



INTEGRANDO MÉTODOS QUALITATIVO E QUANTITATIVO DA PESQUISA OPERACIONAL NA AVALIAÇÃO DA RBMC (REDE BRASILEIRA DE MONITORAMENTO CONTÍNUO)

B. Q. Fortunato¹, S. O. A. Netto¹

¹Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brasil

Comissão II – Geodésia, Astronomia, Topografia e Agrimensura

RESUMO

O objetivo desse trabalho é fazer uma análise qualitativa da eficiência da Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS (Global Navigation Satellite System) (RBMC) utilizando o método Complex Holographic Assessment of Paradoxical Problems (CHAP²) que tem como premissa a organização da intersubjetividade facilitada pelo uso de representação visual do conhecimento estruturado (Mapa Conceitual), de modo a aumentar o grau de consciência para gerenciar os paradoxos resultantes da complexidade dos sistemas vivos. E, também, fazer uma análise quantitativa utilizando Análise Envoltória de Dados (DEA) que terá como resultado um ranking em termos de eficiência que será avaliado por um profissional da área.

Palavras-chave: Eficiência, Intersubjetividade, Visual, Mapa, DEA.

ABSTRACT

The proposal of this work is to make a qualitative analysis of the efficiency of the Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo dos Sistemas GNSS (Global Navigation Satellite System) (RBMC) using the Complex Holographic Assessment of Paradoxical Problems (CHAP²) method, whose premise is the organization of intersubjectivity facilitated by the use of visual representation of structured knowledge (Conceptual Map) in order to increase the degree of consciousness to manage the paradoxes resulting from the complexity of living systems. And also make a quantitative analysis using Data Envelopment Analysis (DEA) that will result in a ranking in terms of efficiency that will be evaluated by a professional of the area.

Keywords: Efficiency, Intersubjectivity, Visual, Map, DEA.

1- INTRODUÇÃO

O GNSS, sigla para o termo Global Navigation Satellite System (Sistema de Navegação Global por Satélite), engloba o Global Positioning System (GPS) dos Estados Unidos, o Sistema Glonass da Rússia, o Galileo da União Europeia e o Beidou ou Compass da China (Monico, 2007).

A utilização da tecnologia GNSS provocou uma verdadeira revolução nas atividades de navegação e posicionamento. Os trabalhos geodésicos e topográficos passaram a ser realizados de forma mais rápida, precisa e econômica. À medida que as técnicas de posicionamento evoluem, diversas aplicações em tempo real e pós-processado têm surgido, tornando o papel da RBMC (Rede Brasileira de Monitoramento Contínuo) cada vez mais amplo.

Em operação desde 1996, a RBMC foi a primeira rede desta natureza implantada na América do Sul. A implantação, manutenção e operação da rede são conduzidas pelo IBGE (Instituto Brasileiro de

Geografia e Estatística), com o apoio de dezenas de instituições públicas de todo o país. A RBMC possui atualmente 123 (cento e vinte e três) estações no território brasileiro.

As estações da RBMC desempenham justamente o papel do ponto de coordenadas conhecidas pertencentes ao Sistema Geodésico Brasileiro (SGB), eliminando a necessidade de que o usuário imobilize um receptor em um ponto que, muitas vezes, oferece grandes dificuldades de acesso. Cada estação possui um receptor e antena geodésica, conexão de Internet e fornecimento constante de energia elétrica que possibilita a operação contínua da estação.

2-ANÁLISE QUALITATIVA

CHAP² é a sigla para “Complex Holographic Assessment of Paradoxical Problems”. Trata-se de uma metodologia sistêmica de estruturação de problemas, baseada em mapas metacognitivos, que auxiliam na resolução de problemas de alta complexidade e que

envolve interações entre os componentes humanos, tecnológicos, organizacionais e ambientais. Essa metodologia se mostra oportuna para a investigação do problema, à medida que é capaz de representar a complexidade associada, articulando um processo multimetodológico.

A metodologia CHAP² requer a articulação de diversos desenvolvimentos recentes, a saber:

- Teoria da Mente como conjunto de conhecimentos importantes para se compreender os diferentes comportamentos humanos, tais como a psicologia das personalidades, a expressão das emoções e as culturas organizacionais.
- O Pensamento Sistemico, herdeiro da cibernética e da Teoria Geral dos Sistemas, que desvela propriedades e fenômenos imperceptíveis sob a teoria organizacional dominante.
- A Teoria da Complexidade Social, em particular por permitir identificar paradoxos existenciais e polaridades, que precisam ser gerenciados.
- Os Métodos de Estruturação de Problemas, nascidos na Pesquisa Operacional do Reino Unido, e que focam a fase de modelagem dos problemas, e permitem a validação contextual e comprometida com resultados concretos.
- A representação de perspectivas em relação a problemas, que podem ser estruturadas através de mapas conceituais/cognitivos, e permitem integrar aspectos quantitativos com qualitativos.

Teoria sobre multiplicidade e dialogicidade, assim como da metacognição x auto-engano, ambas em consonância com a expressão de paradoxos estruturais (Lins, 2014).

A metodologia proposta para o CHAP² abrange duas instâncias: a percepção do problema e a intervenção sobre o problema, tendo em conta a regulação externa localizada e a interna distribuída, buscando integrar as perspectivas dos analistas e dos agentes envolvidos e integrando abordagens qualitativa e quantitativa.

A regulação externa é essencial na tomada de decisão centralizada e legal, requerendo o estabelecimento de indicadores quantitativos. Entretanto, a regulação interna é essencial à percepção dos problemas do mundo real complexo; também se utiliza de indicadores para desenvolver a percepção dos agentes envolvidos com relação aos processos em que se inserem, e assim tomar decisões distribuídas.

A abordagem do modelo CHAP² compreende seis etapas:

- I. Caracterização do Sistema Real e agentes relevantes.
- II. Seminários, avaliações e dinâmicas metacognitivas.
- III. Caracterização dos padrões de percepção dos atores.
- IV. Workshops para elaboração dos modelos conceitual e paradoxal.
- V. Articulação com modelos de indicadores.
- VI. Identificação e implementação de ações viáveis.

3-ANÁLISE QUANTITATIVA

O Software DEA Frontier usa o Excel Solver como mecanismo para resolver os modelos de Análise Envoltória de Dados (DEA) que foi desenvolvido pelo Professor Joe Zhu do WPI (Worcester Polytechnic Institute). É importante relatar que as restrições de pesos não foram introduzidas nos modelos. Na determinação de metas e indicadores de RBMC, cada estação é representada como uma DMU (Decision Making Unit) dotada de autonomia. Além de escolher variáveis e DMUs, a modelagem de DEA requer a escolha do modelo, seja em relação à orientação ou retorno à escala. Neste estudo de caso, utilizamos o modelo DEA VRS com saída orientada.

Enquanto os modelos clássicos de DEA assumem que os inputs (entrada) devem ser minimizados e os outputs (saída) maximizados, o processo de produção pode gerar resultados indesejáveis (outputs) que devem ser minimizados. Uma das abordagens mais comumente usadas para lidar com esse problema é a Transformação Inversa Multiplicativa (MLT) (Golany e Roll, 1989) que consiste em calcular o valor inverso de cada output indesejado, transformando-o em output desejado. Foi adotada uma outra abordagem, que considera o output indesejado como entrada no modelo DEA.

A Análise Envoltória de Dados otimiza cada observação individual com o objetivo de calcular uma fronteira de eficiência, determinada pelas unidades que são Pareto eficientes. O conceito de Pareto eficiência busca um conjunto de unidades não comparáveis entre si, que são eficientes ou melhores que as outras, em ao menos um aspecto ou dimensão. Isto é, dedicam-se a caracterizar as faces eficientes do espaço de solução dos problemas (Stewart, 1996).

Depois de devidamente identificadas as variáveis, um relatório que contém o ranking em termos de eficiência e os benchmarks (referências) é gerado. Basta fazer a avaliação correta do relatório e terá a análise quantitativa do problema.

4- VARIÁVEIS DO PROBLEMA E ESTUDO DE CASO

Como é possível observar na tabela, uma das variáveis identificadas para esse problema foi: dias de funcionamento que equivale a quantidade de dias no ano que a estação esteve funcionando perfeitamente.

Outra variável identificada foi o efeito do multicaminhamento que é o erro que resulta no sinal GPS que chega ao receptor através de mais de um caminho (como quando sua localização fica perto de edifícios ou outras elevações, estruturas metálicas ou superfícies de água). Este efeito aparece porque o sinal de satélite não viaja diretamente para a antena, mas atinge primeiro algum objeto e é refletido na antena criando uma medição falsa. Os efeitos podem ser estimados usando uma combinação de frequência f_1 e f_2 , código e portadora. Normalmente pode ser computado em L1 (MP1) e L2 (MP2).

A última variável identificada foi a quantidade de elétrons livres, causados pelas explosões solares, presentes na ionosfera que causam um atraso no sinal GNSS. É feita uma correção para o efeito da ionosfera nesse sinal captado e por isso essa variável não aparece nos relatórios das estações e não foi considerada para a análise quantitativa desse trabalho.

TABELA 1 – VARIÁVEIS IDENTIFICADAS

| |
|-----------------------------|
| Dias de Funcionamento |
| MP1 em fase portadora L1 |
| MP2 em fase portadora L2 |
| Presença de elétrons livres |

O banco de dados utilizado no modelo DEA foi o sistema de informação da RBMC, referente ao ano de 2016. As variáveis utilizadas foram dias de funcionamento, multicaminhamento1 (MP1) e multicaminhamento 2 (MP2). Todas entraram como

outputs no Software utilizado. As variáveis MP1 e MP2 entraram como outputs indesejáveis e por isso foram utilizados os valores $1/MP1$ e $1/MP2$.

No relatório gerado, algumas DMUs, apesar da eficiência calculada ter sido 1 estão na Região Pareto Ineficiente. Pois elas somente seriam eficientes se o benchmark (referência) fosse ela mesma (foi o caso de COAM, MTVB, SPS1 e UFPR). Desta maneira, foi preciso recalculas as eficiências usando a medida de Russell orientada a output. Onde os novos valores ocuparam o lugar desses “falsos resultados 1”.

Uma das primeiras medidas de eficiência não-radiais (Färe e Lovell, 1978) minimiza a média aritmética não ponderada da redução proporcional de todos os inputs individuais mantendo constante o nível de outputs. Esta medida foi mais tarde generalizada para o caso não orientado em que os inputs e outputs poderiam mudar a fronteira de produtividade. O gráfico da eficiência de Russell (Färe et al., 1985) com referência a uma tecnologia geral T é

$$R_o = \min \left\{ \frac{\sum_{i=1}^m \theta_i x_i + \sum_{r=1}^s \frac{1}{\beta_r} y_r}{m+s} \mid (\theta_i, x_i, \beta_r, y_r) \in T, \theta_i \leq 1, \beta_r \geq 1 \right\} \quad (1)$$

Onde θ_i e β_r são, respectivamente, os valores de input e output.

Quando β_r não é considerado, a função acima se reduz para $\sum \theta_i / m$, que é o input para a medida de eficiência de Russell que pode, portanto, ser definida com uma orientação de entrada (input) ou saída (output) ou sem orientação (como acima). Em qualquer caso, o resultado da medida de eficiência reflete todas as fontes de ineficiência.

Depois de feito tudo isso, bastou calcular o inverso das eficiências e colocá-las em ordem decrescente para obter o ranking final como pode ser visto na figura abaixo.

| Tabela Final de Eficiência | | | | | |
|----------------------------|------------------------------------|--------------------|---------|---------|-------------------|
| Ranking | Estação | Eficiência | Ranking | Estação | Eficiência |
| 1 | Coam, Mtvb, Sps1, Ufpr | 1,0000000000000000 | 54 | Mgin | 0,954063016463290 |
| 2 | Pitn | 0,997267759562847 | 55 | Rsal | 0,954018330664571 |
| 3 | Mgrp, Smar | 0,997267759562846 | 56 | Recf | 0,953551912568312 |
| 4 | Gour, Mki, Pasm, Rjcg | 0,997267759562843 | 57 | Pisr | 0,953551912568309 |
| 5 | Riod | 0,997267759562840 | 58 | Mabb | 0,951961611267439 |
| 6 | Ppte, Spfr | 0,997267759562839 | 59 | Prov | 0,951038229126461 |
| 7 | Ceeu | 0,997153928040599 | 60 | Amha | 0,945355191256836 |
| 8 | Mgv1 | 0,996273526461274 | 61 | Imbt | 0,945355191256833 |
| 9 | Pbcg, Peaf | 0,994535519125687 | 62 | Mtsr | 0,942622950819677 |
| 10 | Batf, Mabs | 0,994535519125681 | 63 | Saga | 0,940057727184487 |
| 11 | Bele | 0,991803278688531 | 64 | Maba | 0,939890710382520 |
| 12 | Amua, Mtoo, Rnmo | 0,991803278688525 | 65 | Bavc | 0,937474197734523 |
| 13 | Scaq, Spli | 0,991803278688524 | 66 | Rood | 0,932357241501557 |
| 14 | Pove | 0,991654818312153 | 67 | Ube1 | 0,930875800475189 |
| 15 | Pbjp | 0,989071038251373 | 68 | Mtsf | 0,920148528902688 |
| 16 | Spbo | 0,989071038251372 | 69 | Mapa | 0,919170120613705 |
| 17 | Sjss | 0,989071038251365 | 70 | Rnna | 0,909077921223175 |
| 18 | Mscg | 0,986890355069374 | 71 | Prma | 0,907683564733996 |
| 19 | Bait | 0,986338797814215 | 72 | Roji | 0,907103825136617 |
| 20 | Amco, Mton, Rnfp, Rogm, Rscf, Savo | 0,986338797814208 | 73 | Aps1 | 0,904371584699455 |
| 21 | Poli | 0,986338797814207 | 74 | Gogy | 0,901603466616128 |
| 22 | Cuib | 0,985844122840349 | 75 | Paat | 0,893442622950820 |
| 23 | Cruz | 0,985812750426231 | 76 | Aplj | 0,890710382513662 |
| 24 | Bair | 0,985193680533221 | 77 | Ambc | 0,885245901639344 |
| 25 | Ssa1 | 0,984044684108509 | 78 | Ilha | 0,879781420765032 |
| 26 | Amte | 0,983964511009560 | 79 | Babj | 0,871584699453554 |
| 27 | Ifsc, Naus | 0,983606557377048 | 80 | Pait | 0,860655737704921 |
| 28 | Seaj | 0,983540003966176 | 81 | Jamg | 0,857923497267763 |
| 29 | Riob | 0,982579049512467 | 82 | Mtnx | 0,857923497267760 |
| 30 | Poal | 0,981241671896773 | 83 | Crat | 0,856247199593916 |
| 31 | Mgub, Spdr | 0,980874316939889 | 84 | Vico | 0,855537355743361 |
| 32 | Cefe | 0,980874316939888 | 85 | Spar | 0,852947214011529 |
| 33 | Goja, Neia, Sptu, Togu | 0,978142076502730 | 86 | Mc11 | 0,850107218379487 |
| 34 | Gval | 0,977531462583223 | 87 | Spc1 | 0,836601848177016 |
| 35 | Bail | 0,977525052132871 | 88 | Rosa | 0,833333333333336 |
| 36 | Mgmc | 0,977193149193180 | 89 | Msdv | 0,827971593754359 |
| 37 | Impz, Mgbh | 0,975409836065571 | 90 | Spja | 0,792349726775960 |
| 38 | Dnrj | 0,974694323451272 | 91 | Babr | 0,790236648012461 |
| 39 | Rspe | 0,973871374358955 | 92 | Uba1 | 0,788135451840352 |
| 40 | Picr | 0,972677595628422 | 93 | Prgu | 0,779771083566509 |
| 41 | Topl | 0,968837032394756 | 94 | Chpi | 0,745901639344267 |
| 42 | Braz | 0,968207692222143 | 95 | Seff | 0,727375921203386 |
| 43 | Cesb | 0,967523486025889 | 96 | Salu | 0,726775956284153 |
| 44 | Boav | 0,967213114754096 | 97 | Sjrp | 0,699453551912572 |
| 45 | Pifl, Sppl | 0,964480874316949 | 98 | Ampr | 0,655737704918033 |
| 46 | Ceft | 0,961748633879785 | 99 | Msaq | 0,612021857923497 |
| 47 | Pepe | 0,960533095120773 | 100 | Mtba | 0,590163934426228 |
| 48 | Soch | 0,959501337789284 | 101 | Bepa | 0,554644808743168 |
| 49 | Itam | 0,959016393442625 | 102 | Amta | 0,530054644808744 |
| 50 | Alar | 0,956284153007379 | 103 | Spbp | 0,524590163934429 |
| 51 | Quri | 0,956284153005469 | 104 | Ammu | 0,521857923497267 |
| 52 | Eesc | 0,956284153005465 | 105 | Spfe | 0,500000000000002 |
| 53 | Sola | 0,955176386353123 | 106 | Mscv | 0,418032786885246 |

Fig. 1 – Ranking FINAL de eficiência das Estações RBMC

5- CONCLUSÃO

Com a ajuda da Gerência de Geodésia do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) foi feita uma avaliação das dez primeiras estações e das dez últimas do ranking para saber quais podem ser as possíveis condições para que a ordem apresentada tenha sido essa.

Talvez algumas estações tenham ficado com um resultado ruim porque estiveram inoperantes durante um período, mas isso não significa que os dados ou a conexão da internet com essas estações sejam ruins.

A estação RIOD está na relação das 10 melhores e, talvez, isso se dê dessa maneira porque fica no quintal

do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE).

A maioria das estações relacionadas como melhores ficam em Universidades como por exemplo: UFPR, PPTTE MGRP, SMAR, GOUR, SPFR, RJCG. E isso é um ponto a favor para as Universidades que cooperam bastante com a operação das estações.

As 10 piores estações estão localizadas na sua maioria na região Amazônica e Centro-Oeste onde temos os maiores problemas de Internet, descarga elétrica e queda de energia. A MSCO, por exemplo, foi uma estação desativada em 2016, e, provavelmente, esse é o motivo dela estar com uma avaliação tão baixa.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos a FAPERJ pelo apoio à presente pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Färe, R., Grosskopf, S., Lovell, C.A.K., 1985, The Measurement of Efficiency of Production. Boston, Kluwer-Nijhoff Publishing.

Färe, R., Lovell, C.A.K., 1978, “Measuring the Technical Efficiency of Production”, Journal of Economic Theory, v. 19, n. 1, pp. 150-162.

Golany, B. and Roll, Y. (1989) An application procedure for DEA, OMEGA International Journal of Management Science, 17 (3), 237-250.

Monico, J. F. G. Posicionamento pelo GNSS – Descrição, fundamentos e aplicações. São Paulo: EditoraUnesp, 2007.

Stewart, T. J., 1996, “Relationships between data envelopment analysis and multicriteria decision analysis”, Journal of the Operations Research Society, v. 47, pp. 654-665.

Notas de aula da disciplina “Tópicos Especiais em Estruturação de Problemas” ministrada na PEP/COPPE-UFRJ.

Site do IBGE - <http://www.ibge.gov.br/home/> - visualizado em janeiro de 2017.