ANÁLISE DO RATING SOBERANO POR MEIO DA DRSA – DOMINANCE-BASED ROUGH SET APPROACH

Ayrton Benedito Gaia do Couto
Analista de Sistemas, BNDES
Av. República do Chile, 100, Centro, Rio de Janeiro, CEP 20031-917, RJ, Brazil, Phone: +55 21 2172-7658
ayrtoncouto@gmail.com

Luiz Flavio Autran Monteiro Gomes
Professor, Ibmec/RJ
Av. Presidente Wilson, 118, Centro, Rio de Janeiro, CEP 20030-020, RJ, Brazil, Phone: +55 21 4503-4053
LGomes4@ibmec.edu.br

Resumo

Este estudo analisa o *rating* soberano (de países) produzido por agências privadas de classificação de risco, a partir de determinantes econômicos. Para tanto, faz-se uso da Teoria dos Conjuntos Aproximativos e do princípio da Dominância. Tal uso justifica-se pela possibilidade da existência de dados imprecisos (variáveis quantitativas e qualitativas, e respectivas ponderações). A análise realizada teve como base a classificação produzida por uma agência internacional de classificação de risco, para o ano de 2015, exclusivamente com relação a variáveis econômicas, embora, a existência de outras variáveis (políticas, sociais, externas, etc.). Demonstrou-se assim que, mesmo considerando um subconjunto (reduzido) de variáveis econômicas, a análise dos dados coletados por meio de um princípio matemático (da Dominância), permitiu identificar aquelas variáveis de maior significância ("núcleo") à decisão de se investir (ou não) em países soberanos.

PALAVRAS CHAVE. Análise Multicritério, *Rating* Soberano, Princípio da Dominância, Teoria dos Conjuntos Aproximativos.

Tópicos: ADM - Apoio à Decisão Multicritério

Abstract

This study analyzes the sovereign rating (countries) produced by private agencies risk rating, from economic determinants. For this, use is made of the Theory of Rough Sets and the principle of Dominance. Such use is justified by the possibility of inaccurate data (quantitative and qualitative variables and their weights). The analysis was based on the classification produced by an international agency risk rating for the year 2015, solely with respect to economic variables, although the existence of other variables (political, social, external, etc.). It proved to be so, even considering a subset (reduced) economic variables, the analysis of data collected through a mathematical principle (Dominance), identified those most significant variables ("core") to the decision to invest (or not) in sovereign countries.

KEYWORDS. Multi-Criteria Analysis, Sovereign Rating, Dominance principle, Rough Set Theory.

Paper topics: ADM - Multicriteria Decision Support

1. Introdução

O estudo analisa o *rating* soberano (de países) produzido por agências privadas de classificação de risco, a partir de determinantes econômicos. Fez-se uso da Teoria dos Conjuntos Aproximativos e do princípio da Dominância. A análise realizada teve como base a classificação produzida por uma agência internacional de classificação de risco, para o ano de 2015, exclusivamente com relação a variáveis econômicas, embora, a existência de outras variáveis (políticas, sociais, externas, etc.). Demonstrou-se assim que, mesmo considerando um subconjunto (reduzido) de variáveis econômicas, a análise dos dados coletados por meio de um princípio matemático (da Dominância), permitiu identificar aquelas variáveis de maior significância à decisão de se investir (ou não) em países soberanos. O presente estudo pautou-se na seguinte questão de pesquisa: "Como inferir padrões sob enfoque multicritério na análise do *rating* soberano produzido por agências privadas de classificação de risco?".

A escolha da Teoria dos Conjuntos Aproximativos (*Rough Set Theory*, RST) e do princípio da Dominância (*Dominance-based Rough Set Approach*, DRSA) como ferramentas de apoio à decisão multicritério, justifica-se pela possibilidade da existência de dados imprecisos (inconsistentes) e da necessidade de tratamento dessas imprecisões. A escolha pela RST decorre da não necessidade de qualquer informação preliminar sobre os dados em questão (ex. distribuição de probabilidade). Outras teorias poderiam ser utilizadas – ex. *Fuzzy Set Theory* ou Teoria dos Conjuntos Nebulosos, proposta por Lotfi Asker Zadeh, em 1965 [Zadeh 1965], como uma extensão da lógica convencional (booleana). Permite-se assim, introduzir o conceito de verdade não absoluta e funciona como uma ferramenta para tratar imprecisões na linguagem natural [Gomes e Gomes 2012]. A RST e a *Fuzzy Set Theory* são abordagens independentes para o tratamento do conhecimento imperfeito (incompleto) e impreciso (vago, indeterminado) [Ziarko et al. 1995]. Como apoio à análise multicritério, utilizou-se do software jMAF (*Dominance-Based Rough Set Data Analysis Framework*) [Szeląg et al. 2012], cedido para fins de pesquisa pelo Instituto de Ciência da Computação, Universidade de Tecnologia de Poznan, Polônia. Este estudo compreende uma breve abordagem sobre a Teoria dos Conjuntos Aproximativos (RST) e do princípio da Dominância (DRSA) – seções 2 e 3, respectivamente; análise do *rating* soberano sob enfoque multicritério – seção 4; e, termina com as conclusões e indicações de estudos futuros – seção 5.

2. Teoria dos Conjuntos Aproximativos

A RST teve origem com Zdzislaw Pawlak [Pawlak 1982], para o tratamento da imprecisão de dados utilizando-se de "aproximações inferior e superior" de um conjunto de dados [Pawlak 1991]. Um dos seus conceitos, a "relação de indiscernibilidade" (*indiscernibility*), identifica os objetos com a mesma propriedade (objetos "indiscerníveis", que são tratados como idênticos ou similares). Um sistema de informação pode ser definido como uma "tupla" (ou sequência ordenada): $S = (U, Q, V, f)$. Segue-se: U é um conjunto finito de objetos; Q é um conjunto finito de atributos; $V = \cup_{q \in Q} V_q$, onde V_q é o domínio do atributo q; $U \times Q$ é o produto cartesiano dos conjuntos U e Q; $f: U \times Q \rightarrow V$ é uma função total tal que, $f(x, q) \in V_q$ para cada $q \in Q$, $x \in U$, conhecida como "função de informação" [Pawlak e Slowinski 1994]. Dado um sistema de informação, $S = (U, Q, V, f)$, e $P \subseteq Q$, e x, y $\in U$, diz-se que x e y são "indiscerníveis" pelo conjunto de atributos P em S, se $f(x,q) = f(y,q)$ para todo $q \in P$. Assim, todo $P \subseteq Q$ gera uma relação binária em U, conhecida como "relação de indiscernibilidade", denotada por IND(P). Dado que, $P \subseteq Q$ e $Y \subseteq U$, a aproximação inferior ($\underline{P}\,Y$) e a aproximação superior ($\overline{P}\,Y$) são definidas como:

$$\underline{P}\,Y = \cup \{X \in U / P: X \subseteq Y\} \text{ e } \overline{P}\,Y = \cup \{X \in U / P: X \cap Y \neq \emptyset\} \qquad (1)$$

Dois conceitos fundamentais: "redução" (reduct) e "núcleo" (core) de um sistema de informação. Redução é a sua parte essencial, isto é, o conjunto de atributos que fornece a mesma qualidade de classificação que o conjunto original de atributos (permite tomar as mesmas decisões caso houvesse todos os atributos de condição). O núcleo representa o subconjunto mais importante desse conhecimento [Pawlak 1991] [Pawlak e Slowinski 1994].

3. Princípio da Dominância

O aspecto chave da decisão multicritério é a consideração de objetos descritos por múltiplos critérios e que representam pontos de vista conflitantes. Critérios são atributos com domínios com preferência ordenada – e.g., na escolha de um automóvel pode-se considerar que preço e consumo de combustível sejam características que deveriam servir de critério para a sua aquisição. Usualmente, considera-se que preço baixo seja melhor que preço alto e, que consumo de combustível moderado é mais desejável que um alto consumo. Geralmente, para outros atributos como cor e país de origem cujos domínios não têm uma preferência ordenada, não são considerados como critérios de decisão – são atributos regulares. Assim, pela abordagem da RST não se permite analisar problemas de decisão multicritério dado que, a análise é somente sobre atributos regulares (sem considerar os critérios). Além de que, não se consegue identificar inconsistências que violam o princípio de dominância: "objetos que possuem uma melhor avaliação ou que possuem no mínimo a mesma avaliação (classe de decisão) não podem ser associados a uma pior classe de decisão, considerados todos os critérios de decisão".

A RST ignora não somente a ordem de preferência no conjunto de valores dos atributos, mas também, a relação "monotônica" das avaliações dos objetos quanto aos valores dos atributos de condição e a ordem de preferência dos valores dos atributos de decisão (classificação ou grau de preferência) [Matarazzo et al. 2012] [Kotlowski e Slowinski 2013]. Essa questão é tratada por uma extensão da RST: princípio da Dominância ou DRSA [Matarazzo et al. 2012]. Por esse princípio, as "relações de indiscernibilidade" são substituídas por "relações de dominância" nas aproximações das classes de decisão. Pela DRSA, devida à ordem de preferência entre as classes de decisão, os conjuntos tornam-se aproximações e são conhecidos como uniões de classes de decisão "acima" (*upward*) e "abaixo" (*downward*). Assim, para uma "tupla" (ou sequência ordenada) $S = (U, Q, V, f)$, o conjunto Q é, em geral, dividido em atributos de condição (conjunto C) e em atributos de decisão (conjunto D). Partindo-se de que, todos os atributos de condição ($q \in C$) sejam critérios de decisão, S_q representa uma relação fora de classificação em U com respeito ao critério q tal que, xS_qy representa "x é no mínimo tão bom quanto y com relação ao critério q". Assumindo que o conjunto de atributos de decisão D estabelece uma partição de U em um número finito de classes – $\mathbf{Cl} = \{Cl_t, t \in T\}$, $T = \{1, ..., n\}$, é um conjunto dessas classes tal que cada $x \in U$ pertence a uma e somente uma $Cl_t \in \mathbf{Cl}$. Supõe-se que, essas classes sejam ordenadas, isto é, para todo $r, s \in T$, tal que $r > s$, os objetos de Cl_r são preferíveis aos objetos da classe Cl_s. Assim, os objetos podem ser aproximados por uniões de classes de decisão "acima" e "abaixo", respectivamente: $Cl_t^{\geq} = \bigcup_{s \geq t} Cl_s$, $Cl_t^{\leq} = \bigcup_{s \leq t} Cl_s$, t=1,...,n. Consequentemente, a relação de indiscernibilidade é substituída por uma relação de dominância. Diz-se que x domina y com relação a $P \subseteq C$, denotado por xD_Py, se xS_qy para todo $q \in P$. A relação de dominância é reflexiva e transitiva. Dado que, $P \subseteq C$ e $x \in U$, os "grânulos de conhecimento" usados nas aproximações na DRSA são: um conjunto de objetos dominantes sobre x, denominado conjunto P-dominante: $D_P^+(x) = \{y \in \bigcup : yD_Px\}$; - um conjunto de objetos dominados por x, denominado conjunto P-dominado: $D_P^-(x) = \{y \in \bigcup : xD_Py\}$. Usando os conjuntos $D_P^+(x)$, as aproximações P-inferior e P-superior de $Cl_t^{\geq}$ são: $\underline{P}(Cl_t^{\geq}) = \{x \in \bigcup : D_P^+(x) \subseteq Cl_t^{\geq}\}$, $\overline{P}(Cl_t^{\geq}) = \bigcup_{x \in Cl_t^{\geq}} D_P^+(x)$, para t=1,...,n. Analogamente, as aproximações P-inferior e P-superior de $(Cl_t^{\leq})$ são: $\underline{P}(Cl_t^{\leq}) = \{x \in \bigcup : D_P^-(x) \subseteq Cl_t^{\leq}\}$, $\overline{P}(Cl_t^{\leq}) = \bigcup_{x \in Cl_t^{\leq}} D_P^-(x)$, para t=1,...,n. Os conjuntos P-fronteira (*P-boundaries*) de $Cl_t^{\geq}$ e $Cl_t^{\leq}$ são: $Bn_P(Cl_t^{\geq}) = \overline{P}(Cl_t^{\geq}) - \underline{P}(Cl_t^{\geq})$, $Bn_P(Cl_t^{\leq}) = \overline{P}(Cl_t^{\leq}) - \underline{P}(Cl_t^{\leq})$, para t=1,...,n. Essas aproximações das uniões de classes "acima" e "abaixo" podem servir para induzir regras de decisão "*se ... então ...*". Para dada união de classe "acima" ou "abaixo", $Cl_t^{\geq}$ ou $Cl_t^{\leq}$, $s,t \in T$, as regras induzidas sob a hipótese de que os objetos

pertencem a aproximações inferiores $\underline{P}(Cl_t^{\geq})$ ou a $\underline{P}(Cl_t^{\leq})$ são positivas, e todas as outras são negativas, sugerem a atribuição de um objeto para "ao menos uma classe Cl_t" ou para "ao máximo uma classe Cl_s", respectivamente. Essas regras são conhecidas como "regras de decisão certas" ($D_{\leq}$ ou $D_{\geq}$) porque atribuem os objetos para uniões de classes de decisão sem qualquer ambiguidade. Em contraponto, se os objetos pertencem a aproximações superiores, as regras são conhecidas como "regras de decisão possíveis". Assim, os objetos poderiam pertencer para "ao menos uma classe Cl_t" ou para "ao máximo uma classe Cl_s". E se os objetos pertencem à interseção $\overline{P}(Cl_s^{\leq}) \cap \overline{P}(Cl_t^{\geq})$ ($s<t$), as regras induzidas são conhecidas como "regras aproximadas", isto é, os objetos estão entre as classes Cl_s e Cl_t. Assim, se para cada critério $q \in C$, $V_q \subseteq \mathbf{R}$ (V_q é quantitativo) e que para cada $x, y \in U$, $f(x,q) \geq f(y,q)$ implica xS_qy (V_q possui uma ordem de preferência), as regras de decisão podem ser consideradas sob 5 tipos:

1- regras de decisão certas-$D_{\geq}$:

se $f(x,q_1) \geq r_{q1}$ *e* $f(x,q_2) \geq r_{q2}$ *e* ... $f(x,q_p) \geq r_{qp}$, *então* $x \in Cl_t^{\geq}$

2- regras de decisão possíveis-$D_{\geq}$:

se $f(x,q_1) \geq r_{q1}$ *e* $f(x,q_2) \geq r_{q2}$ *e* ... $f(x,q_p) \geq r_{qp}$, *então x poderia pertencer a* $Cl_t^{\geq}$

3- regras de decisão certas-$D_{\leq}$:

se $f(x,q_1) \leq r_{q1}$ *e* $f(x,q_2) \leq r_{q2}$ *e* ... $f(x,q_p) \leq r_{qp}$, *então* $x \in Cl_t^{\leq}$

4- regras de decisão possíveis-$D_{\leq}$:

se $f(x,q_1) \leq r_{q1}$ *e* $f(x,q_2) \leq r_{q2}$ *e* ... $f(x,q_p) \leq r_{qp}$, *então x poderia pertencer a* $Cl_t^{\leq}$

onde $P = \{q_1, ..., q_p\} \subseteq C$, $(r_{q1}, ..., r_{qp}) \in V_{q1} \times V_{q2} \times ... \times V_{qp}$ e $t \in T$;

5- regras aproximadas- $D_{\leq\geq}$:

se $f(x,q_1) \geq r_{q1}$ *e* $f(x,q_2) \geq r_{q2}$ *e* ... $f(x,q_k) \geq r_{qk}$ *e* $f(x,q_{k+1}) \leq r_{qk+1}$ *e* $f(x,q_p) \leq r_{qp}$, *então* $x \in Cl_s \cup Cl_{s+1} \cup ... \cup Cl_t$.

As regras de tipos "1" e "3" representam "conhecimento certo" extraído de uma tabela de dados (ou sistema de informações); as regras de tipos "2" e "4" representam "conhecimento possível" e, a regra de tipo "5", "conhecimento ambíguo". Como exemplo de aplicação dos conceitos anteriores, a Tabela 1 a seguir, ilustra uma tabela de dados com três critérios de condição $C = \{q_1, q_2, q_3\}$, de preferência todos maximizados e, três classes de decisão Cl_1, Cl_2 e Cl_3, de preferência em ordem numérica crescente [Stefanowski et al. 2005].

Objeto	*q1*	*q2*	*q3*	*D*
001	1,5	3	12	Cl_2
002	1,7	5	9,5	Cl_2
003	0,5	2	2,5	Cl_1
004	0,7	0,5	1,5	Cl_1
005	3	4,3	9	Cl_3
006	1	2	4,5	Cl_2
007	1	1,2	8	Cl_1
008	2,3	3,3	9	Cl_3
009	1	3	5	Cl_1
010	1,7	2,8	3,5	Cl_2
011	2,5	4	11	Cl_2
012	0,5	3	6	Cl_2
013	1,2	1	7	Cl_2
014	2	2,4	6	Cl_1
015	1,9	4,3	14	Cl_2
016	2,3	4	13	Cl_3
017	2,7	5,5	15	Cl_3

Tabela 1 - Tabela com 3 critérios de condição e 3 classes de decisão; Fonte: [Matarazzo et al. 2012]

Os objetos podem ser aproximados por uniões de classes de decisão "acima" e "abaixo" (substituição da relação de indiscernibilidade por relação de dominância), respectivamente: $Cl_t^{\geq} = \bigcup_{s \geq t} Cl_s$, $Cl_t^{\leq} = \bigcup_{s \leq t} Cl_s$, t =1,...,n. Para este exemplo (Tabela 1) tem-se:

$Cl_1^{\leq}$ = {3,4,7,9,14}, dado que se trata da classe mais "abaixo" das classes de decisão Cl_1, Cl_2 e Cl_3.

$Cl_2^{\leq}$= {1,2,3,4,6,7,9,10,11,12,13,14,15}, trata-se da união das classes Cl_1 e Cl_2.

$Cl_2^{\geq}$= {1,2,5,6,8,10,11,12,13,15,16,17}, trata-se da união das classes Cl_2 e Cl_3.

$Cl_3^{\geq}$= {5,8,16,17}, dado que se trata da classe mais "acima" das classes de decisão Cl_1, Cl_2 e Cl_3.

Há 5 objetos que violam o princípio de dominância: 6, 8, 9, 11 e 14. Por exemplo, o objeto "9" domina o objeto "6" porque é melhor em todos os critérios de condição (q_1, q_2 e q_3). Entretanto, atribui-se a uma classe de decisão Cl_1 pior que Cl_2. A seguir foram extraídas as aproximações inferior ($\underline{C}$) e superior ($\overline{C}$), respectivamente, de cada classe "abaixo" e "acima":

$\underline{C}(Cl_1^{\leq})$ = {3, 4, 7}, dado que os objetos 3, 4 e 7 <u>certamente</u> pertencem à classe $Cl_1^{\leq}$; $\overline{C}(Cl_1^{\leq})$ = {3, 4, 6, 7, 9, 14}, dado que os objetos 6, 9 e 14 violam o princípio de dominância, esses <u>possivelmente</u> pertencem à classe $Cl_1^{\leq}$. Assim, com os objetos 3, 4 e 7, esse subconjunto por definição (expressões em "1", seção 2), forma a aproximação superior da classe $Cl_1^{\leq}$. Idêntico raciocínio para obter as aproximações inferior e superior das classes "abaixo" e "acima" de Cl_2 e Cl_3.

$\underline{C}(Cl_2^{\leq})$ = {1, 2, 3, 4, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 14, 15},

$\overline{C}(Cl_2^{\leq})$ = {1, 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15},

$\underline{C}(Cl_2^{\geq})$ = {1, 2, 5, 8, 10, 11, 12, 13, 15, 16, 17},

$\overline{C}(Cl_2^{\geq})$ = {1, 2, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17}.

Para a classe "acima" $Cl_3^{\geq}$ por exemplo, os objetos 5, 16 e 17 <u>certamente</u> pertencem a essa classe. Os objetos 8 e 11 <u>possivelmente</u> pertencem a essa mesma classe, tendo em vista que violam o princípio da dominância (o objeto 11 domina o objeto 8 em relação a todos os critérios de condição mas pertence à classe Cl_2). Assim, obtém-se as aproximações inferior e superior da classe "acima" $Cl_3^{\geq}$, respectivamente: $\underline{C}(Cl_3^{\geq})$ = {5, 16, 17}; $\overline{C}(Cl_3^{\geq})$ = {5, 8, 11, 16, 17}.

Como a classe Cl_3 é a de maior valor e considerando-se a extração de regras do tipo "1" ("regras de decisão certas-$D_{\geq}$", seção 3) para a aproximação inferior da classe "acima" $Cl_3^{\geq}$, aplicou-se a sequência de análise proposta pelo algoritmo DOMLEM [Stefanowski et al. 2005]. Foram extraídas <u>as regras de decisão com os respectivos objetos que a satisfazem à regra e suas medidas de avaliação</u>: ($[e_i] \cap G/[e_i]$) e ($[e_i] \cap G$), onde "e_i" representa uma regra e "G" a aproximação inferior sob análise – $\underline{C}(Cl_3^{\geq})$:

e_1= ($f(x,q_1) \geq 2{,}3$), {5, 8, 11,16, 17}, 0,6 , 3;
para essa regra (e_1) por exemplo, $[e_i]$ = $[e_1]$ = {5, 8, 11,16, 17}, representa os objetos que satisfazem à condição "$q_1 \geq 2{,}3$", G = $\underline{C}(Cl_3^{\geq})$ = {5, 16, 17}, $[e_i] \cap G/[e_i]$ = card ({5, 8, 11,16, 17} ∩ {5, 16, 17}) / card ({5, 8, 11,16, 17}) = 3 / 5 = 0,6 $[e_i] \cap G$ = card ({5, 8, 11,16, 17} ∩ {5, 16, 17}) = 3;
e_2= ($f(x,q_1) \geq 2{,}7$), {5, 17}, 1,0 , 2;
e_3= ($f(x,q_2) \geq 4$), {2, 5, 11, 15, 16, 17}, 0,5 , 3;
e_4= ($f(x,q_2) \geq 4{,}3$), {2, 5, 15, 17}, 0,5 , 2;
e_5= ($f(x,q_2) \geq 5{,}5$), {17}, 1,0 , 1;
e_6= ($f(x,q_3) \geq 9$), {1, 2, 5, 8, 11, 15, 16, 17}, 0,38 , 3;
e_7= ($f(x,q_3) \geq 13$), {15, 16, 17}, 0,67 , 2;
e_8= ($f(x,q_3) \geq 15$), {17}, 1,0 , 1.

A regra de decisão e_2 é a escolhida, dada a maior medida de avaliação (1,0) e ter mais objetos (2) na interseção "$[e_i] \cap G$", além de satisfazer a condição "$[e_2] \subseteq B$". Após, excluem-se esses objetos de G e, repete-se a lógica de extração das regras de decisão para o objeto restante ("16"). As regras inferidas são:

$e_9 = (f(x,q_1) \geq 2{,}3)$, {8, 11, 16}, 0,33 , 1;
$e_{10} = (f(x,q_2) \geq 4)$, {2, 11, 15, 16}, 0,25 , 1;
$e_{11} = (f(x,q_3) \geq 13)$, {15, 16}, 0,5 , 1.

A regra e_{11} é a regra com maior medida de avaliação (0,5), mas, como o objeto "15" não pertence à aproximação sob análise ($\underline{C}(Cl_3^{\geq})$), faz-se necessário inferir regras "complexas" ("^"): $e_9 \wedge e_{11}$ e $e_{10} \wedge e_{11}$. Assim, a regra $e_9 \wedge e_{11}$ é a escolhida por ter maior medida de avaliação e cobrir os elementos da aproximação inferior. Considerando-se então somente a aproximação inferior da classe "acima" $Cl_3^{\geq}$, obtém-se o seguinte <u>conjunto mínimo de regras de decisão</u>:

se $(f(x,q_1) \geq 2{,}7)$, *então* $x \in Cl_3^{\geq}$ {5, 17}

se $(f(x,q_1) \geq 2{,}3)$ *e* $(f(x,q_3) \geq 13{,}0)$, *então* $x \in Cl_3^{\geq}$ {16, 17}

Por esse conjunto mínimo de regras, identifica-se que: certamente os objetos 5, 16 e 17 pertencem à classe Cl_3. Considerando-se somente o atributo q_1, os objetos que pertencem a essa classe possuem valores superiores ou iguais a "2,7"; considerando-se os atributos q_1 e q_3, os objetos que pertencem a mesma classe possuem valores superiores ou iguais a "2,3" e "13,0", respectivamente. Alguns conceitos são definidos: fator de "intensidade" ("strength") de uma regra, como a razão entre o número de objetos que satisfazem à regra e o número total de objetos; fator de "certeza" ("certainty"), como a razão entre o número de objetos que satisfazem à regra e o número de objetos que satisfazem aos critérios de condição da regra; fator de "cobertura" ("coverage"), como a razão entre o número de objetos que satisfazem à regra e o número de objetos que satisfazem ao critério de decisão da regra. Os fatores de "certeza" e de "cobertura" expressam quão exato é o conhecimento sobre os fatos (dados) em uma tabela de dados; o fator de "intensidade" expressa a razão entre os fatos que podem ser expressos por uma regra de decisão e todos os fatos na tabela de dados. Esses fatores permitem obter relações probabilísticas entre "condições" e "decisões" sobre um conjunto (tabela) de dados e, constituem uma outra abordagem sobre o Teorema de Bayes, sem referência a probabilidades anterior e posterior [Pawlak 2002] [Szelag et al. 2009].

4.Análise do *rating* soberano sob enfoque multicritério

De acordo com [Ferreira et al. 2012], o risco de descumprimento das obrigações contratuais referentes à dívida pública por um Estado soberano, denominado risco ou *rating* soberano, é avaliado por agências privadas de classificação de risco. As agências de *rating* Moody"s, Standard & Poor"s (S&P) e Fitch emitem, periodicamente, com base em critérios predefinidos, suas opiniões acerca do nível de risco de inadimplência de um país e afirmam que fatores econômicos, políticos e sociais orientam suas decisões. As classificações de risco realizadas pelas agências objetivam orientar os investidores em relação à capacidade e à disposição dos países avaliados em honrar os compromissos estabelecidos referentes à dívida pública. Para evidenciar a probabilidade de inadimplência dos países, as agências utilizam uma estrutura metodológica semelhante, baseada em escalas alfanuméricas, símbolos (+ ou -) e denominações como "grau de investimento" ("investment grade") e "grau de especulação" – Tabela 2, a seguir. No que se refere ao risco soberano, os estudos buscam identificar as principais variáveis relacionadas a esse tipo de risco e ponderá-las, de modo a definir uma equação capaz de explicar/prever as avaliações realizadas pelas agências de classificação de risco. Há diversos determinantes: a existência de fatores econômicos, políticos e sociais que as agências admitem influenciar as avaliações; a existência de variáveis qualitativas; e a reduzida orientação fornecida pelas agências quanto à estrutura de ponderação das variáveis quantitativas. Tais dificuldades, contudo, não impediram a constatação de que grande parte das classificações de risco soberano

atribuídas aos países pelas agências pode ser explicada por um pequeno número de variáveis econômicas. Segundo [Frascaroli e Oliveira 2013], os *ratings* de risco soberano realizados pelas agências internacionais de *rating* para os diversos países emissores de dívidas usam critérios que nem sempre são claros, isto é, não há um padrão de quais são os determinantes (qualitativos e quantitativos) para as atribuições desses *ratings* e nem das ponderações utilizadas para cada determinante.

Posição	Empresas			Escala
	Moody´s	S & P	Fitch	Numérica
Investment Grade	Aaa	AAA	AAA	1
	Aa1	AA+	AA+	2
	Aa2	AA	AA	3
	Aa3	AA-	AA-	4
	A1	A+	A+	5
	A2	A	A	6
	A3	A-	A-	7
	Baa1	BBB+	BBB+	8
	Baa2	BBB	BBB	9
	Baa3	BBB-	BBB-	10
Especulativa	Ba1	BB+	BB+	11
	Ba2	BB	BB	12
	Ba3	BB-	BB-	13
	B1	B+	B+	14
	B2	B	B	15
	B3	B-	B-	16
	Caa1	CCC+	CCC+	17
	Caa2	CCC	CCC	18
	Caa3	CCC-	CCC-	19
	-	CC	CC	20
	-	C	C	21
	Ca	SD	DDD	22
	C	D	DD	23
	-	-	D	24

Tabela 2 – Sistemas de classificação de *rating*
Fonte: [Frascaroli e Oliveira 2013]

Há estudos com o intuito de se analisar os *ratings* de risco soberano dos países ou de crédito sob enfoques específicos: elaboração de uma classificação própria dos *ratings* de risco soberano de diversos países emergentes, a partir de fundamentos macroeconômicos, utilizando-se de redes neurais artificiais [Filho et al. 2009]; comparação de técnicas de regressão logística com redes neurais [Mantovani et al. 2013]; modelo de previsão de risco de crédito, contemplando a comparação das técnicas de análise discriminante, regressão logística e redes neurais [Selau e Ribeiro 2009]; previsão de solvência com o uso de regressão logística [Ness Jr. et al. 2002].

A Tabela 3, a seguir, ilustra o conjunto de variáveis econômicas para 102 países relativas ao ano de 2015 [Standard & Poor"s 2016]: PIB (Produto Interno Bruto) nominal (US$ bilhão), PIB per capita (US$), Crescimento real PIB (%), Crescimento real PIB per capita (%), Investimento/PIB (%), Crescimento IPC (Índice de Preço ao Consumidor) (%), Taxa desemprego (%) e Crescimento crédito (%). Foram relacionados apenas os países que possuíam informações disponíveis com relação às variáveis econômicas consideradas neste estudo; não foram consideradas as suas variáveis relativas a fatores políticos, externos, fiscais e monetários [Standard & Poor"s 2011]. Para que essa tabela possa ser caracterizada como uma "tabela de decisão", essas variáveis econômicas foram consideradas "critérios de condição" sob a seguinte forma: tipo "ganho" – quanto maior, melhor; ou, tipo "custo" – quanto menor, melhor. Os critérios de condição são os seguintes: PIB (Produto Interno Bruto) nominal − "ganho"; PIB per capita − "ganho"; Crescimento real PIB − "ganho"; Crescimento real PIB per capita − "ganho"; Investimento/PIB − "ganho"; Crescimento IPC − "custo"; Taxa desemprego − "custo"; Crescimento crédito − "ganho". À Tabela 3 (a seguir), acrescente-se: o Código do País (primeira coluna) e Indicativo de "Investir/não-investir" (última coluna). "Código do País" foi considerado um critério de condição "neutro"; "Indicativo de Investir/não-investir" foi considerado "critério de decisão".

Código país	PIB nominal (bil. US$)	PIB per capita (US$)	Crescimento real PIB (%)	Crescimento real PIB per capita (%)	Investimento/PIB (%)	Crescimento índice preço consumidor (IPC) (%)	Taxa desemprego (%)	Crescimento crédito (%)	Indicativo Investir/Não-investir
AL	11,32	3927,33	2,7	3,22	30,03	2	14,6	3	Não-investimento
AR	579,55	13436,56	1,72	0,63	18,77	20,03	8,2	20	Não-investimento
AW	2,74	25299,1	2,3	1,29	22,32	0,4	7,5	-0,6	Investimento
AU	1338,79	56144,07	2,19	0,58	26,58	1,71	6,05	8,36	Investimento
AT	370,81	43415,5	0,6	0,2	22,12	1,4	5,8	1,5	Investimento
AZ	56,36	5874,99	2,5	1,26	32,47	5	5,2	12	Investimento
BS	8,77	23248,4	1,2	-0,16	27,68	1,8	15	0,73	Investimento
BH	31,23	23175,02	2,5	0	22,43	2,5	3,2	2,5	Investimento
BD	197,96	1253,7	6,4	4,98	28,98	6,7	3,5	14	Não-investimento
BB	4,46	15510,85	1,2	0,7	13,29	1,2	13	3,77	Não-investimento
BY	58,26	6165,61	-3,8	-3,61	29,7	19	1	8	Não-investimento
BE	452,62	40369,84	1,33	0,77	22,93	0,56	8,7	3,7	Investimento
BZ	1,73	4757,42	2,4	0,43	17,35	-0,5	10,1	1,69	Não-investimento
BM	5,75	93172,36	0,25	0,32	10,72	1,6	7	-47,72	Investimento
BO	36,21	3282,6	4,5	2,79	21,03	5	4	9,57	Não-investimento
BA	15,74	4119,39	2	2,1	18,13	0,5	27,5	3	Não-investimento
BW	15,27	7414,5	2,6	1,58	30,09	5	21	15	Investimento
BR	1747,79	8551,23	-3,17	-3,94	18,19	8,9	7,1	8,74	Não-investimento
BG	49,09	6808,54	3	3,52	21,58	-1,4	10,5	-5	Não-investimento
CA	1623,65	45277,12	1,2	0,3	24,04	1,1	6,8	4	Investimento
CV	1,66	3250,69	3	1,48	29,65	0,6	9	4	Não-investimento
CL	239,51	13328,23	2,1	0,96	21,38	4,35	6,42	9,4	Investimento
CN	11049,71	8038,15	6,78	6,25	44,06	1,41	4,11	12	Investimento
CD	43,05	604,39	9	6,13	15,74	2,3	45	20	Não-investimento
CR	50,59	10360,59	3,4	1,87	19,26	4,5	7	10,91	Não-investimento
HR	50,7	11924,38	0,9	1	18,56	0,1	17,2	0	Não-investimento
CW	3,23	19894,71	-0,1	-0,99	27,05	2	11,9	2,04	Investimento
CY	19,37	22689,6	1,5	2,01	11,41	-1,7	16	-4	Não-investimento
CZ	186,32	17705,79	4	3,9	25,51	0,5	5,8	4	Investimento
DK	296,05	52379,97	1,5	1,06	19,46	0,6	6,2	2	Investimento
DO	67,55	6766,9	6	4,95	21,95	1	14	13,98	Não-investimento
EC	104,36	6434,19	0,4	-1,08	28,64	3	5,5	6,3	Não-investimento
EG	311,7	3524,66	4,2	2,16	13,6	11,05	13	18,42	Não-investimento
SV	25,94	4043,21	2,3	1,69	13,58	0,8	6,2	7,82	Não-investimento
EE	22,73	17305,49	1,3	1,5	24,68	0,2	6,5	3,2	Investimento
FI	229,67	41963,49	0,2	-0,2	20,22	0,2	9,5	2	Investimento
FR	2407,95	36422,3	1,08	0,66	21,15	0,21	10,42	3	Investimento
GE	13,93	3241,71	2,1	2,61	27,06	4	14,75	7	Não-investimento
DE	3347,68	41357,35	1,5	1,28	19,96	0,3	4,6	2	Investimento
GH	37,2	1378,34	3,2	1,1	20,12	15	11,2	22	Não-investimento
GR	196,19	17635,85	-0,3	-0,29	9,84	-0,3	27	-1,5	Não-investimento
GT	63,53	3888,87	3,7	1,67	13,94	3	3	12,42	Não-investimento
HN	19,81	2227,56	3,4	1,43	22,32	5,5	3	9,6	Não-investimento
HK	309,2	42351,94	2,48	1,65	23,71	2,47	3,38	8	Investimento
HU	122,5	12439,5	2,9	3,21	22,21	-0,3	6,8	0	Não-investimento
IS	16,53	50439,51	3,8	3,18	18,75	1,9	4,2	4,3	Investimento
ID	872,54	3410,14	4,76	3,51	32,31	6,34	5,82	14	Não-investimento
IE	229,2	49611,17	5,8	5,47	21,86	0,4	9,2	-3	Investimento
IL	299,87	37769,16	2,4	0,89	19,8	-0,3	5,2	7	Investimento
IT	1809,1	29527,28	0,84	0,04	16,65	0,17	12,07	1,5	Investimento
JM	13,93	4950,13	1,2	0,66	22,43	4	13,2	6,95	Não-investimento
JP	4187,98	33009,29	1	1,1	21,63	0,8	3,4	3	Investimento
JO	37,27	5463,41	3	0,78	27,09	0,5	12,4	5	Não-investimento
KZ	154,78	8887,26	1	-0,48	27,86	15	5,3	-12	Investimento
KR	1378,46	27708,07	2,69	2,2	27,91	0,82	3,69	6,5	Investimento
KW	129,92	36252,83	1	-1,94	22,06	2,9	2,12	6	Investimento
KG	6,76	1188,94	4,5	3,39	35,38	11	2,5	15	Não-investimento
LV	27,03	13663,61	2,4	2,81	23,16	0,2	9,7	-2	Investimento
LB	52,12	10091,91	2	-1,92	27,44	1	13	9	Não-investimento
LT	40,54	13913,68	1,5	2,53	20,19	-0,3	9,4	1,2	Investimento
LU	55,7	99348,11	3,2	1,18	19,14	0,3	5,8	7	Investimento
MK	9,36	4521,68	3	2,83	26,8	0	27,5	9	Não-investimento
MY	291,49	9538,9	4,83	3,26	26,8	2,07	3,21	7	Investimento
MT	9,41	21964,28	4,5	3,77	21,8	1	5,8	2	Investimento
MX	1179,11	9744,28	2,28	1,19	22,09	2,75	4,35	9,34	Investimento
MN	12,47	4264,01	3,5	1,97	29,4	7,6	8	10	Não-investimento
ME	4,03	6482,86	3,3	3,23	22,87	1,7	16	1,5	Não-investimento
MA	103,14	3069,16	4,6	3,67	29,31	1,8	9,5	4,5	Investimento
NL	754,76	44669,09	1,94	1,53	18,71	0,34	6,81	2,5	Investimento
NZ	187,03	40966,81	2,95	1,13	23,57	0,61	5,75	6,03	Investimento
NG	412,32	2250,07	3,8	1,12	15,38	10	24	10	Não-investimento
NO	393,24	76223,43	1	0	24,01	2,3	4	5	Investimento
PK	269,97	1420,9	4,24	2,04	15,12	4,53	6	7,81	Não-investimento
PA	53,68	13483,92	6	4,54	22,71	3	4,5	9,18	Investimento
PY	31,26	4450,72	4,3	2,76	17,27	3	5,5	10,71	Não-investimento
PE	192,24	6171,17	2,7	1,59	27	3,5	6,5	17,95	Investimento
PH	307,79	3033,66	5,6	3,98	21,74	1,77	6,52	14	Investimento
PL	478,76	12605,53	3,5	3,6	20,36	-0,4	8	8	Investimento
PT	197,45	18973,66	1,6	1,8	15,24	0,5	13,2	-2,5	Não-investimento
RO	180,44	9082,16	3	3,41	21,92	-0,7	6,6	-1	Investimento
RU	1247,44	8674,76	-3,6	-3,67	18,49	15,6	5,57	3,5	Não-investimento
SA	660,77	20932,6	3,2	0,6	32,25	2,8	5,8	8,5	Investimento
RS	38,29	5381,85	0,4	0,9	17,72	2,4	19,2	0	Não-investimento
SG	287,5	51867,01	1,77	0,42	28,63	-0,33	2,05	6	Investimento
SK	87,2	16082,59	3,3	3,19	21,02	-0,1	11,8	6	Investimento
SI	42,67	20680,93	2,5	2,39	20,33	-0,6	9,4	-5	Investimento
ZA	316,39	5771,92	1,4	0	20,53	4,6	25,5	8	Investimento
ES	1200,46	25732,42	3,23	2,92	19,84	-0,48	22,24	-3,5	Investimento
LK	86,44	4151,7	5,5	4,77	30,15	3,3	4	16	Não-investimento
SE	508,61	52263,81	3,2	2,28	24,28	0,4	7,7	5	Investimento
CH	670,52	80619,92	0,81	-0,15	22,94	-1,14	3,31	1	Investimento
TW	522,91	22275,06	0,93	0,75	20,98	-0,37	3,77	5,5	Investimento
TH	391,4	5882,65	2,75	2,55	23,7	-0,86	0,94	7	Investimento
TT	28,37	21098,51	-0,9	-0,94	12,37	5	4	6,47	Investimento
TR	708,12	9227,3	3,1	1,88	20,15	7,5	10,2	18	Não-investimento
TC	0,86	24048,63	5	2,94	17,98	2	13	8,53	Investimento
UA	93,24	2061,8	-12	-11,6	12,75	55	11	25	Não-investimento
GB	2849,79	44644,75	2,39	1,78	18,26	0,08	5,43	3,5	Investimento
US	17958,32	55880,68	2,45	1,65	20,19	0,12	5,27	4,36	Investimento
UY	53,95	15793,46	2,5	2,14	21,43	9	6,5	14,63	Investimento
VE	689	21949,17	-7	-8,46	21,13	120	7,5	98,81	Não-investimento
VN	202,55	2210,33	6,2	5,15	27,24	4,6	3,2	15	Não-investimento

Tabela 3 – Variáveis econômicas consideradas no ano de 2015
Fonte: [Standard & Poor"s 2016]

Os dados da Tabela 3 (anterior) foram então analisados pelo software jMAF [Szeląg 2012], utilizando-se do princípio de Dominância. Houve a indicação de um "núcleo" ("core") de variáveis econômicas: PIB nominal, PIB per capita, Crescimento IPC, Taxa de desemprego e Crescimento de crédito. Após, a geração das seguintes regras multicritério e respectivos fatores "strength" e "coverage" (Tabela 4, a seguir):

#	Regra	Strength	Coverage
1	(pib_percapita >= 23175,02) => (indicativo_invest_naoinvest >= investimento)	0,3039	0,5344
2	(pib_percapita >= 19894,71) & (cresc_ipc <= 2,0) & (tx_desemprego <= 11,9) => (indicativo_invest_naoinvest >= investimento)	0,2647	0,4655
3	(pib_percapita >= 15793,46) & (tx_desemprego <= 6,5) => (indicativo_invest_naoinvest >= investimento)	0,2450	0,4310
4	(pib_percapita >= 16082,59) & (cresc_ipc <= -0,1) & (tx_desemprego <= 11,8) => (indicativo_invest_naoinvest >= investimento)	0,0588	0,1034
5	(pib_percapita >= 13663,61) & (cresc_ipc <= 0,2) & (tx_desemprego <= 9,7) => (indicativo_invest_naoinvest >= investimento)	0,1078	0,1896
6	(pib_percapita >= 12605,53) & (tx_desemprego <= 6,42) => (indicativo_invest_naoinvest >= investimento)	0,2450	0,4310
7	(cresc_ipc <= -0,4) & (tx_desemprego <= 8,0) => (indicativo_invest_naoinvest >= investimento)	0,0392	0,0689
8	(pib_percapita >= 8887,26) & (tx_desemprego <= 5,3) => (indicativo_invest_naoinvest >= investimento)	0,1764	0,3103
9	(pib_percapita >= 7414,5) & (cresc_ipc <= 5,0) & (cresc_credito >= 15,0) => (indicativo_invest_naoinvest >= investimento)	0,0098	0,0172
10	(pib_nominal >= 316,39) & (cresc_ipc <= 4,6) => (indicativo_invest_naoinvest >= investimento)	0,2254	0,3965
11	(tx_desemprego <= 6,5) & (cresc_credito >= 17,95) => (indicativo_invest_naoinvest >= investimento)	0,0098	0,0172
12	(pib_percapita >= 5874,99) & (cresc_ipc <= 5,0) & (tx_desemprego <= 5,2) => (indicativo_invest_naoinvest >= investimento)	0,1862	0,3275
13	(pib_nominal >= 103,14) & (cresc_ipc <= 1,8) & (cresc_credito >= 4,5) => (indicativo_invest_naoinvest >= investimento)	0,1176	0,2068
14	(cresc_ipc >= 15,6) => (indicativo_invest_naoinvest <= nao_investimento)	0,0490	0,1136
15	(pib_percapita <= 5463,41) & (cresc_ipc >= 2,0) => (indicativo_invest_naoinvest <= nao_investimento)	0,1960	0,4545
16	(cresc_ipc >= 7,5) & (tx_desemprego >= 7,1) => (indicativo_invest_naoinvest <= nao_investimento)	0,0882	0,2045
17	(pib_nominal <= 67,55) & (pib_percapita <= 6766,9) & (tx_desemprego >= 14,0) => (indicativo_invest_naoinvest <= nao_investimento)	0,0784	0,1818
18	(pib_nominal <= 104,36) & (pib_percapita <= 6434,19) & (cresc_ipc >= 3,0) & (tx_desemprego >= 5,5) => (indicativo_invest_naoinvest <= nao_investimento)	0,0686	0,1590
19	(pib_nominal <= 197,45) & (tx_desemprego >= 13,2) & (cresc_credito <= 0,0) => (indicativo_invest_naoinvest <= nao_investimento)	0,0490	0,1136
20	(pib_percapita <= 15510,85) & (tx_desemprego >= 13,0) & (cresc_credito <= 3,77) => (indicativo_invest_naoinvest <= nao_investimento)	0,0588	0,1363
21	(pib_nominal <= 52,12) & (pib_percapita <= 10091,91) & (cresc_credito <= 9,0) => (indicativo_invest_naoinvest <= nao_investimento)	0,1274	0,2954
22	(pib_nominal <= 50,59) & (pib_percapita <= 12439,5) & (cresc_credito <= 10,91) => (indicativo_invest_naoinvest <= nao_investimento)	0,1666	0,3863
23	(pib_nominal <= 122,5) & (pib_percapita <= 12439,5) & (cresc_credito <= 0,0) => (indicativo_invest_naoinvest <= nao_investimento)	0,0392	0,0909

Tabela 4 – Regras multicritério

Da Tabela 4 anterior, depreende-se alguns padrões (regras multicritério); por exemplo, dos países soberanos que constam na Tabela 3 (anterior):

a) 30,39% ("strength") satisfazem à regra nº 1: "*se* „PIB per capita" for superior ou igual a US$ 23.175,02 *então* indicativo é de investir";
b) 26,47% ("strength") satisfazem à regra nº 2: "*se* „PIB per capita" for superior ou igual a US$ 19.894,71, „taxa crescimento IPC" for inferior ou igual a 2,0% e „taxa desemprego" for inferior ou igual a 11,9% *então* indicativo é de investir";
c) 22,54% ("strength") satisfazem à regra nº 10: "*se* „PIB nominal" for superior ou igual a US$ 316,39 bilhões e „taxa crescimento IPC" for inferior ou igual a 4,6% *então* indicativo é de investir";

d) Há uma probabilidade de 53,44% (ou 31/58, "coverage") dos países soberanos com indicativo de investimento, possuírem "PIB per capita" superior ou igual a US$ 23.175,02 − regra nº 1;
e) Há a probabilidade de 46,55% (ou 27/58, "coverage") dos países soberanos com indicativo de investimento, possuírem "PIB per capita" superior ou igual a US$ 19.894,71, "taxa crescimento IPC" inferior ou igual a 2,0% e "taxa desemprego" inferior ou igual a 11,9% − regra nº 2;
f) Há probabilidade de 45,45% (ou 20/44, "coverage") dos países soberanos com indicativo de não-investimento, possuírem "PIB per capita" inferior ou igual a US$ 5.463,41 e "taxa crescimento IPC" superior ou igual a 2,0% − regra nº 15.

5. Conclusões e estudos futuros

Para a avaliação da classificação de risco dos países soberanos, as agências internacionais de *rating* se utilizam de vários determinantes tais como: econômicos, sociais, políticos, externos, fiscais, etc. Como para essa avaliação, há variáveis quantitativas e qualitativas, presume-se um resultado final "subjetivo", considerando-se as dificuldades inerentes à coleta de informações bem como, os riscos associados.

Há estudos que apontam que, fatores econômicos, tais como a renda per capita, índice de inflação, variáveis *proxy* da vulnerabilidade externa, da situação fiscal do país e seu passado de reescalonamento de pagamentos da dívida externa, e fatores relacionados à estabilidade política e legal do país, são os principais determinantes da classificação de risco de um país [Rossi e Vasconcelos 2007]. Outros estudos demonstram que, em relação à classificação de risco de crédito, empiricamente, há um pequeno número de variáveis que pode explicar o *rating* de crédito de uma empresa, mais precisamente, governança corporativa, tamanho dos ativos e índice de cobertura de juros [Camargos et al. 2012]. Também foram citados estudos que se utilizam de regressão logística e redes neurais (artificiais) como métodos para a elaboração de risco de crédito.

Neste estudo, a análise de variáveis econômicas de países soberanos sob forma de "tabela de decisão" – enfoque multicritério sob o princípio da Dominância, permitiu a inferência de padrões (regras multicritério; e uso de fatores "strength" e "coverage") sobre os dados econômicos daqueles países, considerando-se a decisão de investimento ou não. Nesse caso, das variáveis econômicas utilizadas para a pesquisa, nem todas foram diretamente consideradas – houve a indicação de um "núcleo" de variáveis econômicas. Assim, o presente estudo também procurou mostrar que, há uma perspectiva de análise ou decisão sob a ótica de um princípio matemático − da Dominância (DRSA), em situação de incerteza.

Ademais, é fundamental compreender que, "heurísticas" (procedimentos simples que ajudam a encontrar respostas adequadas, ainda que geralmente imperfeitas, para perguntas difíceis) e "vieses" que nos fazem incorrer, estão presentes nos julgamentos ou decisões sob incerteza [Kahneman 2012].

Como proposta para estudo futuro, a análise do risco de países soberanos quanto à decisão de investir ou não, frente a outros determinantes não econômicos.

Agradecimentos

Pesquisa sob suporte do CNPq (projeto nº 305732/2012-9).
Instituto de Ciência da Computação, Universidade de Tecnologia de Poznan, Polônia (J. Błaszczyński, S. Greco, B. Matarazzo, R. Słowiński, M. Szeląg): uso do software jMAF (Dominance-Based Rough Set Data Analysis Framework, 2012), sob os termos de licença para propósitos acadêmicos.

Referências

Blaszczynski, J., Greco, S., Matarazzo, B., Slowinski, R., Szeląg, M. (2012). jMAF. Instituto de Ciência da Computação, Universidade de Tecnologia de Poznan, Polônia. Web page: http://www.cs.put.poznan.pl/jblaszczynski/Site/jRS.html. Acessado: 2013-03-21.
Blaszczynski, J., Slowinski, R., Szelag, M. (2009). VC-DomLEM: Rule induction algorithm for variable consistency rough set approaches, Research Report RA-07/09, Poznań University of Technology.
Diniz, T., Amaral, H., Ferreira, B. (2012). Avaliação do risco soberano: o impacto de variáveis econômicas, políticas e sociais, Economia Global e Gestão, v.17, n.3, p. 9-31.
Frascaroli, B. F., Oliveira, J. C. T. (2013). Os ratings de risco soberano e os fundamentos macroeconômicos dos países: um estudo utilizando dados em painel, IX Encontro de Economia Baiana, Financiamento do Desenvolvimento, p. 769-785.
Frascaroli, B. F., Silva, L. C., Filho, O. C. S. (2009). Os ratings de risco soberano e os fundamentos macroeconômicos dos países: um estudo utilizando redes neurais artificiais, Revista Brasileira de Finanças, 7.1.
Gomes, L.F.A.M., Gomes, C.F.S. (2012). Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério. 4. ed. São Paulo: Atlas.
Gouvêa, M. A., Gonçalves, E. B., Mantovani, D. M. N. (2013). Análise de risco de crédito com aplicação de regressão logística e redes neurais, Revista Contabilidade Vista & Revista, UFMG, v.24, n.4, p. 96-123.
Greco, S., Matarazzo, B., Slowinski, R., Stefanowski, J. (2005). An algorithm for induction of decision rules consistent with dominance principle. in: Ziarko, W., Yao, Y. (Eds.), Rough Sets and Current Trends in Computing, LNAI 2005, Springer-Verlag, Berlin, 2001, 304–313.
Kahneman, D. (2012). Rápido e devagar: duas formas de pensar, Rio de Janeiro: Objetiva.
Kotlowski, W., Slowinski, R. (2013). On nonparametric ordinal classification with monotonicity constraints. IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, 25, 11, 2576-2589.
Minussi, J. A., Damacena, C., Ness Jr., W. L. (2002). Um Modelo de Previsão de Solvência Utilizando Regressão Logística, RAC, v. 6, n. 3, p. 109-128.
Pawlak, Z. (1982). Rough sets. Int. J. Comput. Inf. Sci. 11, 341-356.
Pawlak, Z. (1991). Rough sets. Theoretical aspects of reasoning about data. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.
Pawlak, Z. (2002). Rough sets, decision algorithms and bayes‟ theorem, European Journal of Operational Research, 136, p.181-189.
Pawlak, Z, Grzymala-Busse, J., Slowinski, R., Ziarko, W. (1995). Rough sets. Communications of the ACM, 38, 11, p.89-95.
Pawlak, Z., Slowinski, R. (1994). Rough set approach to multi-attribute decision analysis. European Journal of Operational Research, Invited Review, 72, 443-459.
Rossi Jr., J. L., Vasconcelos, L. (2007). Determinantes da classificação de risco de países, Revista de Economia e Administração, v.6, n.2, p. 236-256.
Selau, L. P. R., Ribeiro, J. L. D. (2009). Uma sistemática para construção e escolha de modelos de previsão de risco de crédito, Gestão & Produção, v.16, n.3, p.398-413.
Soares, G. O. G., Coutinho, E. S., Camargos, M. A. (2012). Determinantes do Rating de Crédito de Companhias Brasileiras, Revista Contabilidade Vista & Revista, UFMG, v.23, n.3, p. 109-143.
Slowinski, R., Greco S., Matarazzo, B. (2012). Rough set and rule-based multicriteria decision aiding. Pesquisa Operacional, 32, 2, 213-269.
Standard & Poor‟s (2011). Sovereign Government Rating Methodology And Assumptions, Web page: http://www.concertedaction.com/wp-content/uploads/2012/05/Standard-Poors-Sovereign-Government-Rating-And-Methodology.pdf. /. Acessado: 2016-02-14.
Standard & Poor‟s (2016). Web page: http://www.spratings.com/sri/. Acessado: 2016-02-16.
Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets, Information and Control, 8, p.338–353.