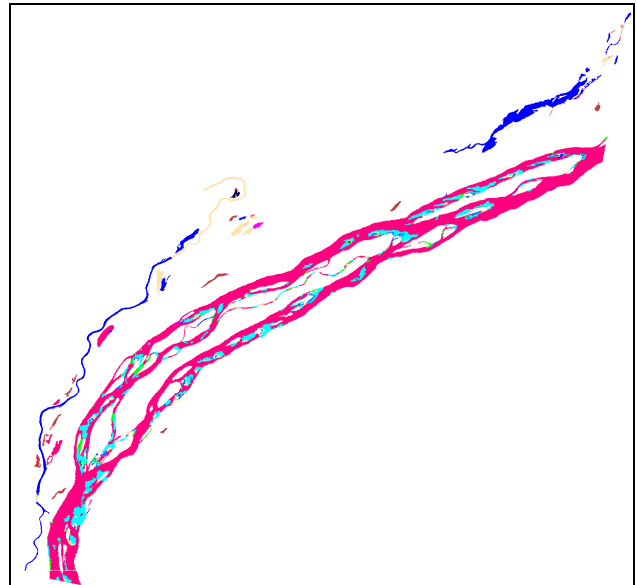


Figura 4 – Resultado da classificação não-supervisionada por regiões.

Nota-se que o rio Paraná apresenta bastante homogênea, representada por uma grande classe espectral. As outras classes associadas ao rio Paraná foram agrupadas em uma mesma classe, aumentando dessa forma a representatividade desse padrão espectral. No rio Invinheima nota-se que foram reconhecidas 2 classes espectrais e no rio Baía, uma única classe. Também foram representadas algumas lagoas de maiores dimensões, que em geral apresentam-se características espectrais distintas.

A partir das classes espectrais foi gerada a amostragem sistemática não alinhada ou aleatória estratificada uniforme.

O resultado da seleção por agrupamentos e amostragem aleatória estratificada nos rios apresenta-se na Figura 5. Ao total, foram obtidos 25 elementos amostrais da planície fluvial do alto rio Paraná.

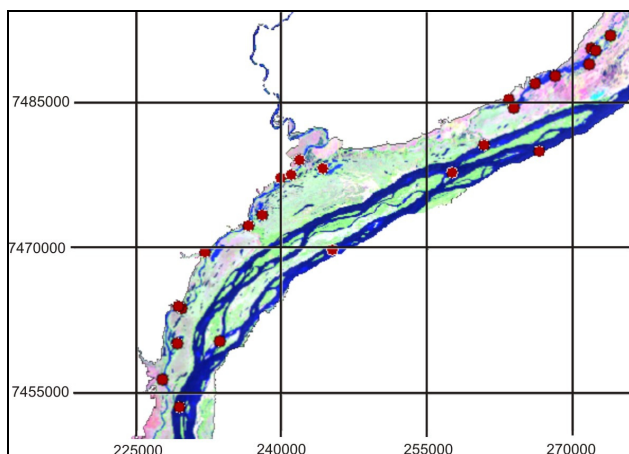


Figura 5 - Localizações dos pontos amostrais na planície de inundação.

4 CONSIDERAÇÕES E RECOMENDAÇÕES

A grande dificuldade de amostragem de parâmetros físico-químicos e espectrais da água em ambientes de planície de inundação é aliar a representatividade espacial dos elementos coletados in situ e aspectos operacionais e logísticos envolvidos no processo, que demandam altos custos. Como no caso do presente estudo, outro fato que dificulta ainda mais o processo de amostragem é que a coleta em campo deve ser realizada simultaneamente com a passagem dos satélites orbitais para posteriormente realizar as correlações com imagens multiespectrais.

As abordagens utilizadas, como a aplicação da técnica de agrupamentos e a classificação de imagens multiespectrais mostram-se adequados no reconhecimento das observações que apresentem padrões de homogeneidade no espaço. Essas classes espectrais ou clusters possibilitaram a definição das posições em que serão coletadas medidas limnológicas e espectrais das águas, e a aplicação de esquemas de amostragem como o estratificado aleatório uniforme.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela concessão de duas bolsas de iniciação científica e uma bolsa de mestrado. Ao CT-HIDRO/CNPq e ao PROCAD/CAPES pelo auxílio financeiro para o desenvolvimento dos trabalhos.

REFERÊNCIAS

BOLFARINE, H.; BUSSAB, W. O. **Elementos de amostragem**. São Paulo: Edgard Blücher, 2005.

GONZALEZ, R. C.; WOODS, R. E. **Processamento de imagens digitais**. São Paulo: Edgard Blücher, 2000. 509 p.

JOHNSON, R.; WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis**. 5. ed. New Jersey: Prentice-Hall, 767p. 2002.

LAMPARELLI, R. A.; ROCHA, J.; BORGHI, E. **Geoprocessamento e agricultura de precisão: fundamentos e aplicações**. Guaíba: Agropecuária, UNICAMP, 2001. 118p.

JUNK, W.J.; BAYLEY, P.B.; SPARKS, R.E. The Flood Pulse Concept in River-Floodplain Systems. In: **D.P. Dodge (Ed) Proceedings of the International Large River Symposium**. Can. Spec. Public. Fish. Aquat. Sci., 106. p.110-127, 1989.

PEREIRA, A. C. F. et al. Amostragem em corpos d'água: definição de elementos amostrais, posicionamento e coleta de dados "in situ". In: Simpósio Brasileiro de Geomática e V Colóquio Brasileiro de Ciências Geodésicas, II, 2007, Presidente Prudente. **Anais**. p. 866-874.

ROCHA, P. C. **Dinâmica dos Canais no Sistema Rio-Planície Fluvial do Alto Rio Paraná, nas Proximidades de Porto Rico-PR**. 2002. Tese (Doutorado em Ecologia de ambientes aquáticos) – Universidade Estadual de Maringá – Maringá.

ROCHA, R. R. de A. **Limnologia Comparativa e Preditiva de Rios e Lagoas da Planície de Inundação do Alto Rio Paraná (PR/MS – Brasil)**. 2003. 86f. Tese (Ecologia de Ambientes Aquáticos Continentais) - Universidade Estadual de Maringá – Maringá.

SPARKS, R. E. Need for ecosystem management of large rivers and their floodplains. **BioScience**, 45. N.3, 168-182, 1995.