

Uma Ferramenta de Avaliação de Relevância em Processos Analíticos em SIG

Paulo Márcio Leal de Menezes¹
Ana Luiza Coelho Netto²
Manoel do Couto Fernandes¹

¹UFRJ – Departamento de Geografia – Laboratório de Cartografia, Av Athos da Silveira
Ramos 274, Cidade Universitária 21941-590 - Rio de Janeiro, RJ, Brasil
{pmenezes, mfernandes}@acd.ufrj.br

²UFRJ – Departamento de Geografia – Laboratório de GeoHidroecologia, Av Brig
Trompowski SN, Cidade Universitária 21941-590 - Rio de Janeiro, RJ, Brasil
ananetto@globocom

Abstract. This paper presents a research in three knowledge areas: Geoecology, Cartography and Geoprocessing, through its main analysis tool, Geographical Information Systems, looking for to revise their concepts, to establish links and relationships among them. The concepts of Geoecology, Landscape and Geo-hydroecology are presented, as the base elements of the search. The concepts of Cartography are also revised, under its basic approach, and mainly under a computational approach and error propagation. The Geoprocessing is approached by GIS. So the relationships among the three areas are done, adapting application concepts and approach visions. Under these relationships, it's proposed an evaluation model of analytical processes in GIS, in order to create one structure to define an influence propagation of the variables involved in the process, as well as their correlations. The model is also applied to define the correlation and relevance among distinct analytical processes, under the same database and geographical area. Processes from a theoretical and practical application of an Environmental Quality Project database were evaluated, in Rio de Janeiro City, RJ. The obtained results showed the viability of the proposed mode in analytical processes in GIS, not only under geo-hydroecological approach, but it can also be used under other quantitative and qualitative processes. The model is able to evaluate the behavior of relevance and correlation, among variables and processes, to do actions on diagnostic and prognostic models.

Palavras-chave: geographic information systems, geoprocessing, geoecology, sistemas de informações geográficas, geoprocessamento, geoecologia.

1. Introdução

Os sistemas de informações geográficas (SIG), através da sua estrutura de *hardware*, *software* e a base de dados, integrada sobre um espaço geográfico, permite elaborar um modelo da paisagem desta área (Goodchild *et al.*, 1993). Tendo a base de dados como ponto de partida, obtida através da integração e combinação de diferentes fontes de dados e informações, selecionadas para a sua alimentação, os SIG permitem realizar estudos de análise espacial, entre eles os analítico-integrativos, sob a ótica geoecológica, gerando resultados que podem ser integrados à base de dados, bem como novas informações sobre a mesma área.

A integração dessas informações, juntamente com a capacidade gráfica do SIG de transformar e permitir a sua visualização sob a forma de mapas, define a capacidade de se estabelecer uma modelagem da realidade, através da reprodução pura e simplesmente de ocorrências no mundo real, bem como inter-relacionando conjuntos de ocorrências, busca respostas comportamentais para os relacionamentos entre variáveis geoecológicas.

O resultado de uma análise realizada através de um SIG, pode ser considerado como uma função, envolvendo uma série de mapas de uma mesma área geográfica, cada um com o seu significado próprio (Bonham-Carter, 1994), da forma:

$$\text{Mapa Resultado} = f(\text{mapas de entrada}) \quad (1)$$

A função f que permitirá obter o resultado da análise, é definida de forma a melhor expressar a realidade ou aspecto da paisagem que se está modelando, tanto através de uma visão

diagnóstica como prognóstica. Esta função, dentro da característica analítico-integrativa da geoecologia, deverá permitir a análise dos inter-relacionamentos dos diversos componentes da paisagem que estejam associados em um processo de estudo. Este modelo é semelhante ao modelo de Bonham-Carter (1994), em que cada mapa é definido como uma variável da função f dentro do processo. Associando-se ao conceito de função multivariada, cada mapa pode ser caracterizado como uma das variáveis componentes da função, como pode ser apreciada na expressão 2:

$$M_R = f(m_1, m_2, \dots, m_n) \quad (2)$$

onde M_R é o mapa resultado e m_i define os mapas componentes do processo (Laurini & Thompson, 1992; Bonham-Carter, 1994; Burrough & Macdonnel, 1998)..

Porém um mapa, está sempre representando uma estrutura comportamental de um aspecto determinado da paisagem, por exemplo, declividade, tipo de solo, vegetação, isoietas, entre outros, através de um processo de simbolização e confinamento das informações de diferentes variáveis ou de diferentes classes de uma mesma variável, em áreas de ocorrência.

Este trabalho apresenta uma ferramenta de avaliação dos resultados de processos analíticos em um sistema de informações geográficas, resultado da pesquisa de Menezes (2000), independentemente do modelo de análise que tenha sido utilizado para gerar os resultados e independente também do *software* utilizado como base do sistema. Ela é baseada na estrutura do SIG como uma função envolvendo variáveis componentes (mapas e classes de variáveis) e em uma propagação de influência, ou pesos, das classes pertencentes à cada mapa envolvido no referido processo, numa visão geoecológica analítico-integrativa. Esta ferramenta ainda define a correlação existente entre os resultados em qualquer fase do processo analítico, bem como estabelece uma hierarquia ou relevância, entre os diversos resultados apresentados.

Os resultados de processos analíticos em um SIG são definidos por uma função sobre um conjunto de mapas, onde qualquer processo de análise espacial, desenvolver-se-á sobre o relacionamento dos elementos componentes de cada mapa, que poderão ser definidos por classes de uma determinada variável ou ocorrências discretas de uma ou mais variáveis. De uma forma ou de outra, todos os componentes de mapa, estarão sempre vinculados e confinados à áreas delimitadas em cada um dos mapas.

Por outro lado, os resultados serão também traduzidos por mapas, tantos quantos forem necessários para definir as respostas do processo analítico, cada um deles também com os seus elementos ou classes componentes definidas pelas áreas de representação.

Em algum momento do processo analítico, ou mesmo ao seu final, haverá um conjunto de respostas das diversas consultas elaboradas ao sistema, definindo o conjunto de resultados da análise. Evidentemente que existe um relacionamento entre esses resultados, pois além de provirem da mesma base de dados, estão relacionados à mesma área geográfica.

Os resultados por sua vez são obtidos sem que haja uma estrutura que permita relacioná-los objetivamente entre si. A avaliação é quase sempre exclusivamente subjetiva, através do que é apresentado no mapa resultado. Não existem elementos que permitam estabelecer aspectos conclusivos entre vários processos analíticos que estejam sendo desenvolvidos, tampouco a possibilidade de verificação de uma hierarquia ou relevância entre os resultados. Assim, os principais objetivos que a ferramenta de apoio à análise de resultados se propõe, são os seguintes:

- possibilitar a determinação do grau de correlação existente entre os mapas ou informações geradas no processo analítico;
- possibilitar a definição de prioridades e hierarquias associadas aos diversos níveis do processo analítico;
- possibilitar a verificação de alteração de resultados, obtidos com modificações de influência de variáveis, sem que seja necessária a realização de um novo processo de análise;
- verificar a influência de uma mesma variável em diferentes processos analíticos.

2. Metodologia - Embasamento Teórico do Modelo

Uma função será unidimensional univariada, se for expressa em termos de uma variável livre e uma dependente. Se x for uma variável aleatória, μ também o será. Por sua vez, se houver uma relação linear entre μ e x , o erro δ de μ pode ser expresso em função do erro ε de x e de sua primeira derivada (Hirvonnen, 1971), sendo que a esta derivada primeira caracteriza o primeiro termo da expansão da função em série de Taylor, caso não seja uma função linear. Este conceito pode ser estendido para funções bivariadas e multivariadas, cujos erros serão propagados das variáveis livres através da função (Hirvonnen, 1971; Gemael, 1973a; Wolf & Ghilani, 1997), podendo-se definir a expressão de variância e covariância entre as variáveis.

Através destes mesmos conceitos, pode-se estabelecer segundo Hirvonnen (1971) e Wolf & Ghilani (1997), a correlação entre duas funções ou variáveis aleatórias. Analisando-se o problema segundo duas funções multivariadas μ e ν , que possuam as mesmas variáveis independentes, pode-se observar que mesmo que as variáveis independentes das duas funções não sejam correlacionadas, implica em uma covariância nula entre elas, havendo sempre o correlacionamento entre as funções, bastando para isto, que exista pelo menos uma variável comum entre elas.

Estendendo os conceitos já emitidos, pode-se conceituar uma função multivariada multifuncional, como uma função da forma

$$Y = F(X) \quad (3)$$

onde Y representa um vetor de funções e X um vetor de variáveis componentes das funções.

Desta forma cada função μ_i , componente da função multidimensional, possui variância e covariâncias associadas duas a duas, podendo-se então montar uma matriz, quadrada, simétrica, positiva-definida, cuja diagonal principal será composta pelas variâncias de cada função μ e os demais elementos pelas covariâncias das funções duas a duas, daí a simetria da matriz, uma vez que $\sigma_{ij} = \sigma_{ji}$. Esta matriz é definida como **matriz variância-covariância** (Hirvonnen, 1971; Gemael, 1973a; Menezes, 1981; Wolf & Ghilani, 1997).

Supondo-se a função Y apresentando uma forma linear ou linearizável por expansão em série de Taylor, da forma

$$Y = GX + C \quad (4)$$

em que G é a matriz das derivadas parciais da função Y em relação à cada variável do vetor X .

Considerando-se as definições de expectância e da matriz variância-covariância, pode-se deduzir a **“lei genérica de propagação das variâncias”** (Gemael, 1973a, Wolf & Ghilani, 1997), definida pela expressão 18.

$$\Sigma Y = G \Sigma X G^T \quad (5)$$

A interpretação desta expressão define a obtenção da matriz variância-covariância de qualquer modelo matemático, cujas funções possam ser agregadas conjuntamente, seja qual for a sua dimensionalidade e número de variáveis envolvidas.

2.2 Aplicação da Lei da Propagação das Variâncias dm Modelos Geoecológicos

A aplicação da lei de propagação das variâncias em processos ambientais, que possam ser expressos por modelos matemáticos, é perfeitamente possível, desde que se tome a premissa básica de que o modelo matemático esteja associado à mesma área geográfica. Dentro dessa vinculação, garante-se que as variáveis componentes do processo e dos diversos modelos que estejam envolvidos, estarão comprometidas e atuando sobre o mesmo ambiente, tanto geo-biofísicos como sócio-culturais.

Considerando-se cada variável componente desse sistema como uma função ou uma variável aleatória, por suas características de definição ou comportamento, pode-se associar à cada uma delas suas variâncias e covariâncias. Desta forma é também possível associar ao conjunto das variáveis componentes uma matriz variância-covariância, Σ_{vc} .

Aplicando-se a lei da propagação das variâncias à função ambiental F_A , é obtida a matriz variância-covariância desta função conjunta, ou seja:

$$\Sigma F_A = G \Sigma_{VC} G^T \quad (6)$$

3. O Modelo Funcional Aplicado

A estrutura proposta por Bonham-Carter (1994) serviu de base para o desenvolvimento da ferramenta de análise de resultados. A figura 1 mostra esquematicamente o modelo em que é baseado o desenvolvimento da ferramenta. A área de cada mapa é fixa e invariante, sendo igual a soma das áreas de cada ocorrência ou classe de variável do mapa. A área de cada ocorrência ou classe do mapa resultado é obtida a partir do processo analítico, definido pela função ou funções aplicadas aos mapas componentes do processo. Desta forma, a área de cada classe do mapa resultado, será determinada pelas contribuições das áreas dos mapas componentes, mesmo que após o processo de análise tenha havido algum tipo de reclassificação dos resultados.

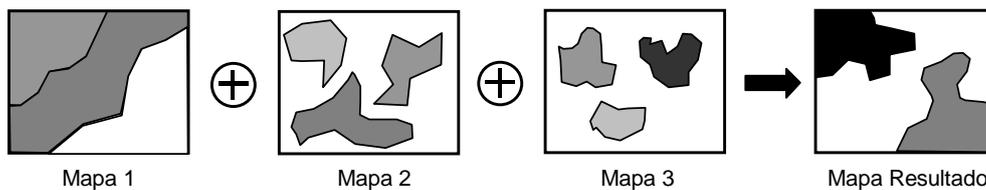


Figura 1 - Modelo Funcional de Classe

Deste modo, o modelo apresentado na expressão funcional 2, será modificada para a expressão funcional 3, como se segue:

$$A_R = f(Am_i^j) \quad (7)$$

onde A_R define a área de cada classe ou ocorrência do mapa resultado e Am_i^j as áreas das classes ou ocorrências j do mapa i , componente do processo.

Esta estrutura mostra como pode ser associada a estrutura funcional para uma análise específica, porém o modelo funcional completo para um SIG, envolve várias análises simultâneas ou em conjunto sobre a base de dados, onde em processos analíticos diferentes, podem existir a concorrência de variáveis ou mapas comuns a duas ou mais análises. Esquemáticamente, o modelo pode ser visualizado pela figura 2.

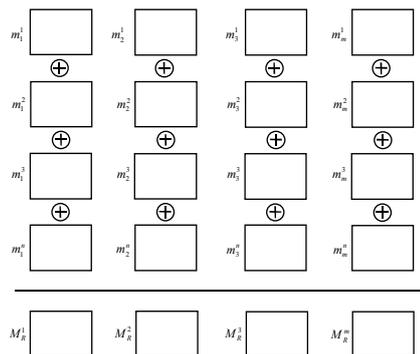


Figura 2 - Esquema do modelo funcional completo do SIG

Cada mapa resultado M_R^i , resposta de um processo analítico sobre um conjunto de mapas componentes, é função dos mapas componentes, que por sua vez estão divididos nas áreas de ocorrência ou classes, então, de forma global, a área de cada classe ou ocorrência do resultado de uma análise, será função de todas as classes dos mapas componentes pertencentes à base de dados. Evidentemente, as contribuições serão restritas àquelas envolvidas nos processos analíticos específicos.

Assim é possível dentro deste modelo, considerar as classes ou ocorrências como as variáveis de uma função global e a partir de uma análise conjunta de todo o processo analítico, estabelecer o grau de influência que cada classe terá nas respostas em cada fase do processo. A expressão 4 mostra este relacionamento, que é definido por uma função multidimensional multivariada da forma:

$$A_k = F(a_j^i) \quad (8)$$

Desta forma, o modelo se apresenta como uma adaptação da lei de propagação de variâncias, sobre um modelo de propagação de áreas. Não serão correlacionados erros, mas as áreas que envolvem os processos analíticos. Os mapas são considerados isentos de erros e, em consequência, as áreas de cada variável serão consideradas como as componentes da matriz de derivadas parciais, ou dos coeficientes, por ser a relação entre as áreas linear, pois a soma de todas as áreas será sempre única e invariante. Pode-se então aplicar com facilidade a lei geral da propagação das variâncias, à esta função multidimensional multivariada.

Evidentemente o processo de determinação e associação das influências de cada classe no processo global é e será sempre um ponto fraco, devido à subjetividade que é associada a ele. Essa determinação é desenvolvida à posteriori ao processo analítico, examinando-se o conjunto de variáveis e ocorrências, com suas classes respectivas, estabelecendo-se uma matriz de influência, com dimensão definida pelo número total de classes. A análise conjunta, sistêmica de todos os elementos, por especialistas que possam determinar esta matriz é essencial para a sua determinação. Este talvez seja o ponto mais crítico da proposta, pois necessita do concurso de pessoal humano com amplo conhecimento do trabalho que esteja sendo executado, para que seja possível o estabelecimento de uma matriz de influência que mais se adapte ao processo, notada como I_p ou I_T , conforme estejam relacionadas à correlação das variáveis ou dos mapas.

Não se deseja denominar aqui esta matriz como sendo a matriz peso associada, para não confundir com o conceito de peso existente nos processos analíticos da grande maioria de SIGs.

Associando-se os conceitos de ponderação, a matriz de influência contém uma visão geral de todas as variáveis e respectivas influências no processo global. Será então esta matriz associada como a inversa de uma pseudo-matriz variância-covariância (PMVC), envolvendo as mesmas variáveis, ou seja, as classes e ocorrências dos mapas envolvidos no processo. Assim, a aplicação da lei geral da propagação das variâncias, permite obter em qualquer momento do processo de trabalho, a matriz de influência propagada.

$$\Sigma a_i = \Gamma_p^{-1} \quad (9)$$

Para o estudo das variáveis, serão consideradas as áreas de contribuição de cada variável para cada uma das áreas definidas nas classes resultados, sendo necessário portanto determinar quais são as áreas de contribuição à cada classe e ao final à cada mapa resultado. Assim a lei geral da propagação das variâncias assume a forma seguinte:

$$\Sigma C_l = G \Sigma a_i G^T \quad (10)$$

em que Σa_i é a pseudo matriz variância-covariância associada às ocorrências e classes de todos os mapas envolvidos nos processos diversos; G é a matriz das contribuições de área, equivalente à matriz da derivadas parciais ou dos coeficientes e ΣA_R é a pseudo matriz variância-covariância propagada aos resultados.

A inversa desta última matriz traduzirá a matriz de influência propagada ao mapa resultado.

$$I_R = \Sigma A_R^{-1} \quad (11)$$

A PMVC (pseudo matriz variância-covariância) é lida como um instrumento auxiliar, pois é através dela que é gerada a matriz de relevância. Porém ela também define e permite verificar se as variáveis estão correlacionadas, através dos valores externos à diagonal principal, que determinam a pseudo-covariância entre as variáveis.

A análise da Matriz de Relevância ou de Influência Propagada, é realizada através dos valores da diagonal principal, onde se apresentam os valores propagados das influências. Estes valores são lidos como indicadores da relevância, da hierarquização entre variáveis ou processos analíticos.

A Matriz de Correlação mostra a linearidade entre as variáveis ou processos, ou seja a tendência dos elementos analisados variarem linearmente ou não (Menezes, 2000).

3.1 Correlação de Mapas

O resultado da combinação de dois ou mais mapas através de uma função espacial ou de um modelo específico, pode ser analisado visualmente, através das associações espaciais entre os elementos componentes da função ou modelo (Bonham-Carter, 1994). O conhecimento dessas associações pode ser útil para quantificá-las com resumos estatísticos, seja sob uma visão global, ou por subconjuntos, definidos por algum critério temático ou espacial, como por exemplo classes específicas geradas pelo processo de associação. Uma análise assim desenvolvida permite estabelecer uma comparação da rigidez entre as associações de pares de mapas, em uma abordagem global de um processo analítico, estabelecido por um SIG.

Este processo porém, devido à Bonham-Carter 1994), apenas permite que se estude a correlação, se houver uma quantificação das variáveis componentes associadas. Neste aspecto este trabalho vai se propor a apresentar um modelo que correlacionará quantitativamente as áreas associadas às diversas variáveis, diferentemente do processo de Bonham-Carter (1994) e que se combinam para originar uma resposta, com uma área associada.

Na análise de um resultado assim estruturado, a correlação se dará entre as ocorrências ou as classes distintas, que contribuem para a definição dos mapas resultados de um processo analítico. Já a comparação de resultados de dois processos analíticos diferentes, porém oriundos de uma mesma base de dados, permitirá verificar o correlacionamento entre cada mapa, função das áreas das variáveis do mapa resultado, ou seja a existência de uma variação conjunta de seus elementos e componentes, bem como estabelecer uma hierarquia ou relevância entre os mapas analisados.

Sob esta visão o modelo de análise proposto desenvolve uma estrutura de definição da propagação das influências de cada classe ou ocorrência no resultado de um processo analítico, bem como a análise da propagação de todas as classes ou ocorrências que pertençam aos diversos processos analíticos, comparando os resultados de cada processo.

4. Avaliação do Modelo Proposto

A avaliação do modelo foi desenvolvida em três etapas:

- através de um processo teórico;
- através de sua aplicação à Fase 1 do Projeto GEOHECO (2000);
- através de sua aplicação à Fase 2 do Projeto GEOHECO (2000).

A avaliação teórica do modelo mostrou a sua viabilidade de aplicação, ficando a sua avaliação final para a aplicação prática, onde foram analisados os aspectos de comportamento face à uma situação real. Foi escolhido o Projeto sobre Estudos de Qualidade Ambiental do Geocossistema do Maciço da Tijuca, desenvolvido pelo Laboratório de Geo-Hidroecologia (GEOHECO), do Departamento de Geografia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, (GEOHECO, 2000).

As análises práticas realizadas para a avaliação do modelo se deram sobre as Fases 1 e 2, vertentes Norte e Oeste do Maciço da Tijuca. Foram separadas em dois grupos: o primeiro trabalhou com alguns processos analíticos, verificando a correlação de variáveis no mapa resultado do processo e o segundo, procurou verificar a hierarquia e a correlação de mapas resultado em diferentes processos analíticos. Todos os casos foram analisados sob uma ponderação unitária e uma ponderação variada, visando a verificação do comportamento dessas variações no processo. Foram as seguintes as análises realizadas:

a) Correlação de Variáveis

- **Susceptibilidade aos Movimentos de Massa**, através dos mapas componentes de: Uso e Cobertura do Solo de 1996, Morfologia, Gradiente, Geotecnia, Geologia, Densidade de Drenagem e Declividade.
- **Susceptibilidade à Incêndios**, através dos mapas componentes de: Uso e Cobertura do Solo de 1996, Morfologia e Aspecto.
- **Hidrogeomorfológico**, através dos mapas componentes de: Gradiente e Densidade de Drenagem.
- **Geomorfologia**, através dos mapas componentes de: Morfologia e Declividade.
- **Geológico-Geotécnico**, através dos mapas componentes de: Geotecnia e Geologia.

b) Correlação e Hierarquia de Mapas

- **Susceptibilidade aos Movimentos de Massa e Susceptibilidade à Incêndios.**
- **Hidrogeomorfológico, Geomorfologia e Geológico-Geotécnico.**
- **Susceptibilidade aos Movimentos de Massa, Susceptibilidade à Incêndios, Hidrogeomorfológico, Geomorfologia e Geológico-Geotécnico.**

5. Considerações e Conclusões Sobre o Modelo Proposto

As seguintes conclusões podem ser estabelecidas, face aos resultados apresentados nas duas Fases de aplicação do modelo:

- Em todos os casos estudados ocorreram variações de valores significativas na aplicação com influência unitária e atribuída. em alguns casos, tais como Susceptibilidade à Incêndios e Geológico-geotécnico, a relevância na avaliação de processos, caiu sobre variáveis não condizentes, principalmente com influência unitária, distorções corrigidas quando da aplicação das influências atribuídas. Demonstrando assim a inviabilidade de se atribuir igual influência a todas as variáveis, dentro de um processo analítico geocológico.
- A correlação obtida mostrou-se coerente com a pseudo-covariância. Valores pequenos de covariância foram traduzidos por uma pequena correlação linear, indicando a impossibilidade da existência de uma relação linear entre elas. Na prática, uma análise neste sentido mostra que as duas variáveis analisadas não tendem a variar juntas.
- Por outro lado uma alta correlação linear, além de indicar que existe um correlacionamento entre as variáveis, indica que tenderão a variar juntas linearmente. Assim a gestão sobre uma das variáveis forçosamente ocasionará uma modificação também na propagação da outra variável (Menezes, 2000).

A análise dos resultados, relativos à aplicação com a influência atribuída permite extrair as seguintes conclusões:

- Pela PMVC, existe uma alta correlação entre os dois processos, próximos da unidade, indicando o relacionamento entre os dois processos.
- Pela Matriz de Relevância, ambos os processos tem relevância bastante próxima uma da outra, ou seja os valores de 100 para Susceptibilidade a Incêndios e 99,4 para Susceptibilidade aos Movimentos de Massa, são praticamente idênticos, mostrando que estão em um mesmo nível de relevância.
- A matriz de correlação mostra que também os dois processos tendem a variar linearmente. Desta forma a gestão sobre as variáveis de um processo irá influenciar diretamente no outro processo e vice-versa. Isto já era esperado, tendo em vista o número de variáveis comuns entre os dois processos.

Na Fase 2, o principal problema encontrado foi determinado pelo aparecimento das matrizes de inversas sensíveis ou mal condicionadas (Faddeeva, 1958; Gemael, 1973), causado pela dependência linear surgida nas matrizes de contribuição de área, ocasionando a impossibilidade de

obtenção das matrizes de relevância nos dois processos analíticos onde ocorreram (processos de Geomorfologia e Geológico-Geotécnico). Todos os demais resultados se apresentaram consistentes, tanto no processo de análise de correlação de variáveis, como na avaliação de mapas.

A comparação com a Fase 1 e mesmo alguns dos resultados apresentados dentro da correlação de variáveis na Fase 2, foram frustrantes, pois os valores não eram coerentes, e os próprios resultados apresentaram inconsistências e anomalias, ocorrendo inclusive inversões de influência com resultados incompatíveis. Essas anomalias tiveram causas possíveis, devido a variação de variáveis ambientais entre os dois locais de estudo. No entanto alguns comportamentos estavam compatíveis com a Fase 1.

Dessa forma, em relação ao modelo de avaliação proposto pode-se afirmar que:

- O modelo apresenta consistência na sua formulação. O embasamento matemático é suficiente para estabelecer a sua rigidez como um modelo de avaliação de correlação de variáveis e de resultados de processos analíticos em SIG.
- A maior parte dos resultados apresentados foi consistente e coerente. Alguns resultados anômalos foram explicados e justificados. Os demais necessitam de um aprofundamento dos estudos visando explicações e justificativas sobre o seu comportamento.
- Os resultados das correlações de mapas foram coerentes nas duas fases estudadas.
- O modelo proposto apresenta-se como uma solução possível à determinação da correlação de mapas e variáveis, em termos determinísticos, contrapondo-se aos estudos de Bonham-Carter (1994), que apresenta uma solução estocástica, só possível de ser aplicada quando o processo analítico envolver componentes quantitativos, enquanto este, pode também ser aplicado à processos qualitativos.
- O modelo tem viabilidade de ser aplicado à quaisquer processo analíticos, não só à aqueles sob a ótica Geoecológica

6. Referências Bibliográficas

- Bonham-Carter, G. F. **Geographic Information Systems for Geoscientists - Modelling with GIS**. Kindlington: Pergamon Press. 1994.
- Coelho Netto, A. L., **SISTEMAS AMBIENTAIS E ESTRUTURAS FUNCIONAIS DA PAISAGEM TROPICAL ÚMIDA: um método de análise geográfica sob a ótica geo-hidroecológica**. Pesquisa desenvolvida sob os auspícios do Cons. Nac.de Desenv. Científico e Tecnológico/CNPq, Fund. de Amp. Pesq. do Rio de Janeiro/FAPERJ, Fund. Univ. José Bonifácio/FUJB, PRONEX/FINEP-CNPq e FUJB-PROBIO-Banco Mundial. 2000.
- Faddeeva, V. N. **Computational Methods of Linear Algebra**. New York, Dover Press, 1958.
- Gemael, C. **Aplicações do Cálculo Matricial em Geodésia: Ajustamento de Observações**. Curso de Pós-Graduação em Ciências Geodésicas, UFPR, Curitiba, PR. 1973a.
- GEOHECO. **ESTUDOS DE QUALIDADE AMBIENTAL DO GEOECOSSISTEMA DO MACIÇO DA TIJUCA**, Projeto – Processo 14/000-831/99, Secretaria Municipal de Meio Ambiente, da Prefeitura da Cidade do Rio de Janeiro. 2000
- Goodchild, M.; Bradley, P.; Steyaert, L., **Environmental Modelling with GIS**. New York: Oxford University Press, 488 pp. 1993.
- Jones, C., **Geographical Information Systems and Computer Cartography**, Addison Wesley Longman Limited, Essex, England, 319 pp. 1997.
- Kraak M. J. & Ormeling F. J., **Cartography-Visualization of Spatial Data**, Addison Wesley Longman Limited, Essex, England, 222 pp. 1996.
- Laurini, R.; Thompson, D. **Fundamentals of Spatial Information Systems**. Toronto: Academic Press, 680 pp. Longman., 1992.
- Meirelles, M.S. P., **Análise Integrada do Ambiente através de Geoprocessamento – Uma Proposta Metodológica para Elaboração de Zoneamentos**. Orientadora: Ana Luiza Coelho Netto. Rio de Janeiro: UFRJ/ Pós-Graduação em Geografia, 280p. Tese de Doutorado. 1997.
- Menezes, P. M. L., **A Interface Cartografia-Geoecologia nos Estudos Diagnósticos e Prognósticos da Paisagem: Um Modelo de Avaliação de Procedimentos Analítico-Integrativos**. Orientadora: Ana Luiza Coelho Netto. Rio de Janeiro: UFRJ/ Pós-Graduação em Geografia, 2000. 271p. Tese de Doutorado