

CICLO DE PALESTRAS



NANOTECNOLOGIAS E SEUS
IMPACTOS SOBRE A SEGURANÇA E
SAÚDE NO TRABALHO

Palestra 4 - Novas abordagens
sobre análise de perigo e riscos
devido às nanotecnologias

26 de Maio/2021

José Renato Alves Schmidt
Tecnologista/CRSU

Parte 1 – Avaliações de Risco

**Parte 2 – Redes bayesianas (RB) e RB específicas
para nanomateriais**

**Parte 3 - Exemplo prático de uso de uma rede
bayesiana para avaliação do risco
ocupacional.**

NANOMATERIAIS

Os NM apresentam propriedades **físicas**, **químicas** e **biológicas** diferentes em relação aos materiais na escala *bulk*.

Estas novas propriedades como, por exemplo, área superficial, reatividade entre outras, tornam os materiais nessa escala interessantes, entretanto, tem acarretado preocupações quanto aos possíveis efeitos na **saúde humana ,ao meio ambiente e , segurança dos trabalhadores** (EU-OSHA, 2009; FUNDACENTRO, 2018; NIOSH, 2009; OBERDÖRSTER, 2010; SCHUBAUER-BERIGAN et al., 2015).

Os benefícios das NT na mais diversas áreas são inegáveis entretanto, **o risco ocupacional não pode ser subestimado**.

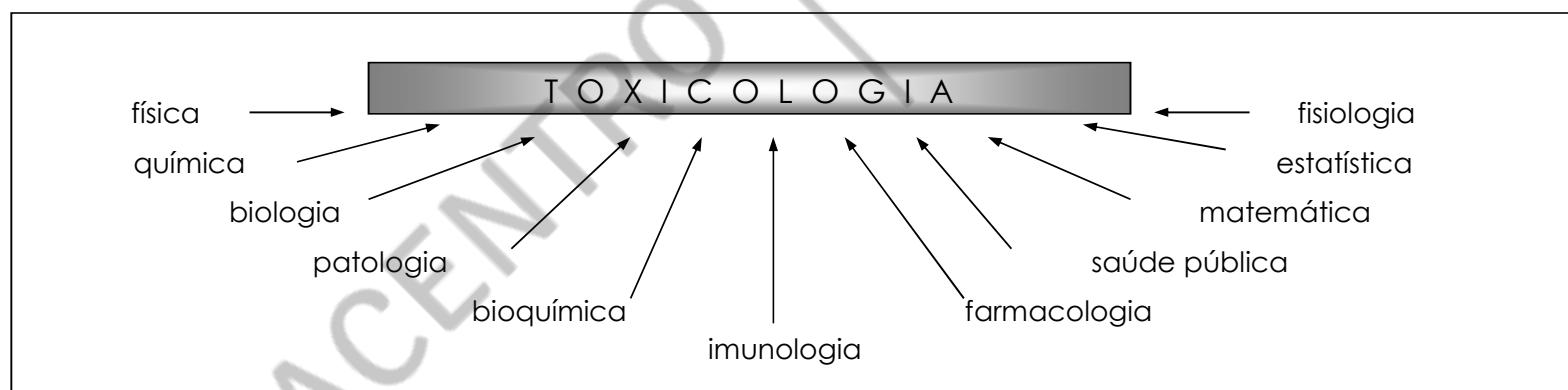
Caracterização do Risco

- ✓ RISCO = perigo (gravidade do dano) X exposição (probabilidade de ocorrência de um dano)
- ✓ Gravidade é pouco conhecida - Toxicologia



TOXICOLOGIA

- É a ciência que estuda os efeitos nocivos decorrentes das interações de substâncias químicas com o organismo.



Toxicologia global

- Toxicidade Aguda visa :demonstrar a ocorrência de efeitos severos em um curto espaço de tempo em relação ao ciclo de vida do organismo-teste, após a exposição desses a uma única dose.
- Toxicidade crônica destina-se a caracterizar o perfil toxicológico de uma substância em uma espécie, após uma exposição repetida e prolongada, cobrindo o ciclo de vida de forma representativa.

Ocupacional!!!

TOXICOLOGIA ESPECÍFICA

- ✓ Tolerância local cutânea e ocular
- ✓ Sensibilidade da pele
- ✓ Ensaios de Mutagenicidade
- ✓ Ensaio de Carcinogenicidade
- ✓ Estudo de Reprodução

TOXICIDADE INFLUÊNCIAS

Várias características intrínsecas influenciam a toxicidade dos nanomateriais como:

- Área superficial,
- Solubilidade,
- Tamanho,
- Morfologia,
- Revestimento entre outras....

RESUMO

- A redução dos materiais á escala nano pode: alterar as propriedades físicas e químicas destes em relação à escala “bulk”;
- **Grande relação superfície/volume;**
- > Área superficial > maior reatividade;
- **Incertezas;**
- **Riscos como avaliar ???**

Avaliações qualitativa x quantitativa

Métodos qualitativos têm tido a preferência com relação aos quantitativos.

Os CB apresentam como característica principal indicar qual é a medida de controle mais indicada para a mitigação do risco.

- CB Nanotool (2008);
- ANSES CB tool for nanoparticles (2010);
- Stoffenmanager Nano 1.0 (2008);
- Nanosafer (2012);
- GoodNanoGuide (2011);
- Precautionary matrix (2012);
- SST/Labnano (2013);
- ISO 12901-2 (2014).

Perigo	Exposição			
	Extremamente improvável (0-25)	Menos provável (26-50)	Provável (51-75)	Causa provável (76-100)
Muito alto (76-100)	CB3	CB3	CB4	CB4
Alto (51-75)	CB2	CB2	CB3	CB4
Médio (26-50)	CB1	CB1	CB2	CB3
Baixo (0-25)	CB1	CB1	CB1	CB2

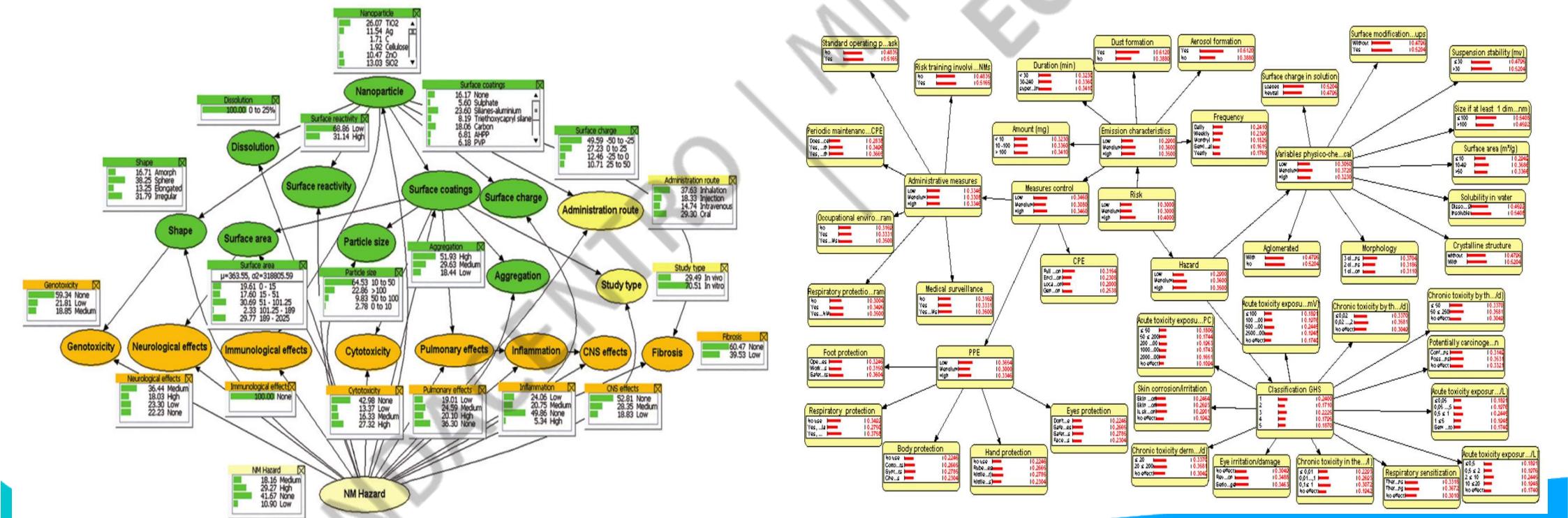
Avaliações qualitativa x quantitativa

Porém, avaliar o risco sem considerar as medidas de controles existente no ambiente no trabalho pode não ser suficiente.

Uma alternativa para avaliação do risco ocupacional na manipulação de NM são as Redes Bayesianas (RB).

Parte 2

Redes bayesianas (RB) e RB específicas para nanomateriais



Redes Bayesiana (RB)

Um modelo probabilístico para a tomada de decisão com o raciocínio da incerteza (KJÆRULFF; MADSEN, 2013).

Utilizadas como uma metodologia de avaliação de risco nas mais diversas áreas como:

- Avaliação risco ocupacional relacionado ao conforto ambiental em UTI (VIEIRA et al., 2016);
- Médica (KYRIMI et al., 2020);
- Ambiental (KABIR et al., 2015).

- A construção de redes bayesianas é baseada na noção de probabilidade condicional = Probabilidade condicional de A dado que ocorreu o B

O resultado de uma RB é extraído de variáveis de acordo com a probabilidade calculada utilizando:

- Teorema de Bayes
- Considerando que H_1, H_2, \dots, H_k são hipóteses mutuamente independentes e que E é um evento qualquer, a probabilidade de H_i , dado que E ocorreu.

$$P(H_i|e) = \frac{P(e|H_i) \cdot P(H_i)}{\sum_{j=1}^k (P(e|H_j) \cdot P(H_j))}$$

As hipóteses H_1, H_2, \dots, H_k são as hipóteses diagnósticas (nodo de saída). O evento E pode ser pensado como uma evidência associada a um (nodo de entrada).



Thomas Bayes (1701-1761)

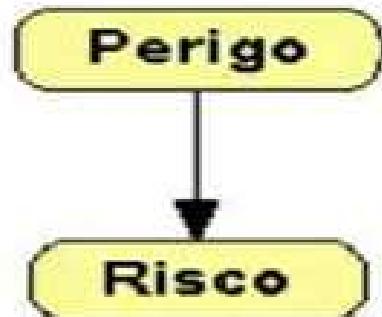
REDES BAYESIANAS - SOFTWARES

A modelagem das RB pode ser executada por vários programas comerciais específicos disponíveis como, por exemplo:

- Netica (www.norsys.com),
- BNG (<http://www.mcw.edu/midas/bng.html>),
- Graphical-Belief (<http://bayes.stat.washington.edu/almond/gb/graphical-belief.html>)
- Hugin (www.hugin.com).

No Centro de Investigação sobre Sistemas Inteligentes de **UNED** em Madri existe uma versão livre ,**OpenMarkov**, com código **aberto** que permite efetuar os cálculos na utilização das RB.

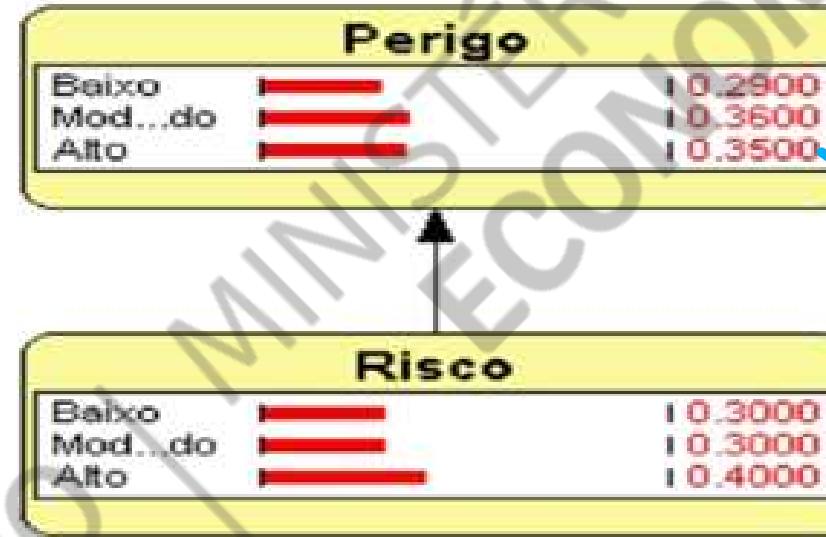
Causa



Efeito

A) Construção da RB

B) Uso da RB (inferência bayesiana)



Causa

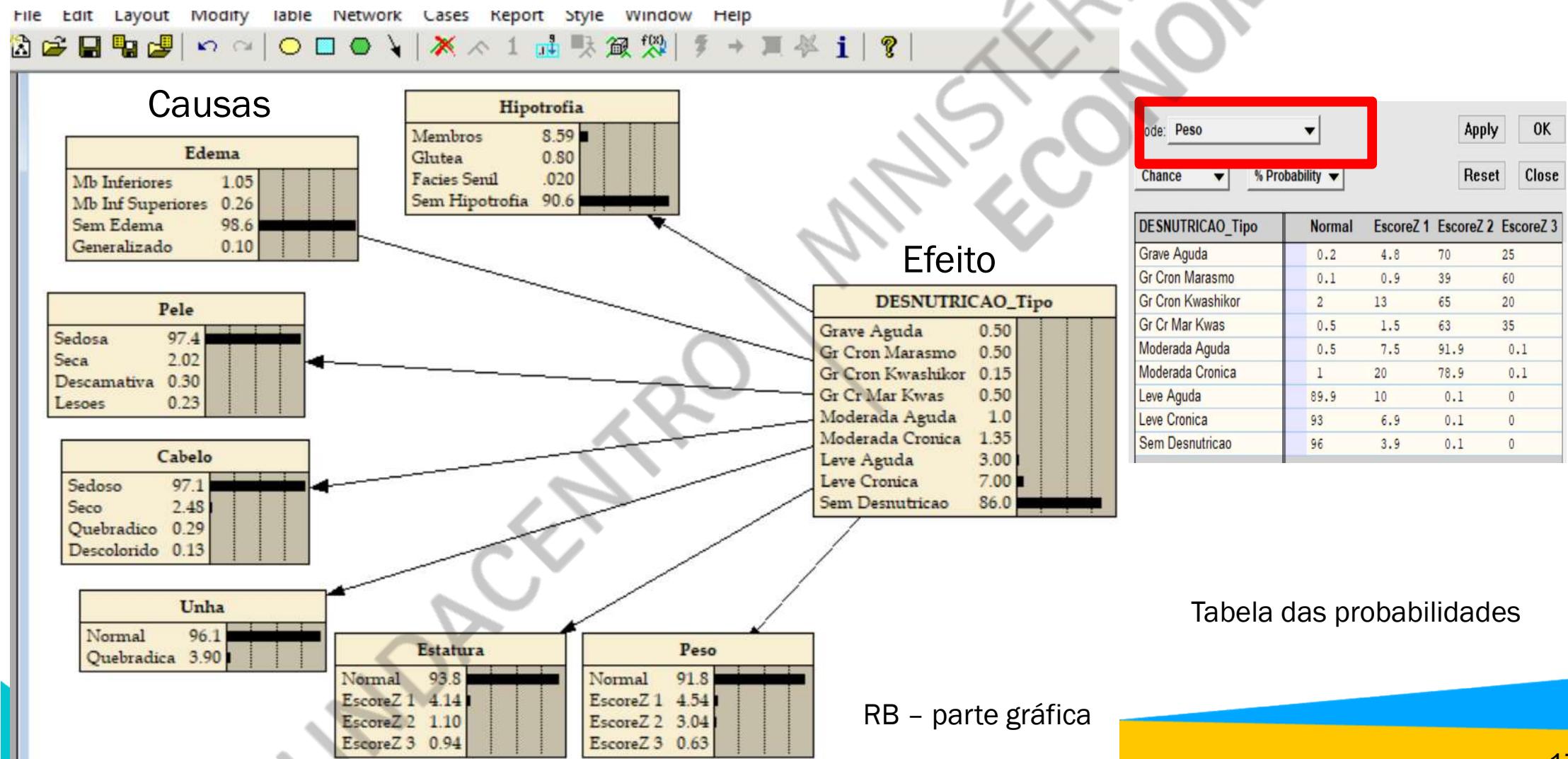
Resultado do teorema de bayes

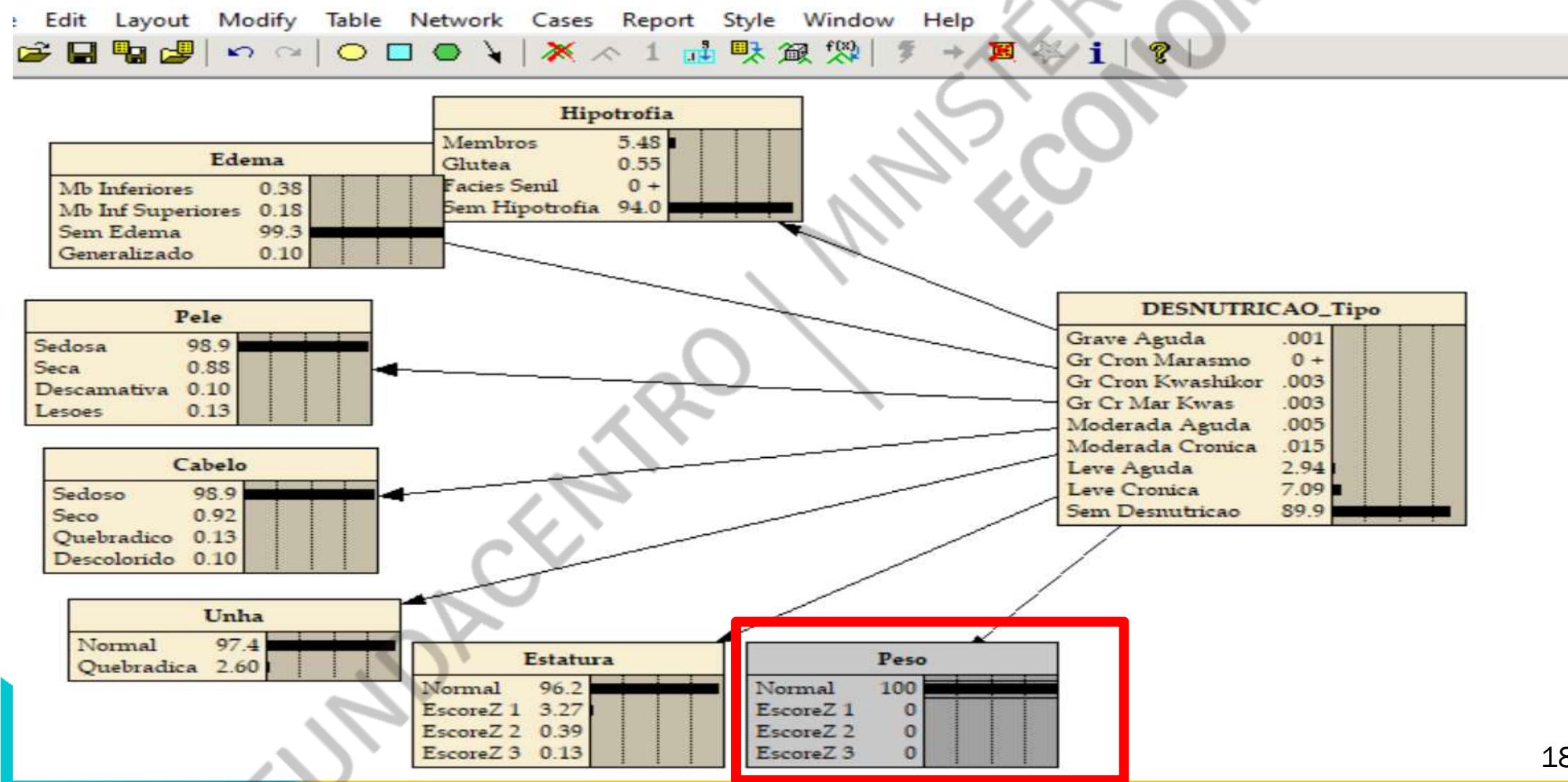
Efeito

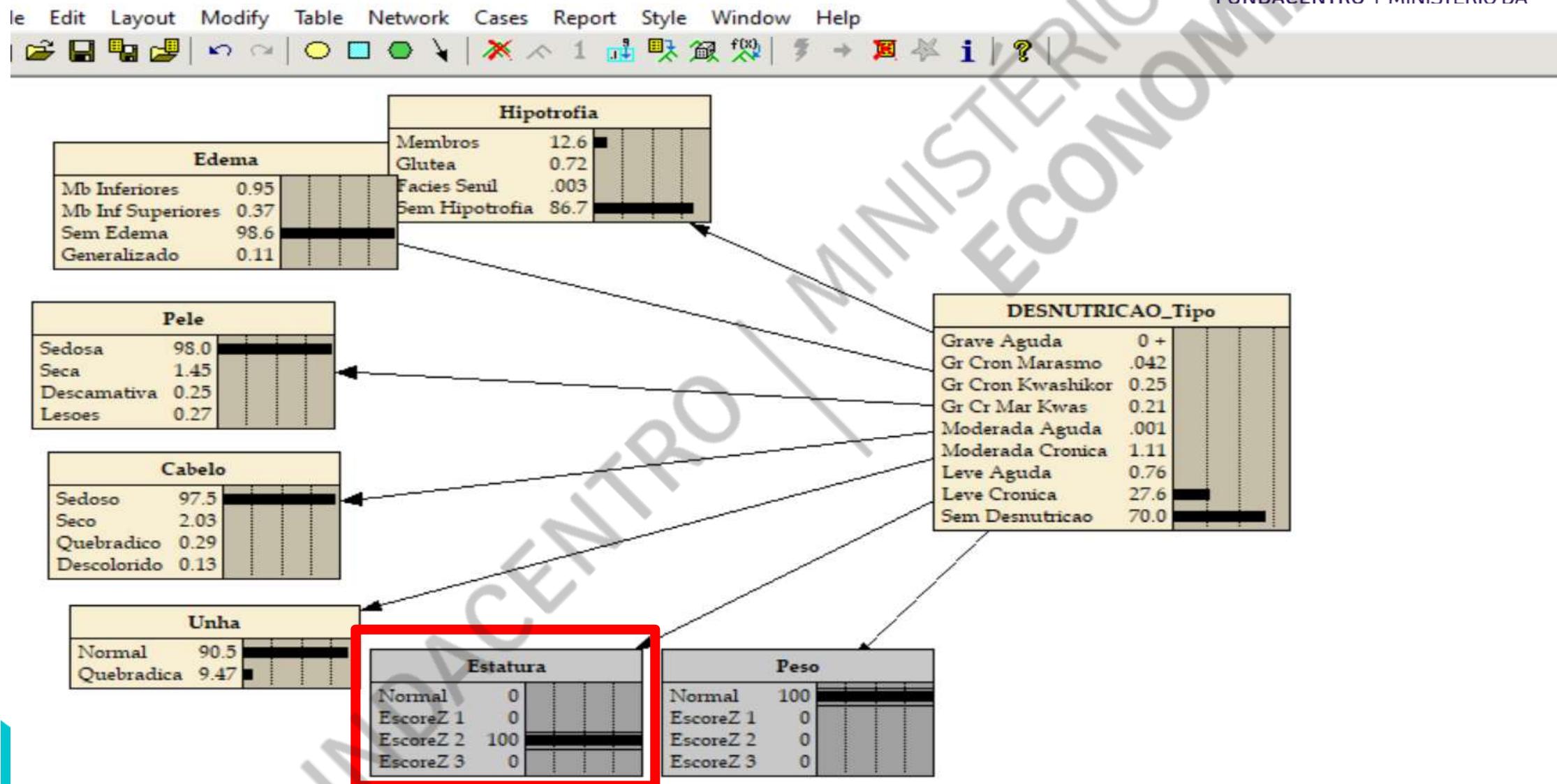
Ocorre a reversão do Nodo !!

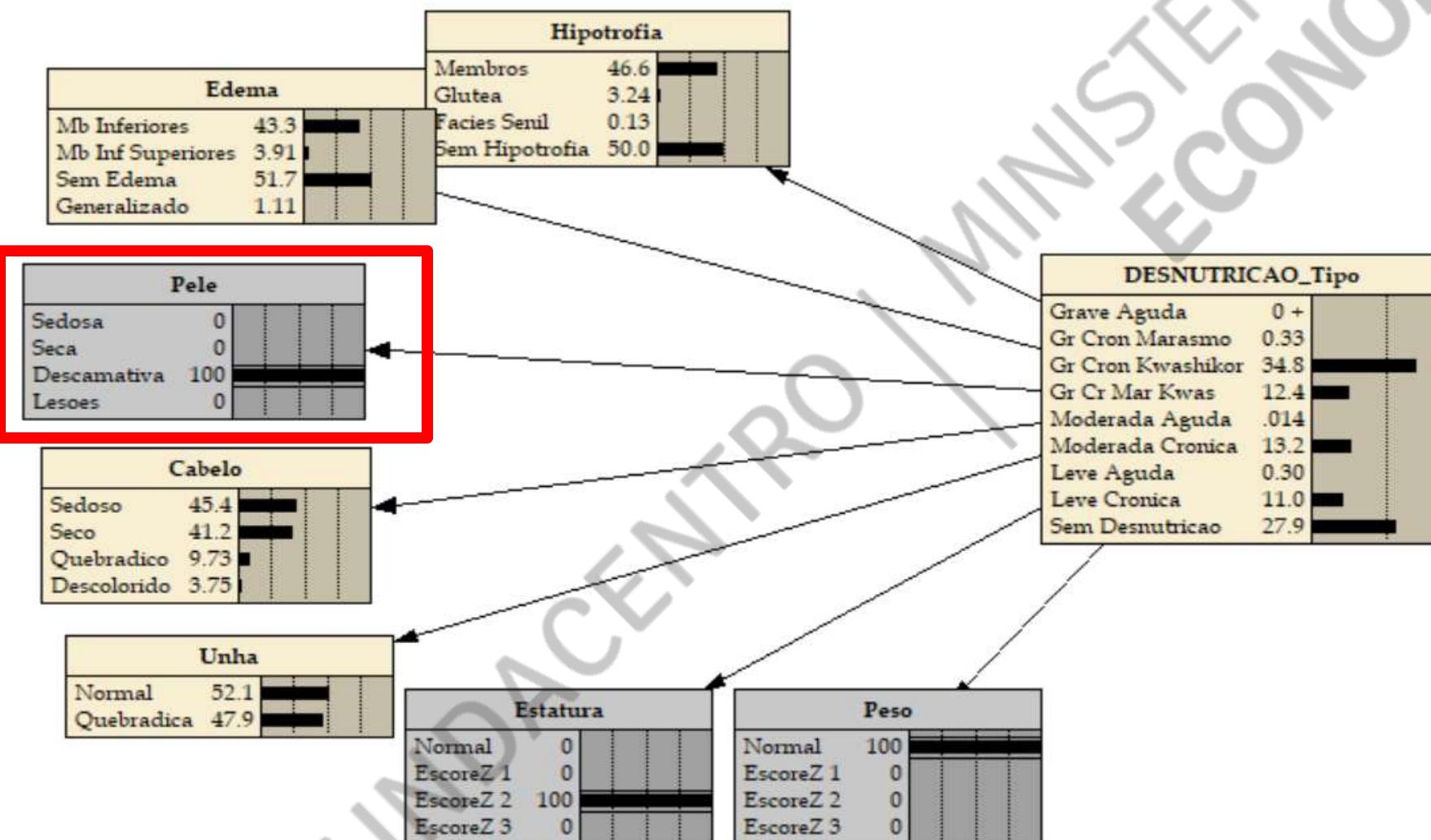
Conceito: inferência bayesiana consiste em obter estimativas de probabilidades de eventos relacionados aos dados, a medida que novas informações ou evidências sejam conhecidas

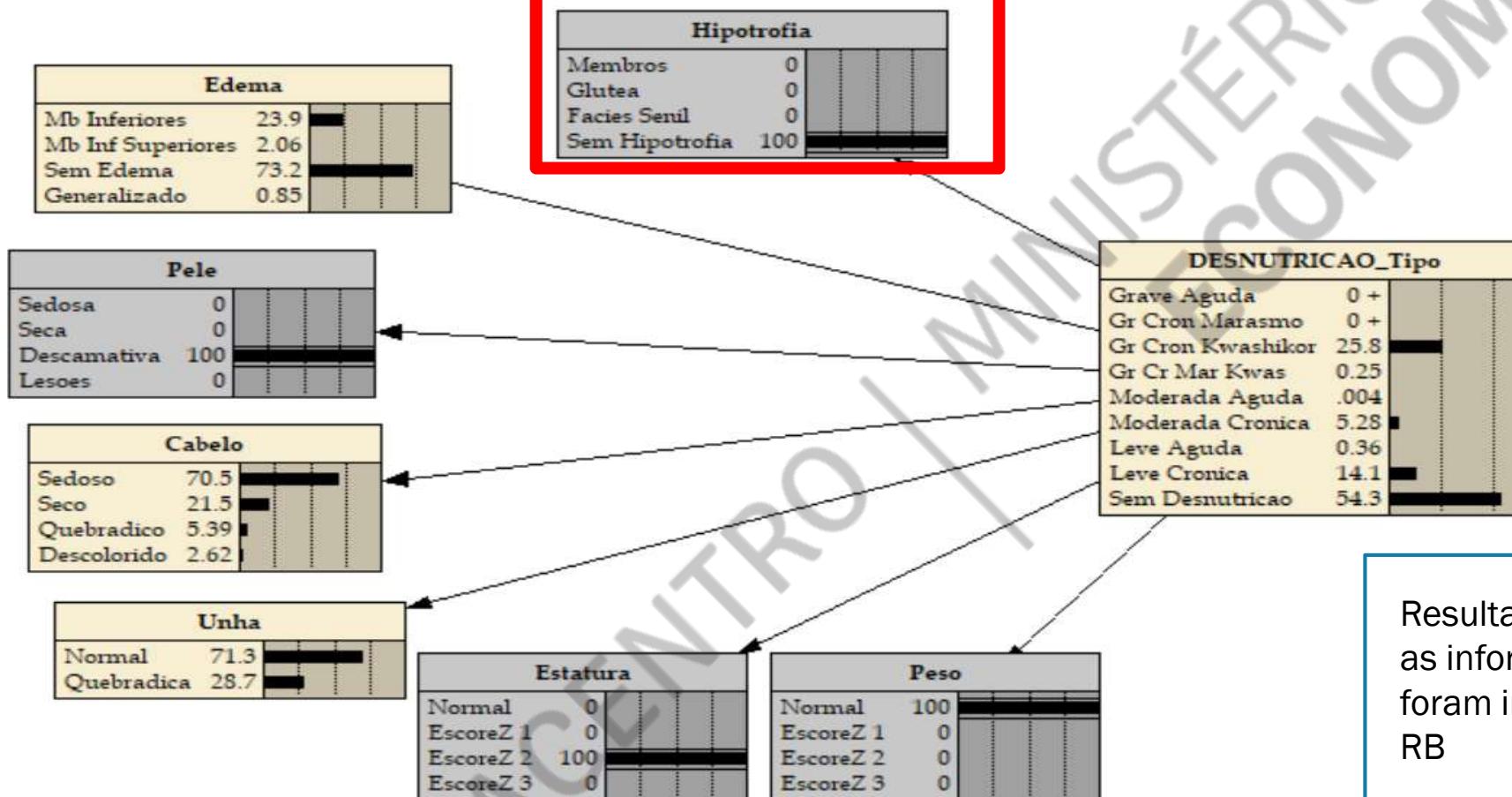
EXEMPLO SISPAN – CASO HIPOTÉTICO





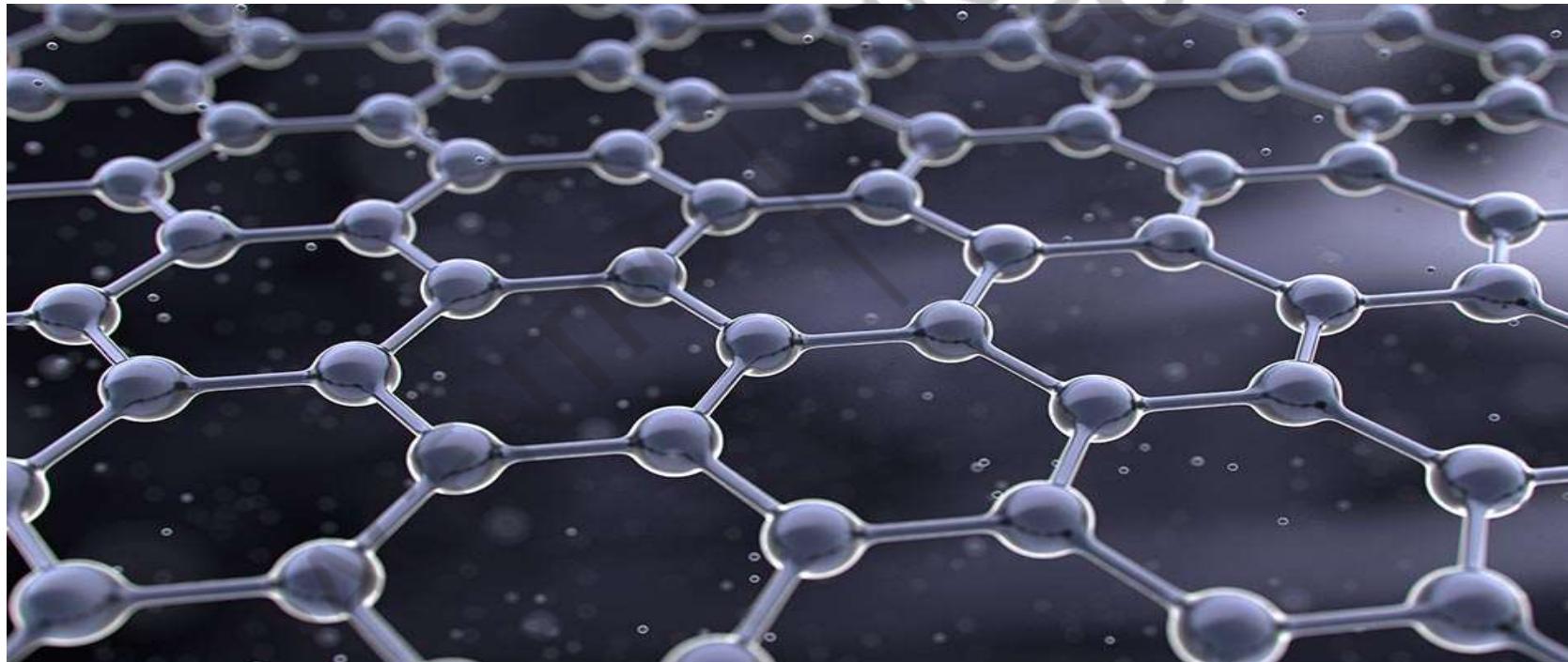






Resultado final com as informações que foram informadas a RB

E para nanomateriais ????



NANOTOXICOLOGY, 2017
VOL. 11, NO. 1, 123–133
<http://dx.doi.org/10.1080/17435390.2016.1278481>

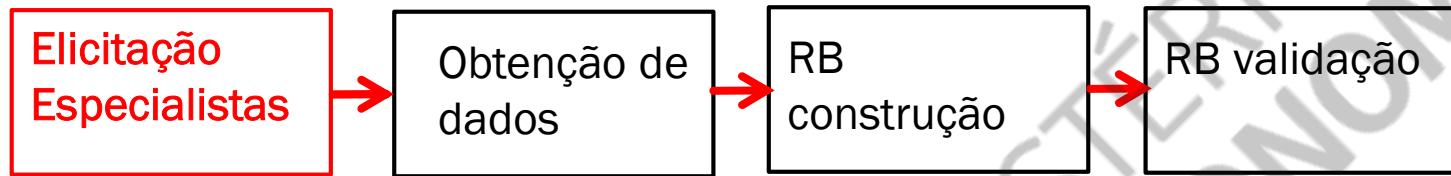


ORIGINAL ARTICLE

OPEN ACCESS

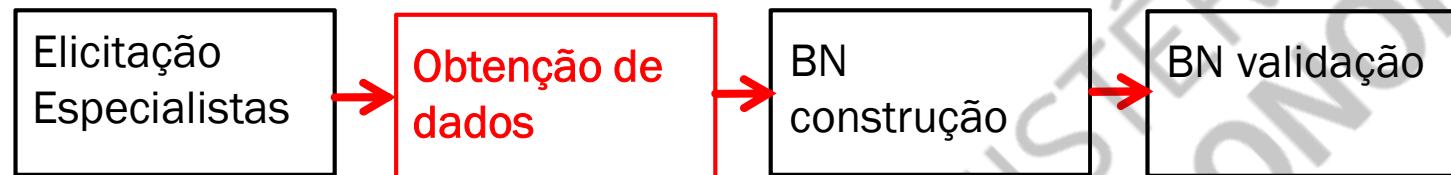
Application of Bayesian networks for hazard ranking of nanomaterials to support human health risk assessment

Hans J. P. Marvin^a, Yamine Bouzembrak^a , Esmée M. Janssen^a, Meike van der Zande^a, Finbarr Murphy^b , Barry Sheehan^b, Martin Mullins^b and Hans Bouwmeester^{a,c} 

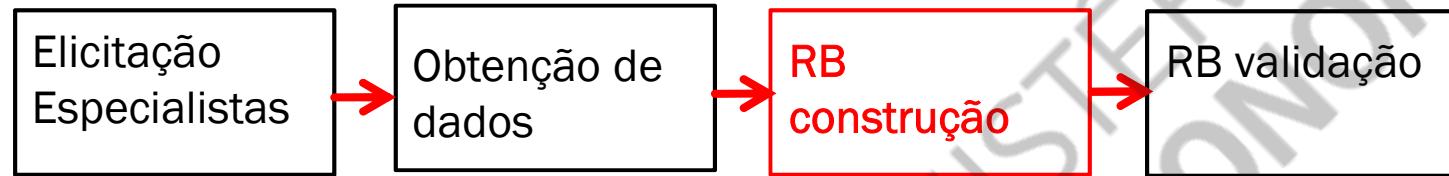


Um questionário online com 15 perguntas sobre as mais importantes variáveis e rotas de exposição para 6 especialistas Holandeses em nanotoxicologia sobre estudos *vivo* e *vitro* .

No segundo momento foi feito um questionário online com 36 perguntas, e foi mandando para 29 especialistas em avaliação de risco para validar/confirmar as respostas do 1º questionário e estabelecer a interação entre os nodos.



Foram coletados dados toxicológicos NM metálicos e óxidos metálicos de estudos da literatura entre 2009 -2015 num total de 32 artigos que continham todos os nós identificados na Elicitação de especialistas.

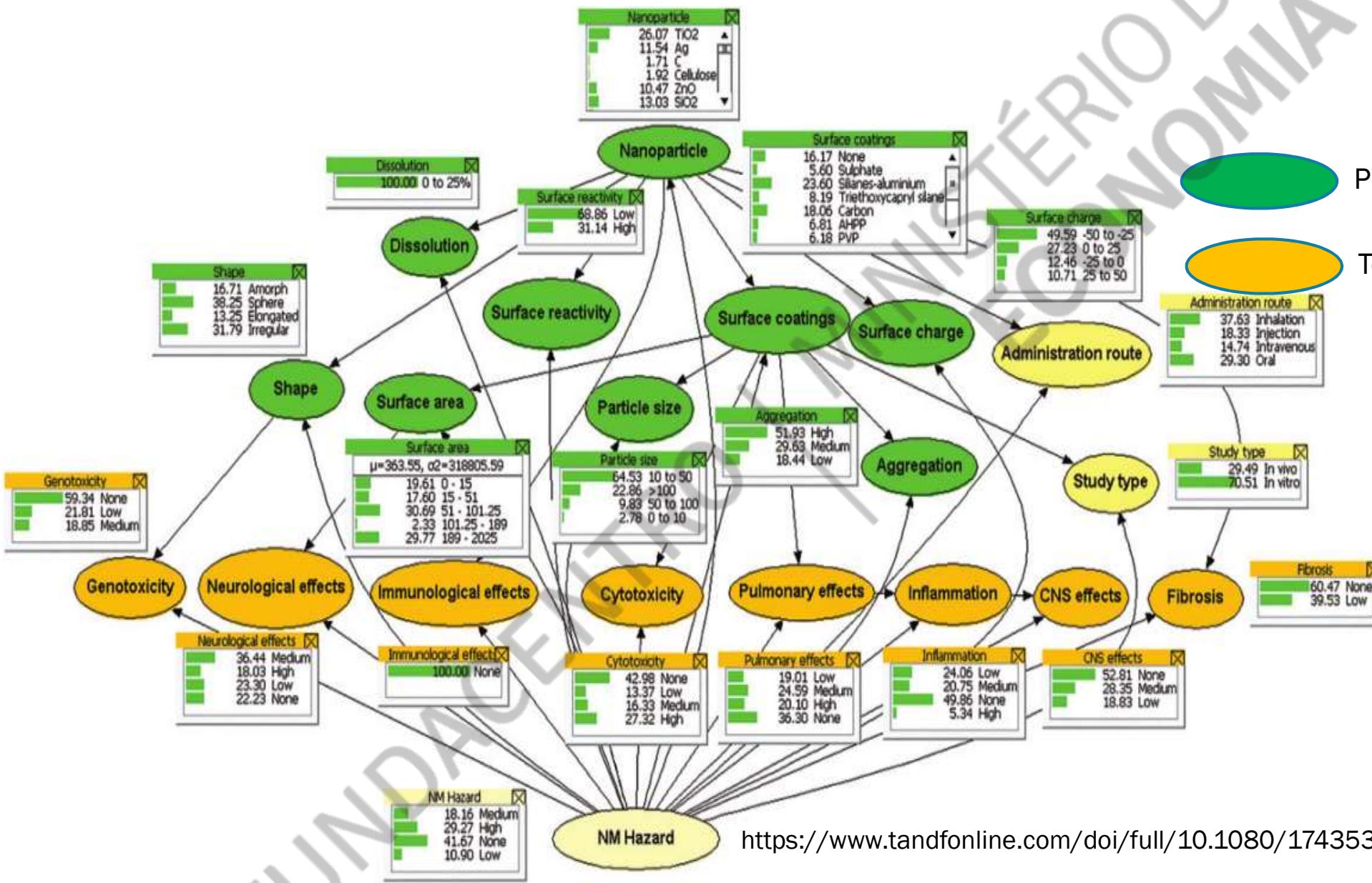


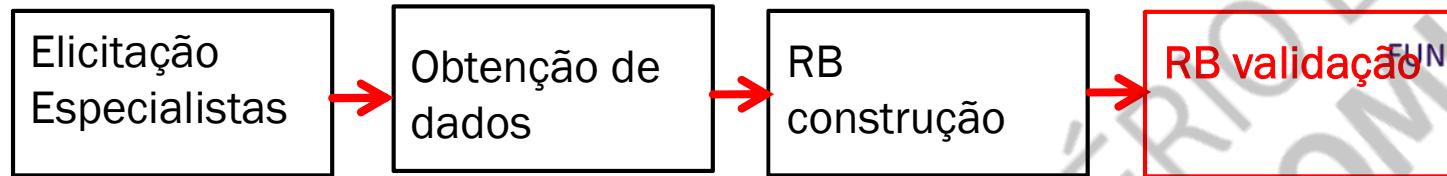
Foi construída a rede partir das informações coletadas por meio dos especialistas , através do software Hugin

Para criação dos nodos foram utilizados somente os que obtiveram >50% respostas para os parâmetros.

Prop. Fsc qmc

Toxicologia





A validação da RB foi realizada com 91 artigos que não foram usados na criação da rede.

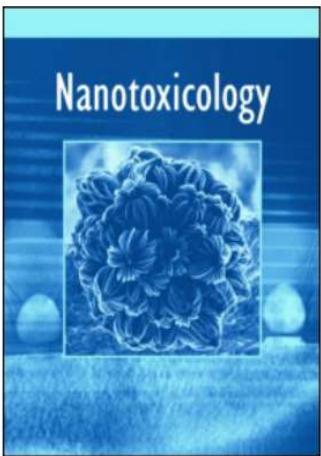
Pode-se observar que mesmo com informações faltantes em muitos nodos, a RB pode informar o nível de perigo do NM corretamente.

Table 3. Validation results of the BN; input values (20 cases).

N	Study type	Shape	Nanoparticle	Input parameters								NM hazard	
				Dissolution	Surface area	Surface charge	Surface coatings	Surface reactivity	Aggregation	Particle size	Administration route	Observed	Predicted
1	<i>In vivo</i>	Sphere	Ag	–	–	–	–	–	–	10–50	Inhalation	High	High
2	<i>In vitro</i>	Amorph	Al ₂ O ₃	0–25%	–	–	–	–	–	10–50	–	None	None
3	<i>In vivo</i>	Sphere	Au	–	0–15	–25–0	SO ₃ –	–	–	10–50	Inhalation	None	None
4	<i>In vitro</i>	Elongated	C	–	189–2025	–	–	–	–	>100	–	Medium	Low
5	<i>In vitro</i>	Elongated	Cellulose	–	–	–	Sulfate	–	Low	>100	–	Low	Low
6	<i>In vivo</i>	Irregular	CeO ₂	–	15–51	–	–	–	Medium	10–50	Inhalation	High	High
7	<i>In vitro</i>	Amorph	Co ₃ O ₄	0–25%	–	–	–	High	–	10–50	–	High	High
8	<i>In vitro</i>	Sphere	CoO	0–25%	–	–	–	High	–	50–100	–	High	High
9	<i>In vitro</i>	Sphere	Cr ₂ O ₃	0–25%	–	–	–	Low	–	>100	–	Medium	Medium
10	<i>In vitro</i>	Sphere	CuO	0–25%	–	–	–	High	–	10–50	–	High	High
11	<i>In vivo</i>	Sphere	Fe ₂ O ₃	–	–	0–25	–	–	Medium	50–100	Oral	None	None
12	<i>In vitro</i>	Sphere	Fe ₃ O ₄	0–25%	–	–	–	–	–	10–50	–	None	None
13	<i>In vitro</i>	Sphere	Ni ₂ O ₃	0–25%	–	–	–	High	–	>100	–	Medium	Medium
14	<i>In vitro</i>	Sphere	NiO	0–25%	–	–	–	–	–	10–50	–	None	None
15	<i>In vivo</i>	Sphere	PS	–	25–50	–	Amine	–	–	50–100	Oral	None	Low
16	<i>In vitro</i>	Amorph	Sb ₂ O ₃	0–25%	–	–	–	–	–	10–50	–	None	None
17	<i>In vitro</i>	Irregular	SiO ₂	–	189–2025	–50 to –25	Carbon	Low	High	10–50	–	Low	High
18	<i>In vivo</i>	Irregular	TiO ₂	–	15–51	–	–	–	High	>100	Oral	Medium	Medium
19	<i>In vitro</i>	Sphere	WO ₃	0–25%	–	–	–	–	–	10–50	–	None	None
20	<i>In vitro</i>	Elongated	ZnO	–	0–15	0 to 25	None	–	Medium	>100	–	High	High

Vantagens e desvantagens da RB de Marvin et al.

- Vantagens:
 - Método validado e interativo
 - Pode auxiliar da tomada de decisão de modo para escolher um NM com um perigo menor.
- Desvantagens:
 - Aplicabilidade limitada a determinados NM.
 - Não considera toxicidade aguda e crônica somente a toxicologia específica.
 - Rede desenvolvida em software pago , não permitindo uma ampla utilização.



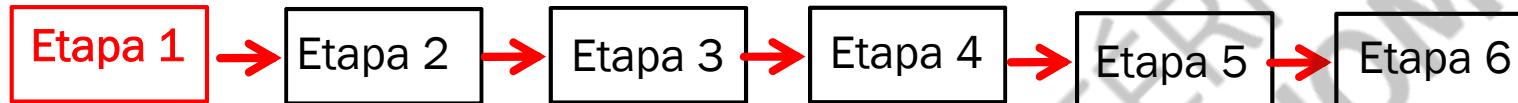
Nanotoxicology

ISSN: (Print) (Online) Journal homepage: <https://www.tandfonline.com/loi/inan20>



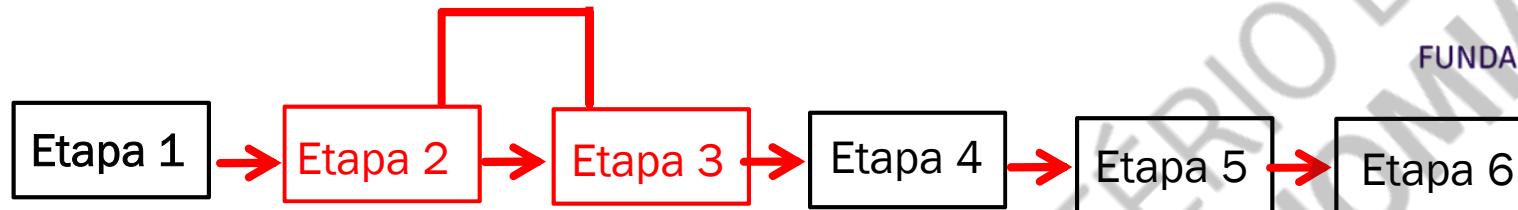
Probabilistic model for assessing occupational risk during the handling of nanomaterials

José Renato Alves Schmidt , Diego José Nogueira , Silvia Modesto Nassar , Vitor Pereira Vaz , Marlon Luiz Neves da Silva , Denice Schulz Vicentini & William Gerson Matias



Etapa 1 selecionar variáveis físicas e químicas que influenciam no perigo dos NM

- 10 modelos de CB e uma RB.
- Critério de seleção.
- Para complementar a escolha foram analisadas as variáveis que a literatura especializada vem utilizando para auxiliar na interpretação dos resultados toxicológicos.

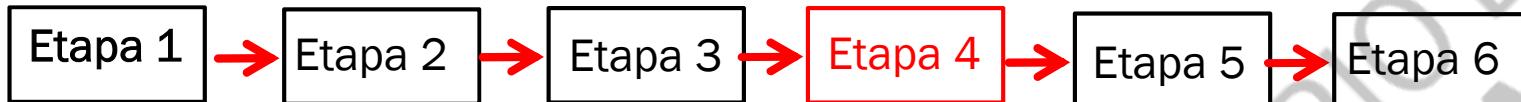


Etapa 2: selecionar variáveis toxicológicas que influenciam no perigo dos NM.



Etapa 3: selecionar as variáveis de exposição definidas pelos modelos de CB .

- Critério de seleção.



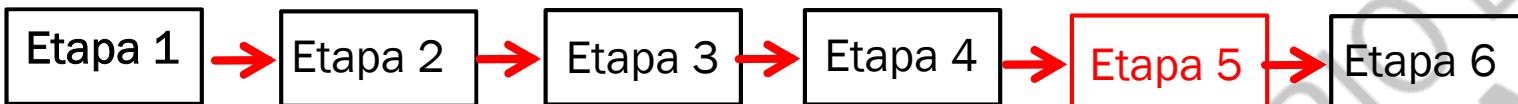
Etapa 4: selecionar as medidas de controle mais adequadas para os NM.

As recomendações de guias e instruções normativas de agências, institutos, fundações que estudam saúde e segurança do trabalho, bem como guias de universidades.

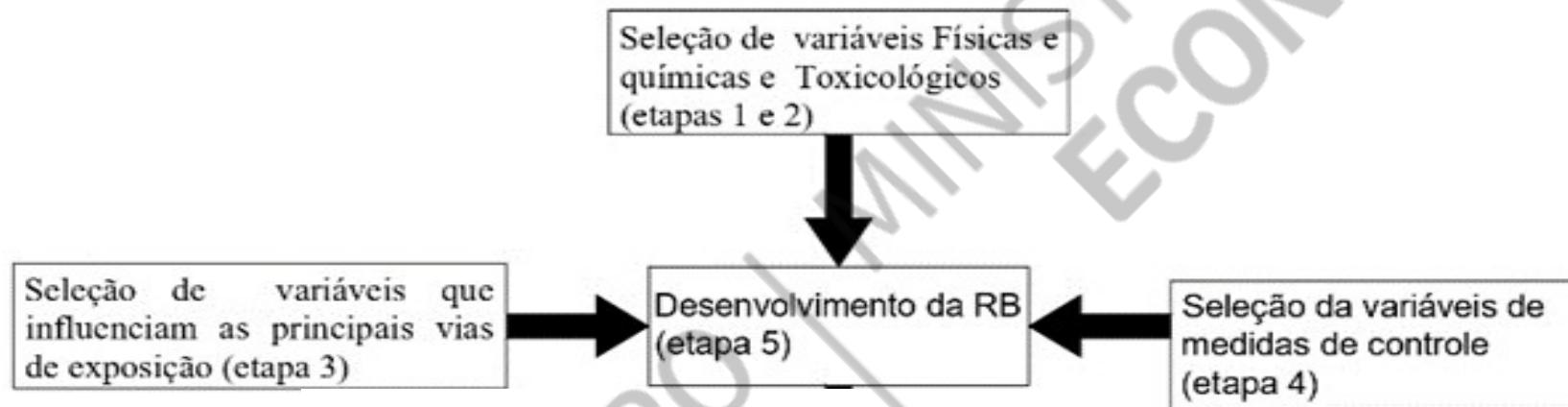
34 Documentos para medidas proteção coletivas e individuais e 20 administrativas.

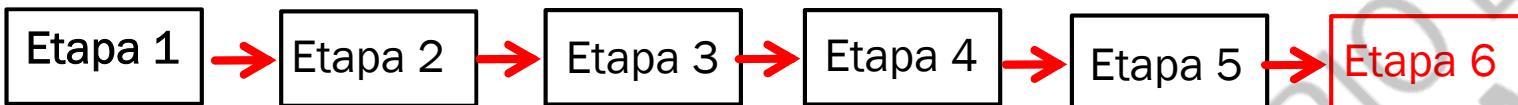
Foram analisadas as variáveis de 10 modelos de CB que são utilizados para definição da exposição do trabalhador de acordo com as medidas de controle existentes ou recomendações sugeridas de acordo com o nível do risco obtido na avaliação.

Critério de seleção

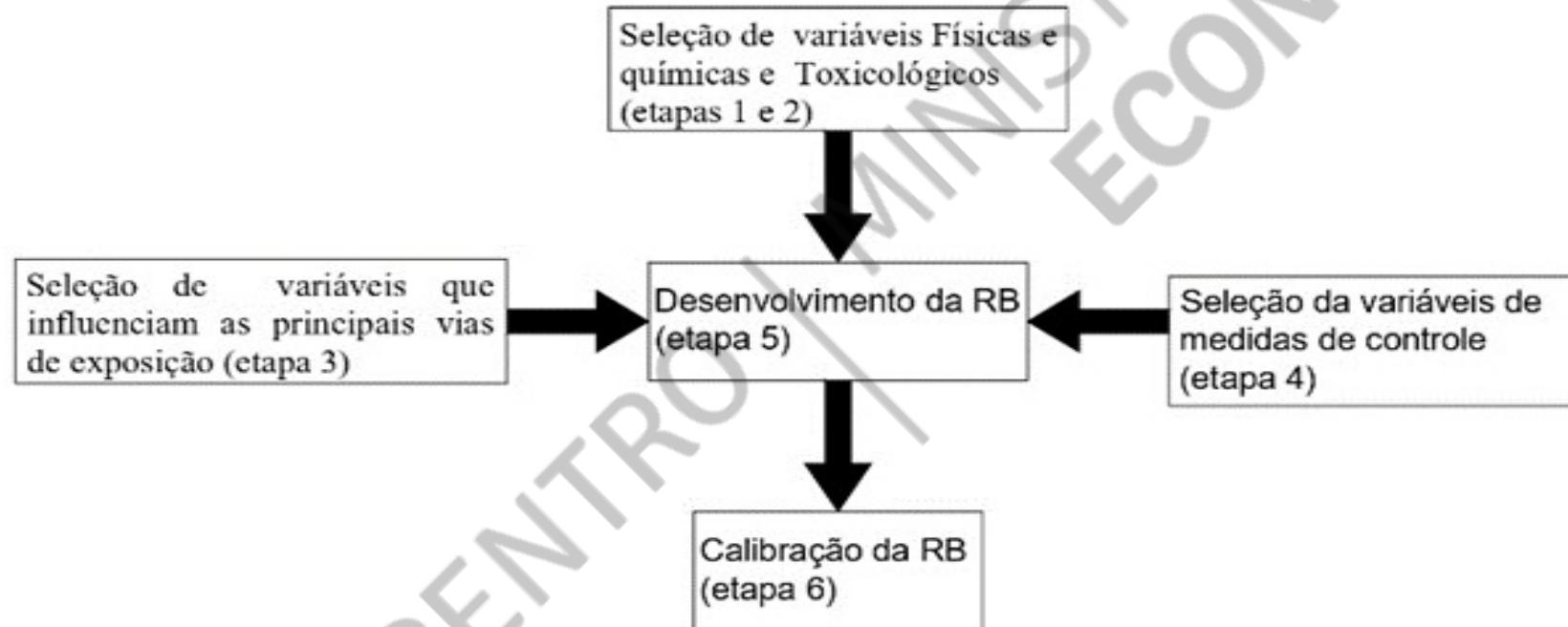


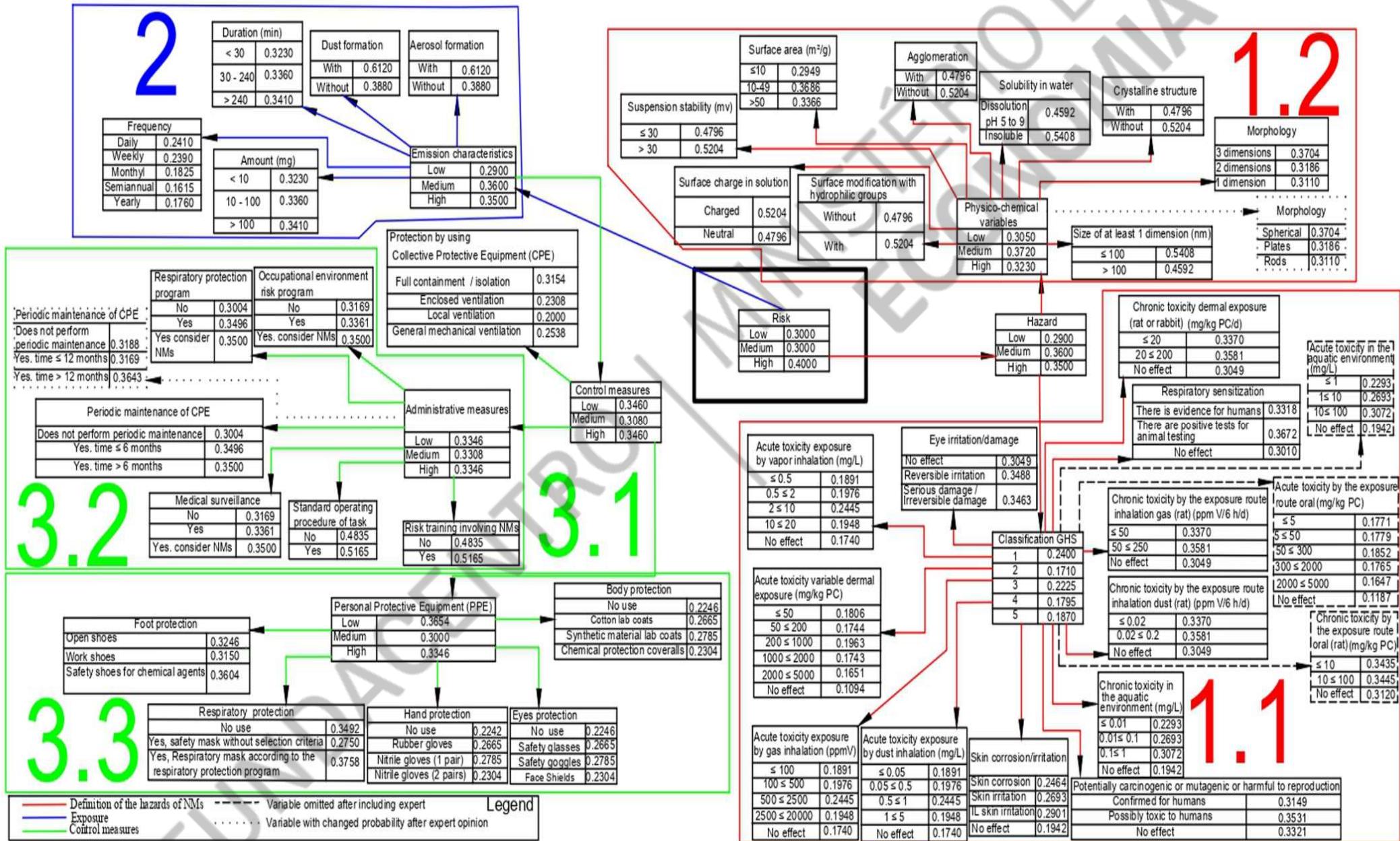
Etapa 5: construção da RB inicial.

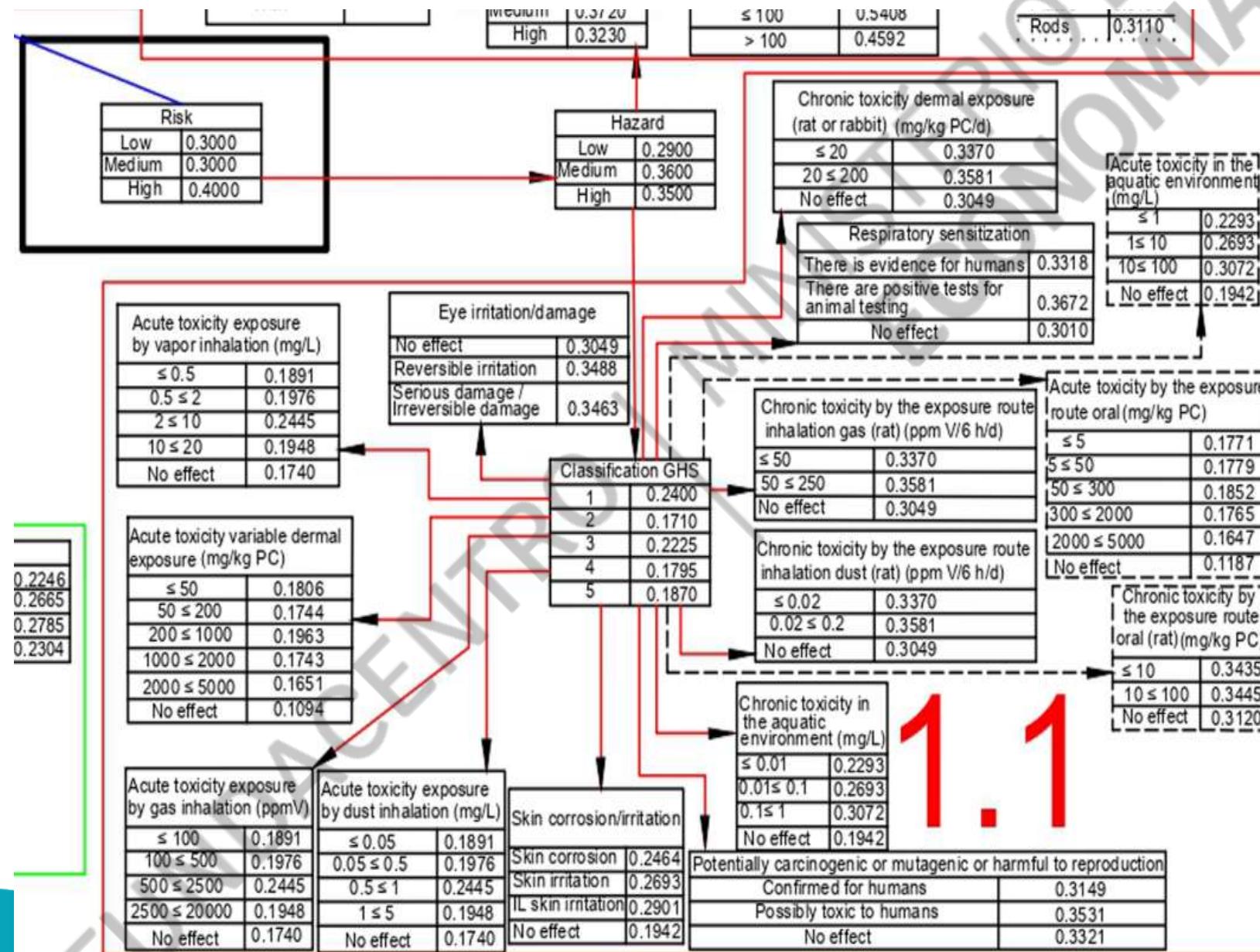




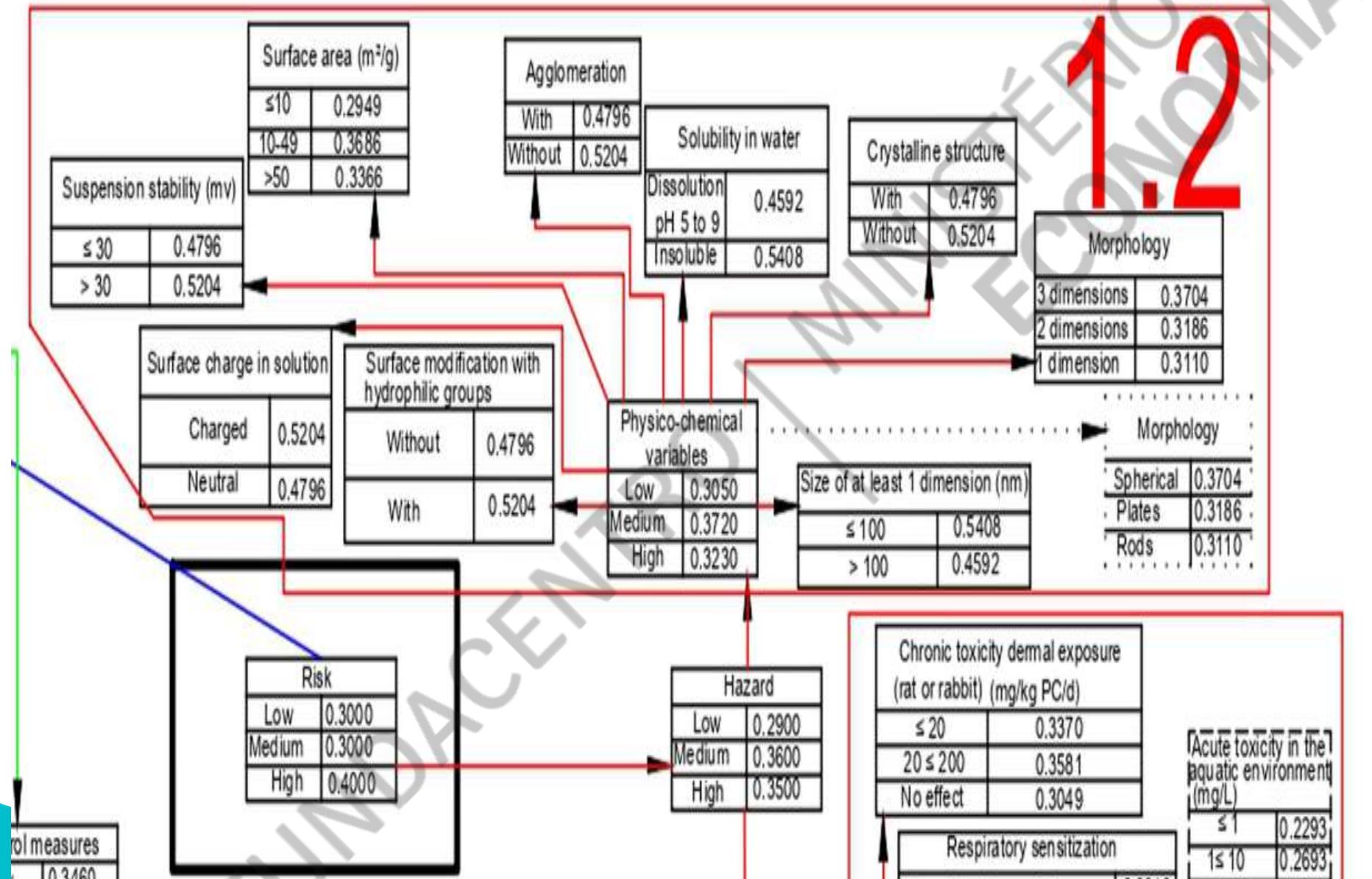
Etapa 6: calibração da RB.



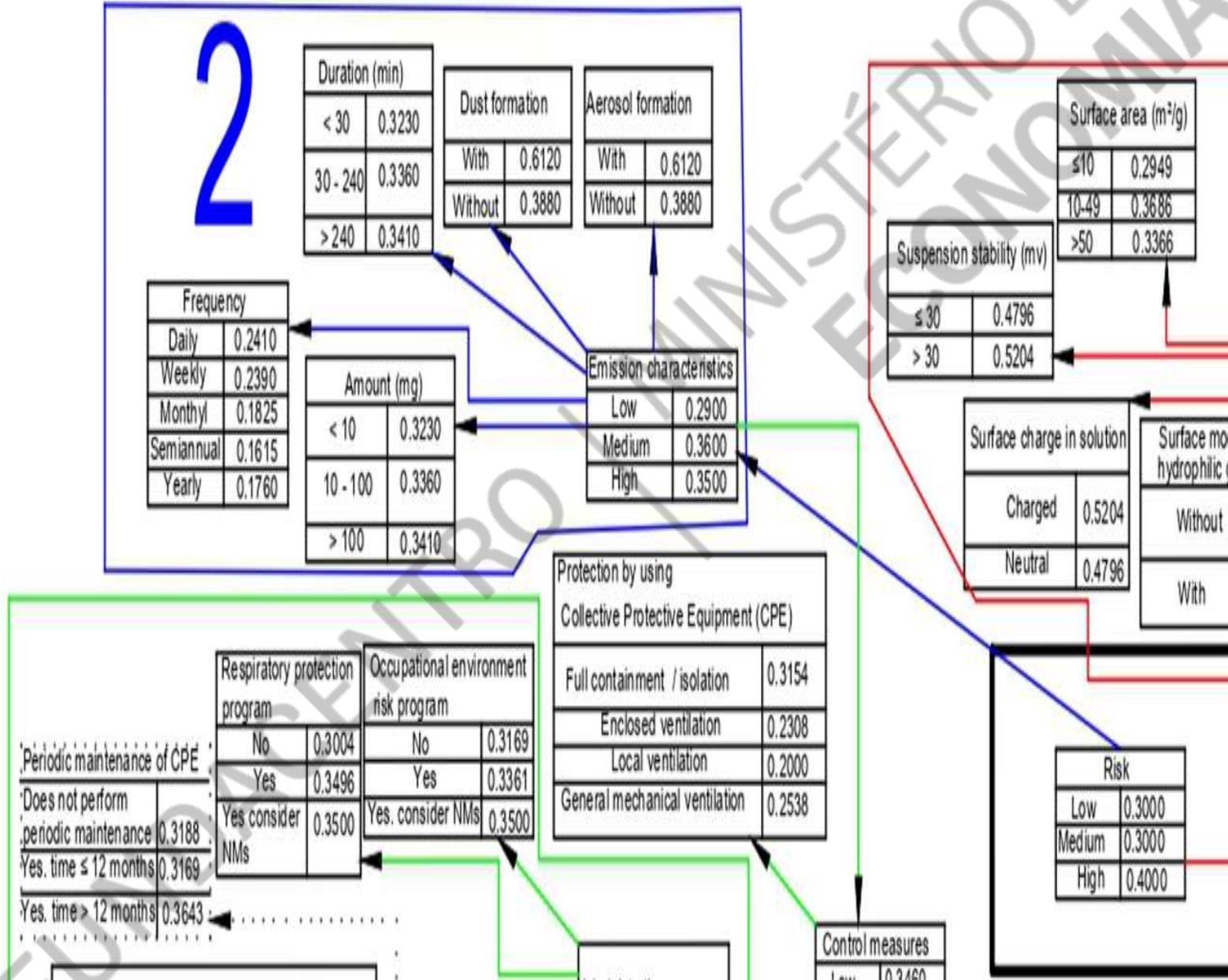


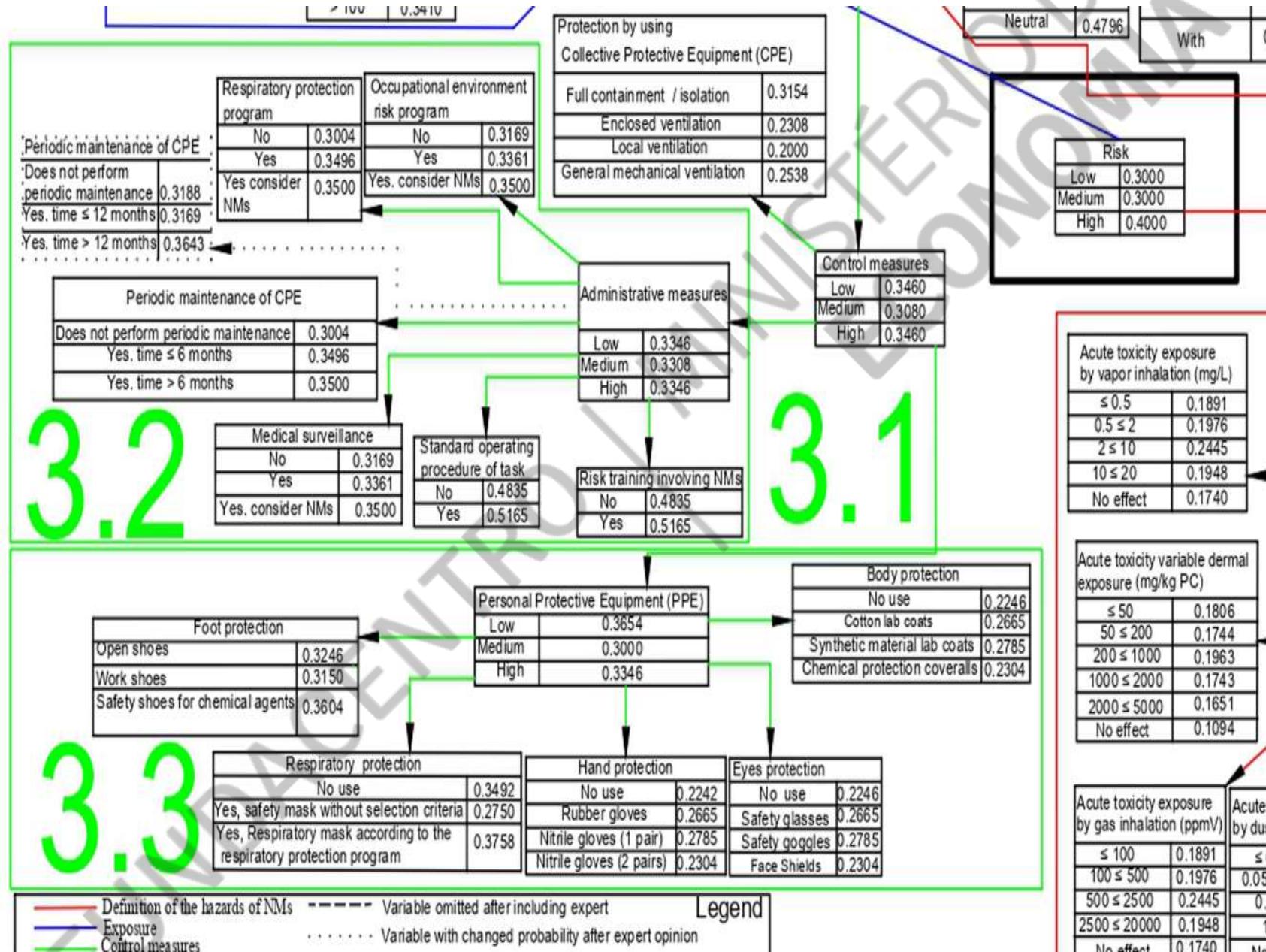


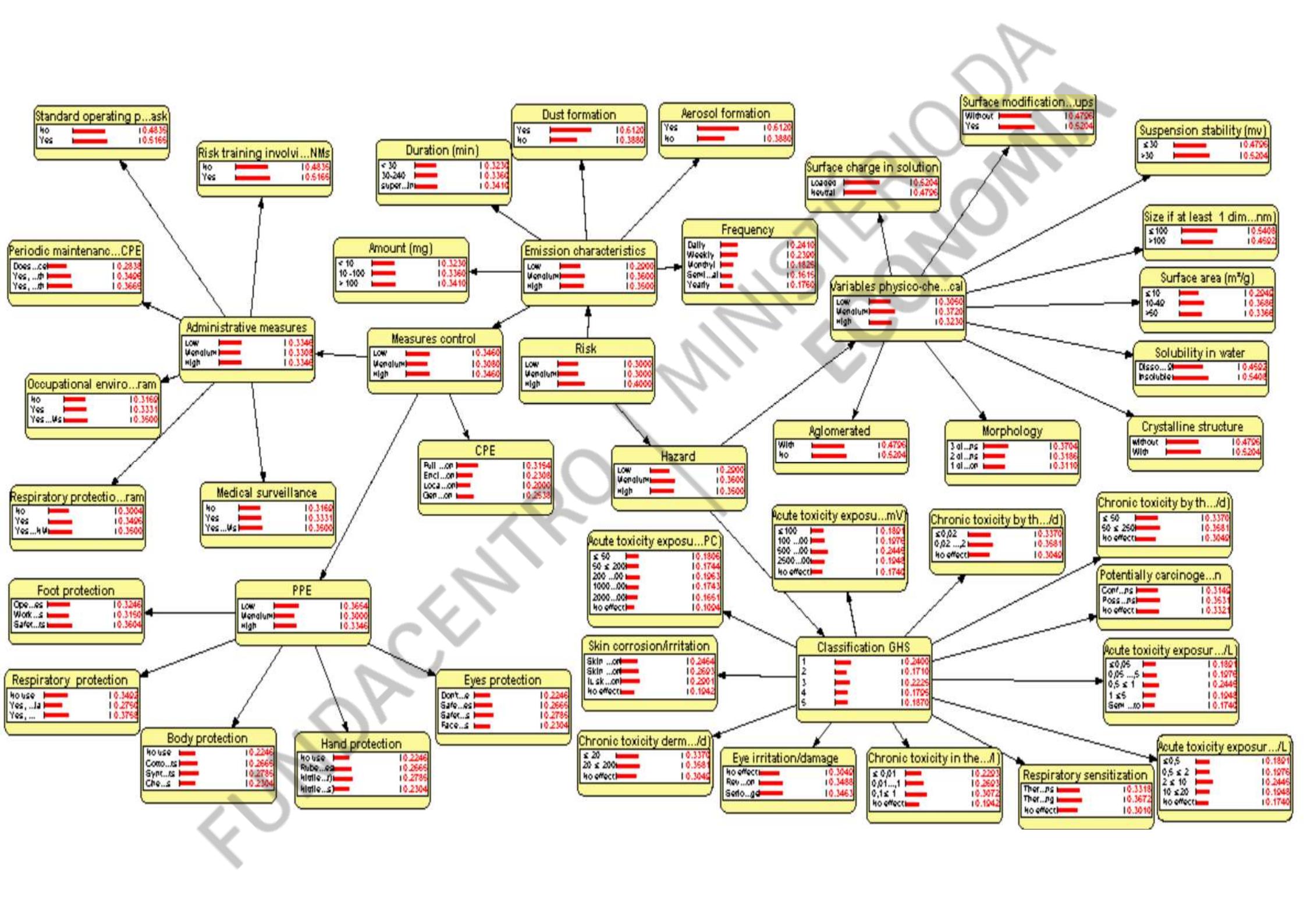
1.2



2

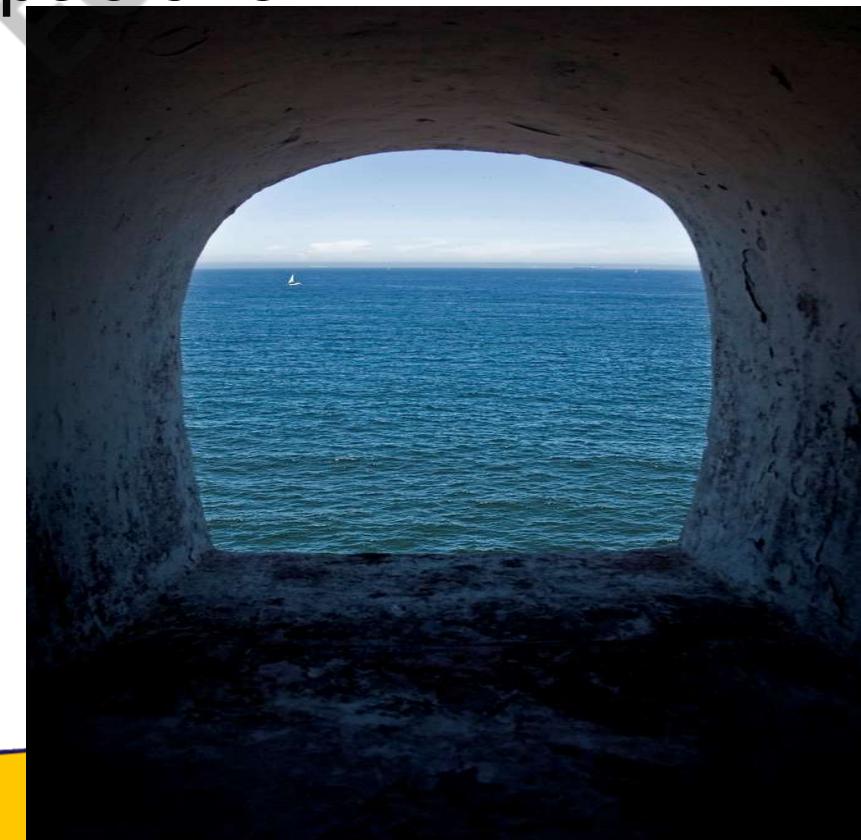




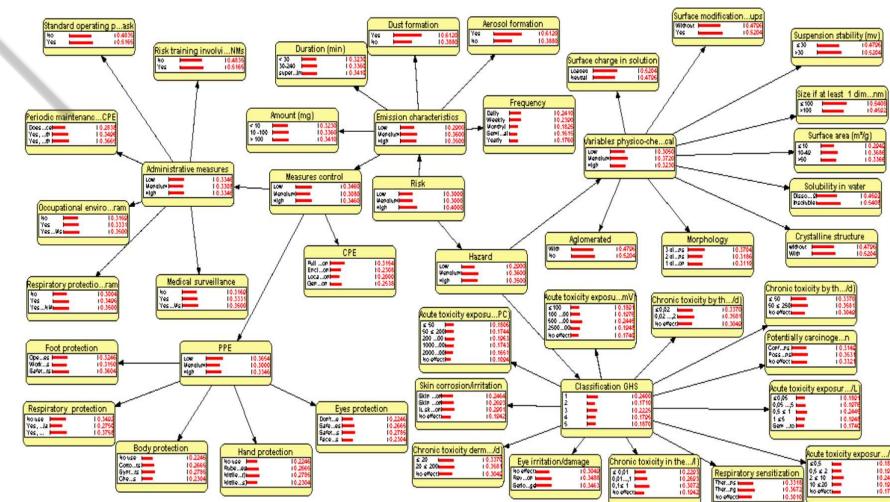


Parte 3

Exemplo prático de uso de uma rede bayesiana para
avaliação do risco ocupacional



Vamos baixar o OpenMarkov e a RB



OpenMarkov

Español | [English](#)

[Inicio](#)

[Usuarios / Descarga](#)

[Programadores](#)

[Bibliografía](#)

[Agradecimientos](#)

[Noticias](#)

Site: Openmarkov.org

OpenMarkov

OpenMarkov es una herramienta informática de código abierto para [modelos gráficos probabilistas \(MGPs\)](#), desarrollada por el [Centro de Investigación sobre Sistemas Inteligentes](#) de la [UNED](#) en Madrid.

Está diseñada para:

- editar y evaluar [varios tipos de MGPs](#), tales como redes bayesianas, diagramas de influencia, modelos de Markov factorizados, etc.;
- [aprender redes bayesianas](#) a partir de bases de datos de forma interactiva;
- [análisis de coste-efectividad](#).

Puedes leer el [tutorial](#) para hacerte una idea de sus posibilidades.

Visita la [página de usuarios](#) para descargar OpenMarkov y obtener información adicional.

[CISIAD](#), [UNED](#), Madrid.

OpenMarkov

Español | [English](#)

Inicio

Usuarios / Descarga

[Programadores](#)

[Bibliografía](#)

[Agradecimientos](#)

[Noticias](#)

Usuarios de OpenMarkov

Descargar y ejecutar OpenMarkov

Por favor, [comprueba tu versión de Java](#). Actualmente OpenMarkov necesita [Java 10](#) o una versión más reciente.

Versión más reciente: 0.3.4. Descarga este [archivo de Java](#) (11 MB) en tu disco duro (o en un "pen-drive" o en un CD...) y ejecuta OpenMarkov haciendo doble-clic sobre él. No necesita instalación.

Hay un truco para [abrir las redes más fácilmente](#) con OpenMarkov, haciendo doble-clic sobre ellas.

Información adicional

En la página de [bibliografía](#) puedes encontrar un [tutorial](#) y otros documentos sobre OpenMarkov.

Contacto

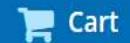
Si necesitas ayuda, escribe a: ayuda@openmarkov.org.

Recuerda que OpenMarkov no es un programa comercial, sino un prototipo de investigación que aún tiene errores. Si detectas alguno, indícalo [aquí](#), por favor, dándonos información suficiente para que podamos reproducirlo. Haremos todo lo posible por corregirlo, pero dada la fuerte escasez de recursos humanos de nuestro grupo, no nos podemos comprometermos a hacerlo en un tiempo razonable.



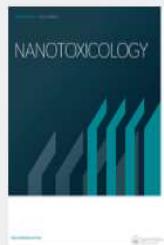
Log in

Register



Cart

Home ► All Journals ► Nanotoxicology ► List of Issues ► Volume 14, Issue 9 ► Probabilistic model for assessing occupa



Nanotoxicology

Volume 14, 2020 - Issue 9

Submit an article

Journal homepage

Enter keywords, authors, DOI, ORCID etc

This Journal



Advanced search

40

Views

0

CrossRef citations
to date

0

Altmetric

Articles

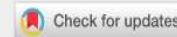
<https://doi.org/10.1080/17435390.2020.1815094>

Probabilistic model for assessing occupational risk during the handling of nanomaterials

José Renato Alves Schmidt , Diego José Nogueira , Silvia Modesto Nassar , Vitor Pereira Vaz , Marlon Luiz Neves da Silva , Denice Schulz Vicentini & [...show all](#)

Pages 1258-1270 | Received 17 May 2020, Accepted 21 Jul 2020, Published online: 10 Sep 2020

[Download citation](#) <https://doi.org/10.1080/17435390.2020.1815094>



tandfonline.com/doi/suppl/10.1080/17435390.2020.1815094?scroll=top

All Journals ► Nanotoxicology ► List of Issues ► Volume 14, Issue 9 ► Probabilistic model for assessing occupa

Full Article

Figures & data

References

Supplemental

Citations

Metrics

Reprints & Permissio

Supplemental material

Probabilistic model for assessing occupational risk during the handling of nanomaterials

Showing 6/6: inan_a_1815094_sm2951.pgmx

61 views

0 shares

10 downloads

sorry, we can't preview this file

Dificuldades

Jose.schmidt@fundacento.gov.br

figshare

6 / 6



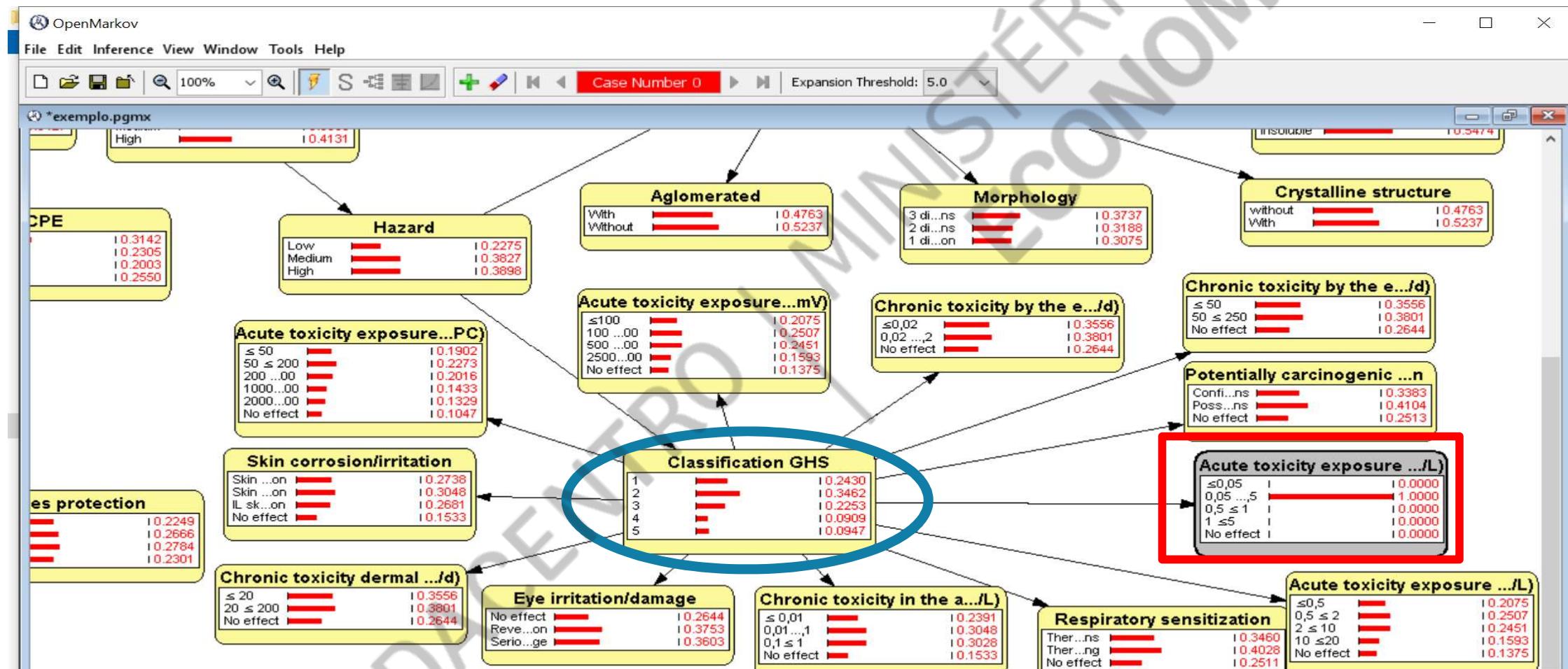
Share

Download

EXEMPLO:

PREPARAÇÃO DE UM NANOCOMPÓSITO COM UMA MEMBRANA DE
QUITOSANA, CONTENDO DIÓXIDO DE SILÍCIO FUNCIONALIZADO **CASO
HIPOTÉTICO**

DADOS TOXICOLÓGICOS



Acute toxicity exposure by gas inhalation (ppmV)

**WHO GUIDELINES
ON PROTECTING WORKERS
FROM POTENTIAL RISKS
OF MANUFACTURED NANOMATERIALS**

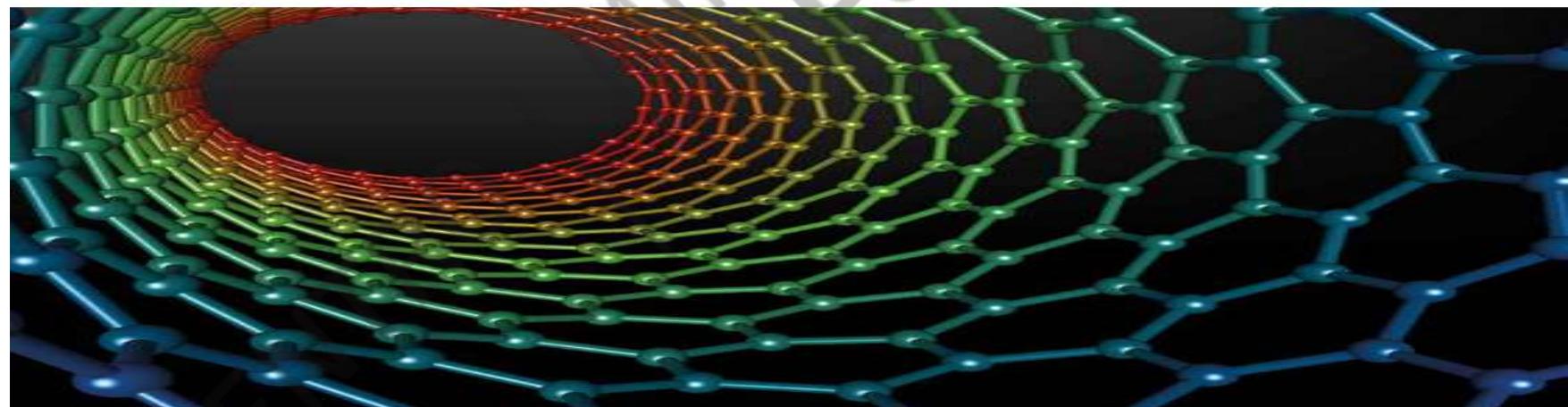
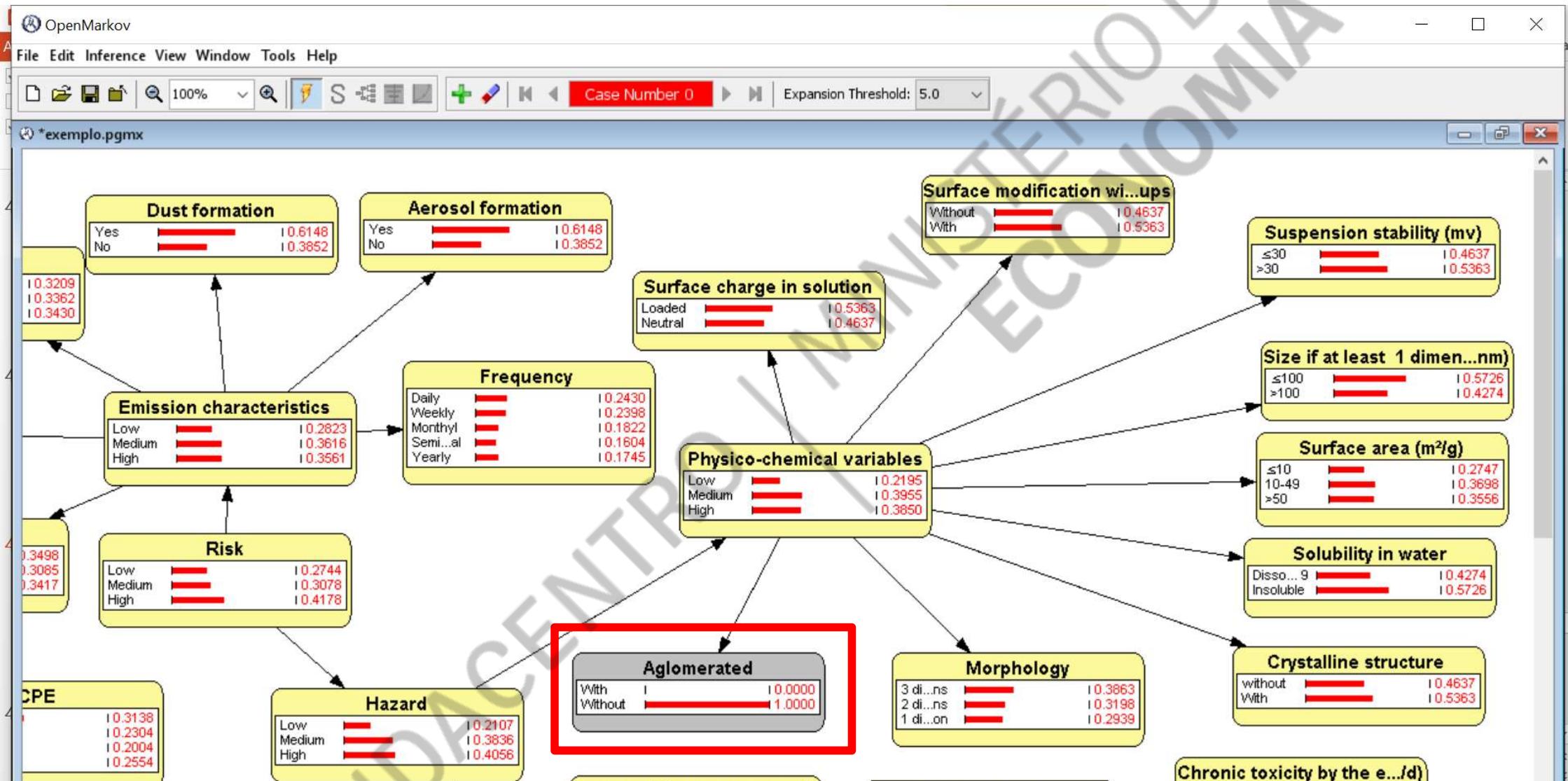
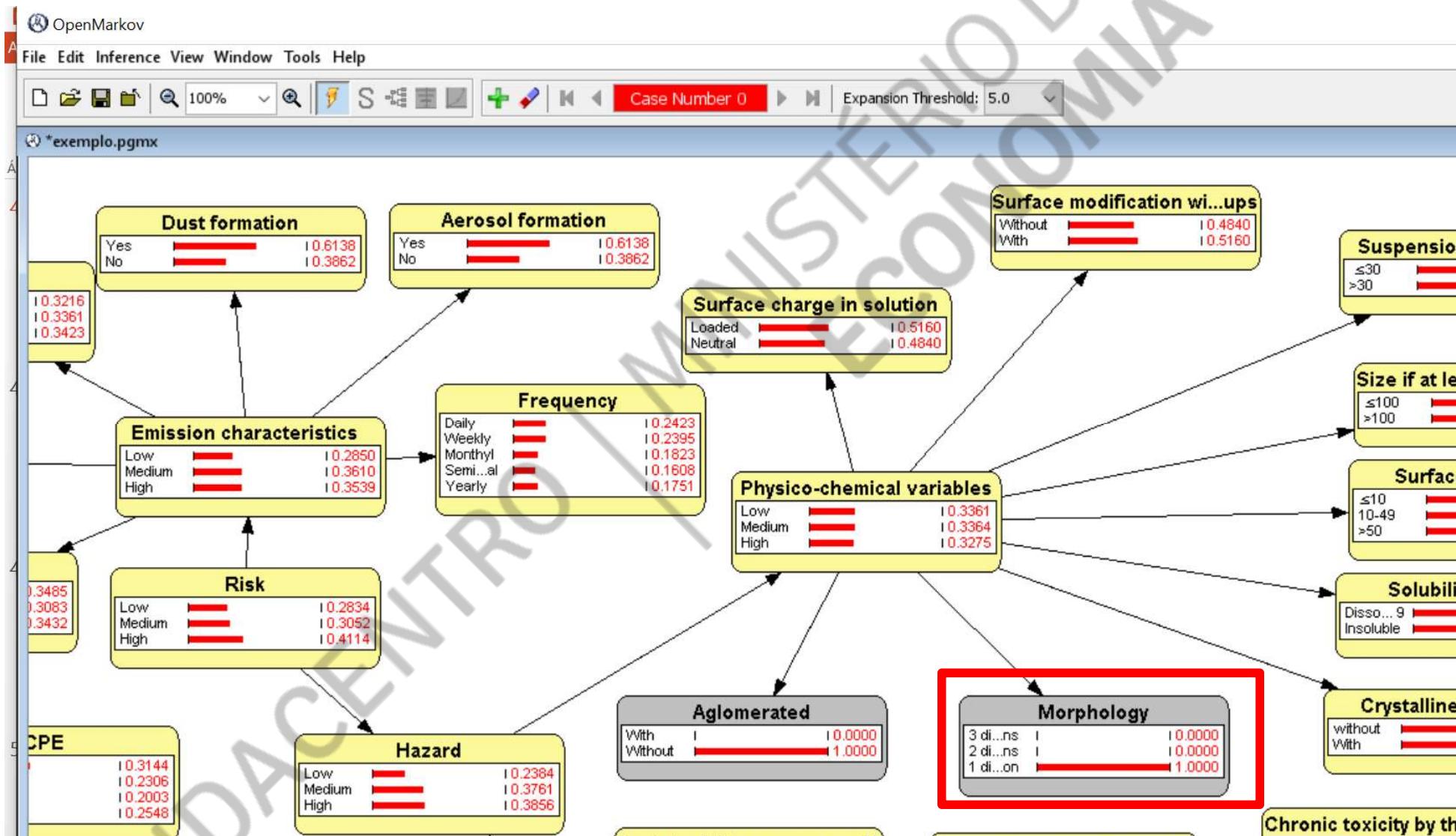


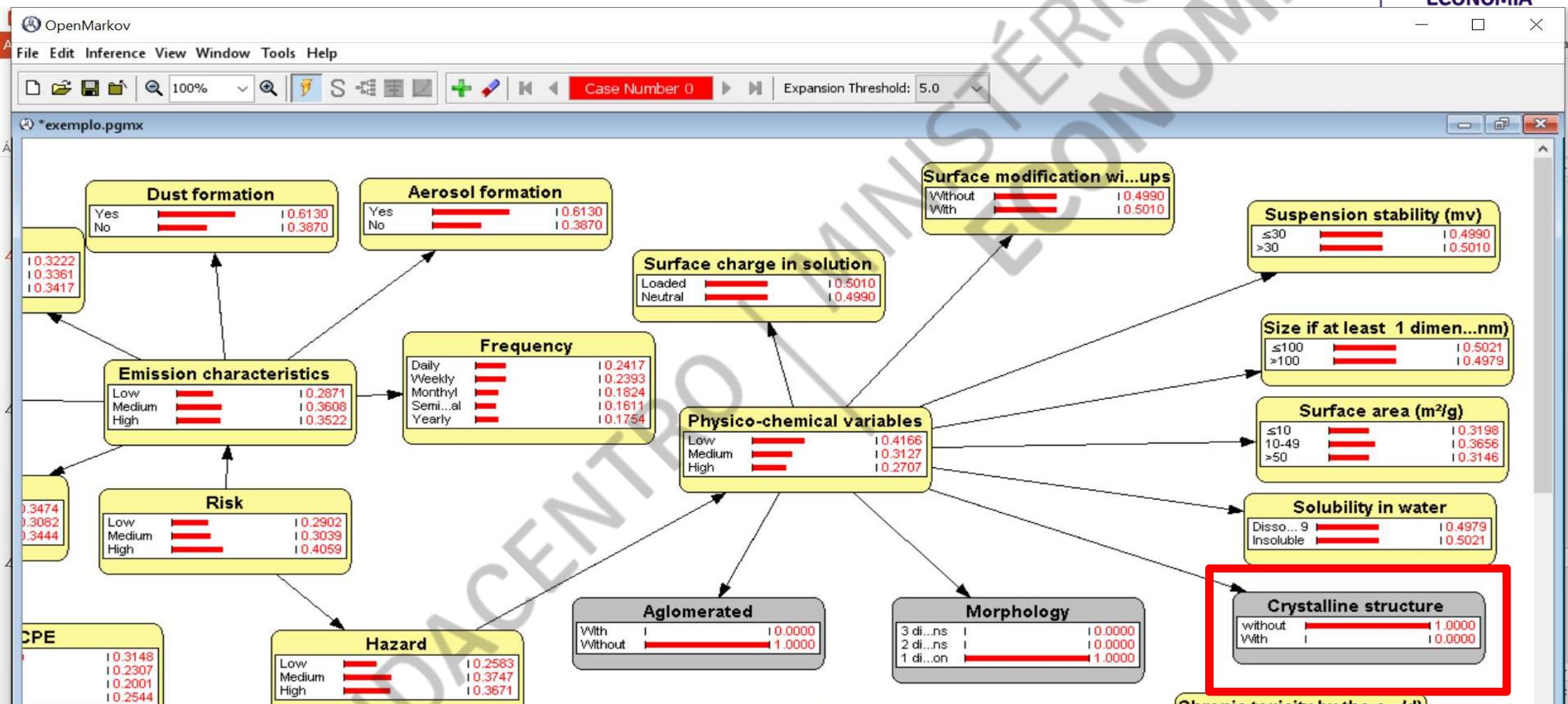
TABLE 2. CLASSIFICATION OF HAZARDOUS PROPERTIES OF NANOMATERIALS (MNMS) THAT HAVE AN EXISTING OECD DOSSIER

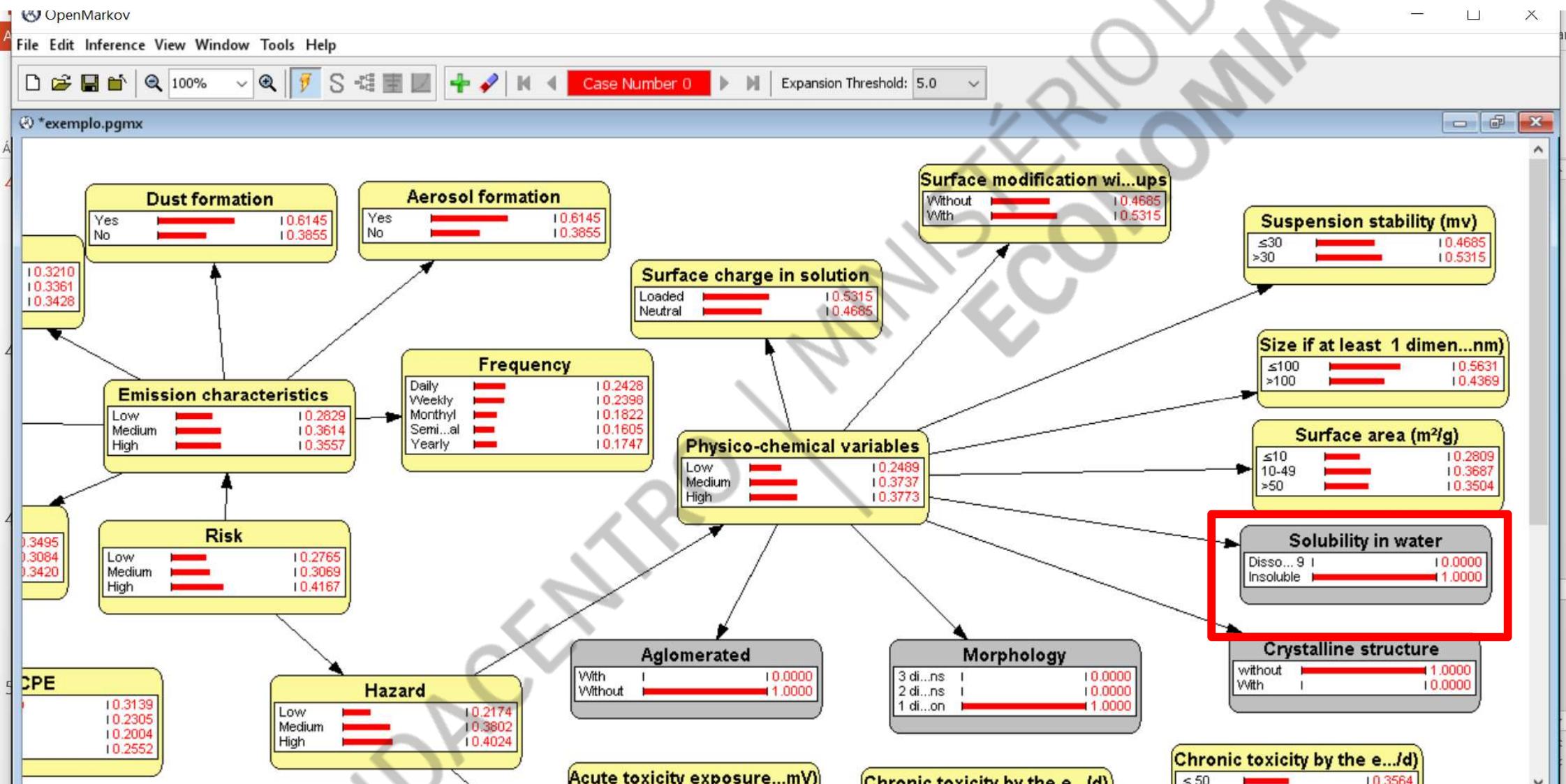
MNM	Acute toxicity	Skin corrosion/irritation	Serious eye damage/eye irritation	Respiratory or skin sensitization	Germ cell mutagenicity	Carcinogenicity	Reproductive toxicity	Specific target organ toxicity (single exposure)	Specific target organ toxicity (repeated exposure)
Fullerene (C_{60})	No ^a	No	No	No	No	No data ^b	No data	No data	No
SWCNT	No	No	No	No	Cat 2B ^c (L) ^d	No data IARC ^e 3	No data	No data	Cat 1 (L)
MWCNT	No	No	Cat 2A (H) ^g	No	Cat 2 (H)	MWCNT-7: Cat 2 (M) ^h , IARC 2B Other MWCNTs: IARC 3	No	No data	Cat 1 (M)
AgNP	No	No	No	Cat 1B (M)	No	No data	No	No data	Cat 1 inhalation (H) Cat 2 oral (H)
AuNP	No data	No data	No data	No data	No data	No data	No data	No data	Cat 1 inhalation (H)
SiO_2	No	No	No	No	No	No data	No	No data	Cat 2 inhalation (H)
TiO_2	No	No	No	No	No	No data IARC 2B	Cat 2 (L)	No data	Cat 1 inhalation (H)
CeO_2	No	No data	No data	No data	No data	No data	No data	No data	Cat 1 inhalation (M)
Dendrimer	No data	No data	No data	No data	No data	No data	No data	No data	No data
Nanoclay	No data	No data	No data	No data	No data	No data	No data	No data	No data
ZnO	No	No	No	No data	No	No data	No	No data	Cat 1 inhalation (M)

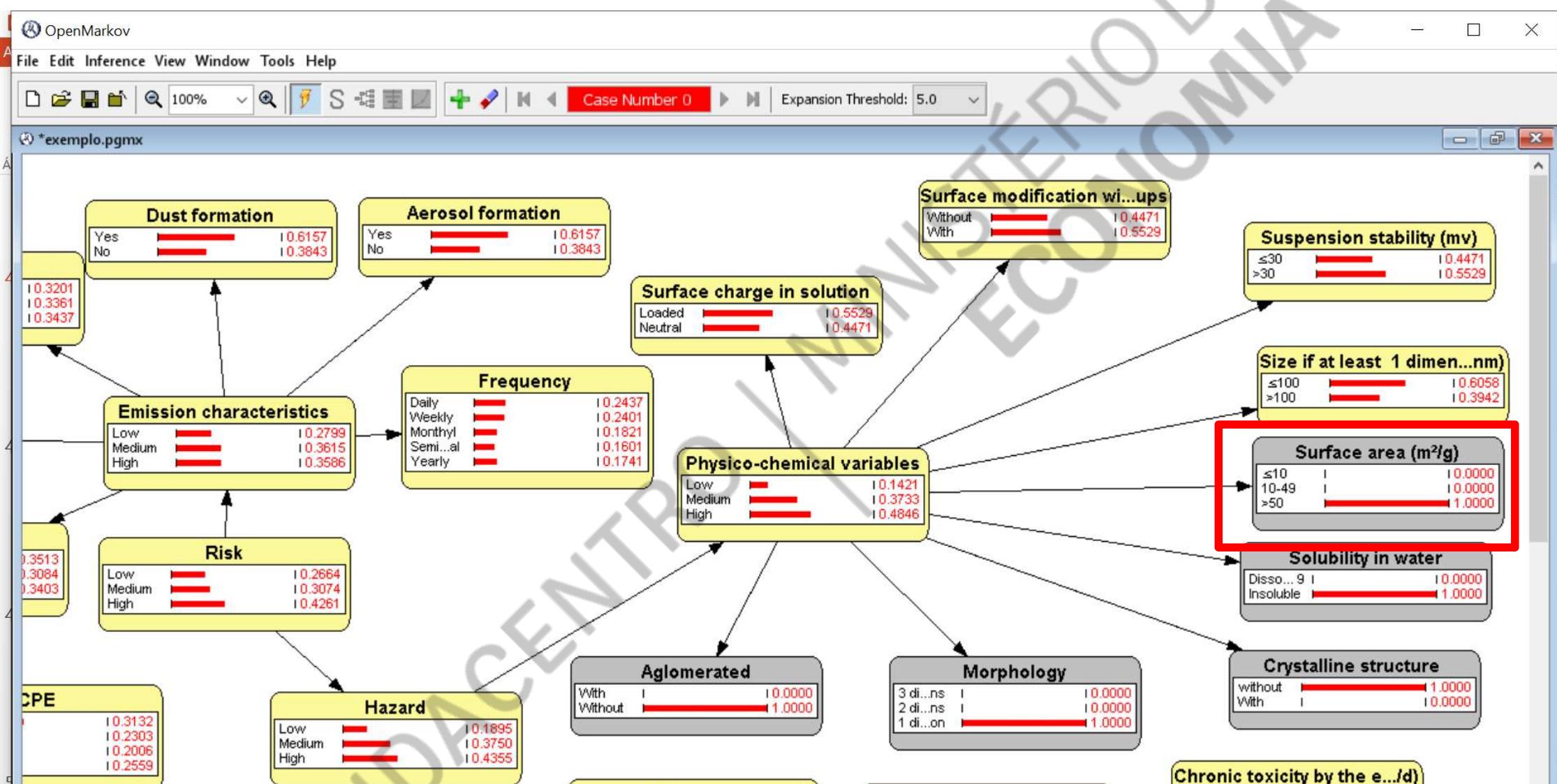
PARÂMETROS FÍSICO- QUÍMICOS

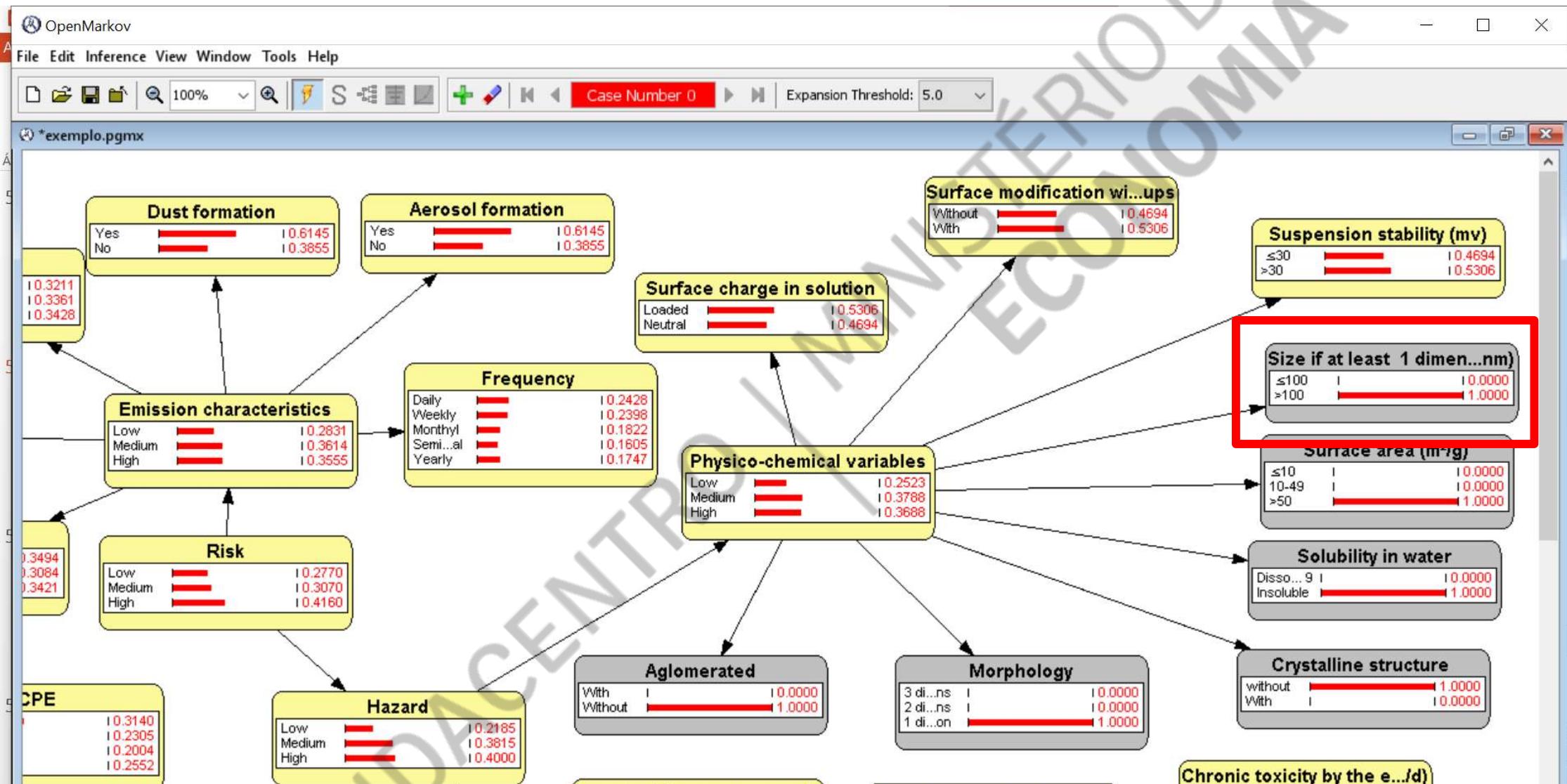


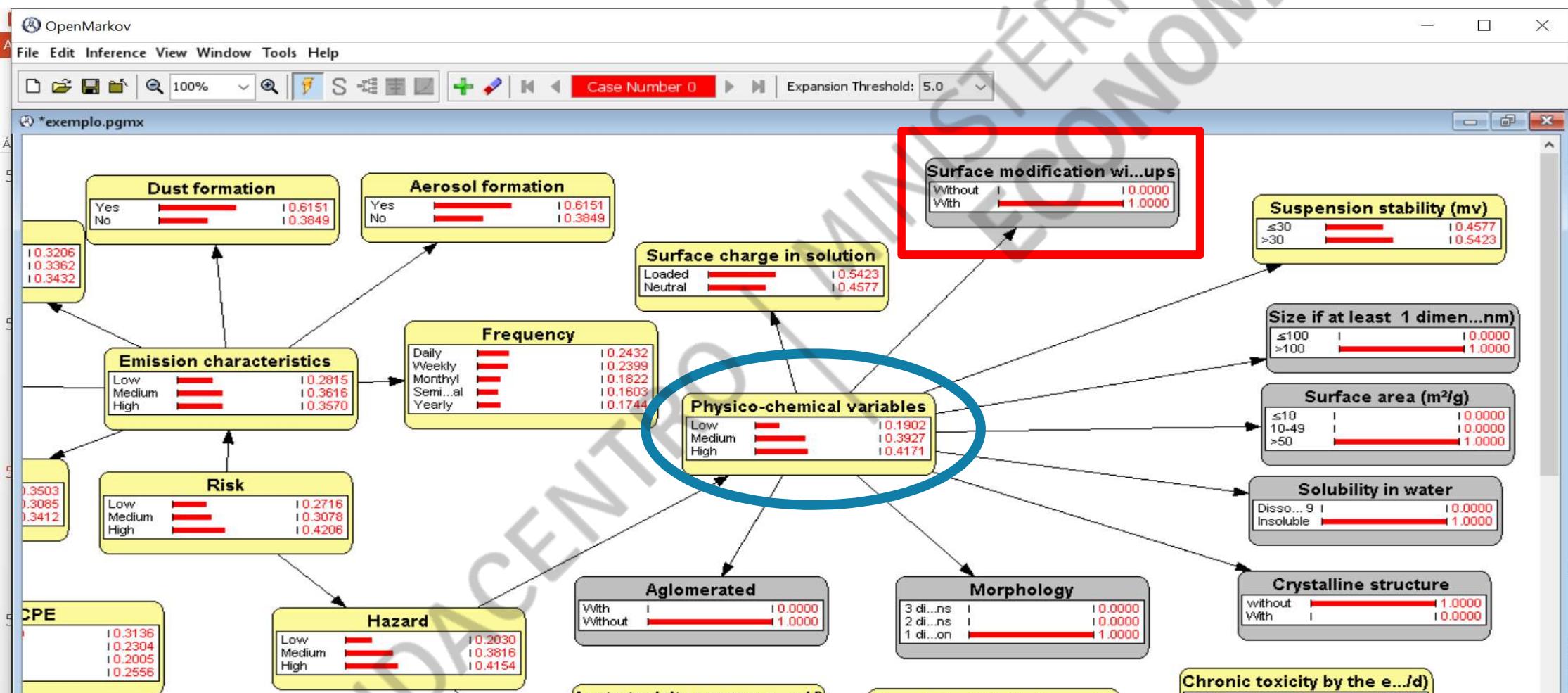


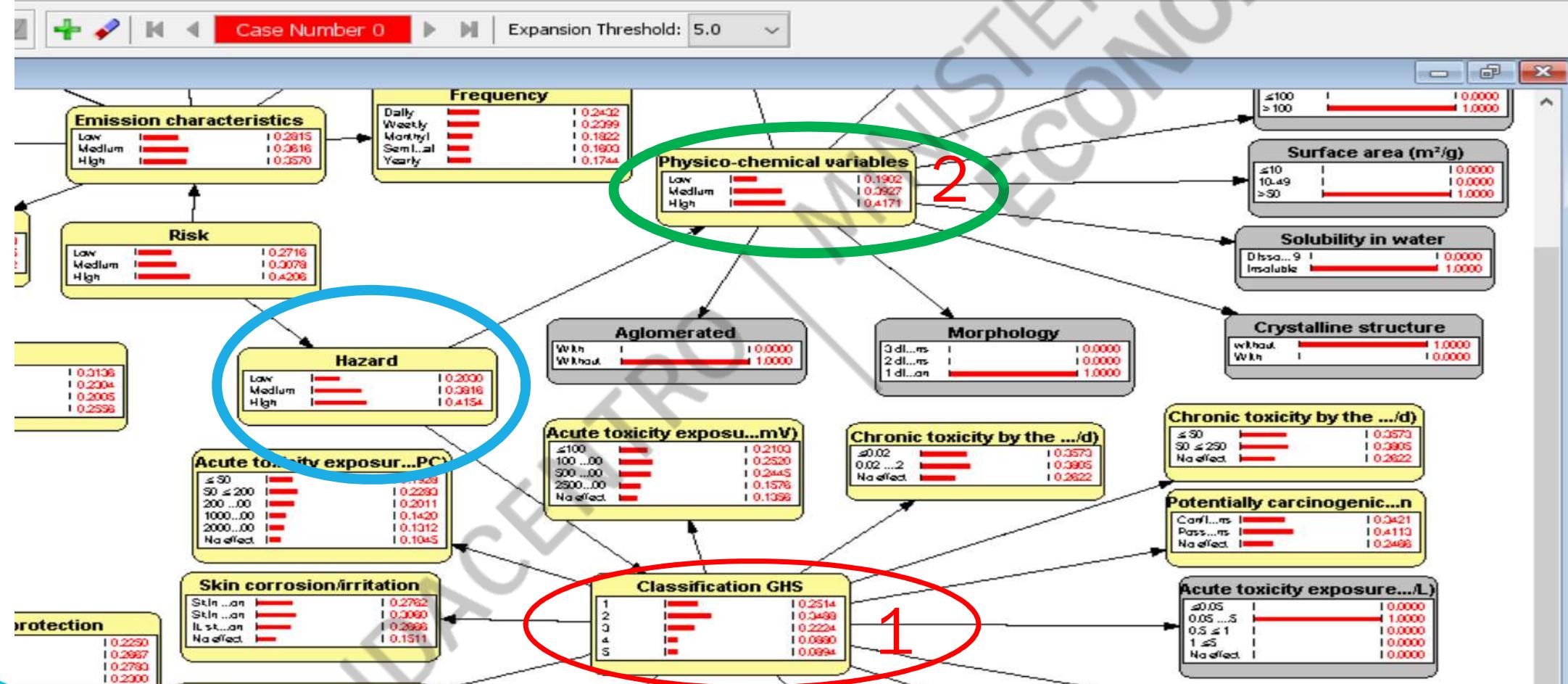




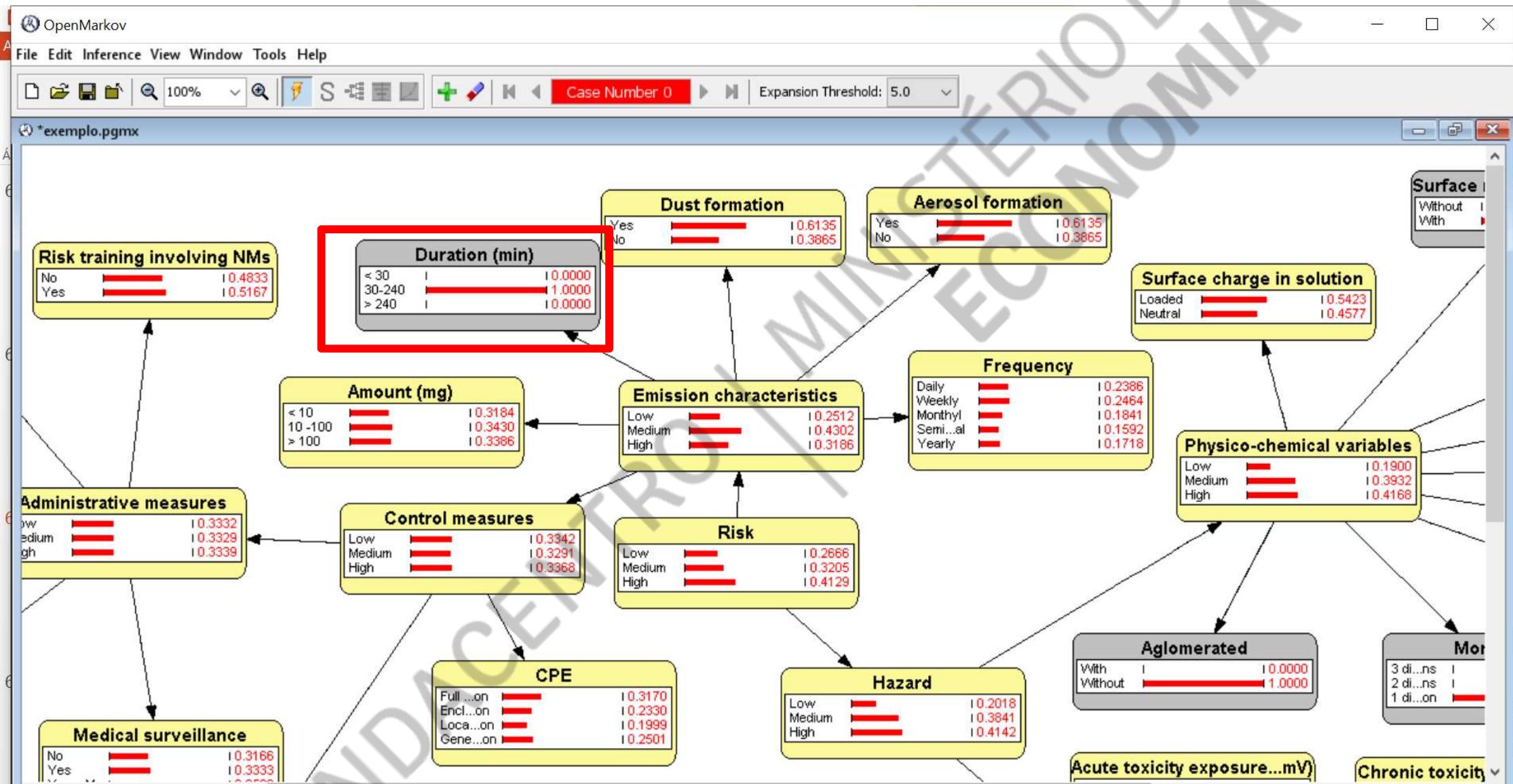


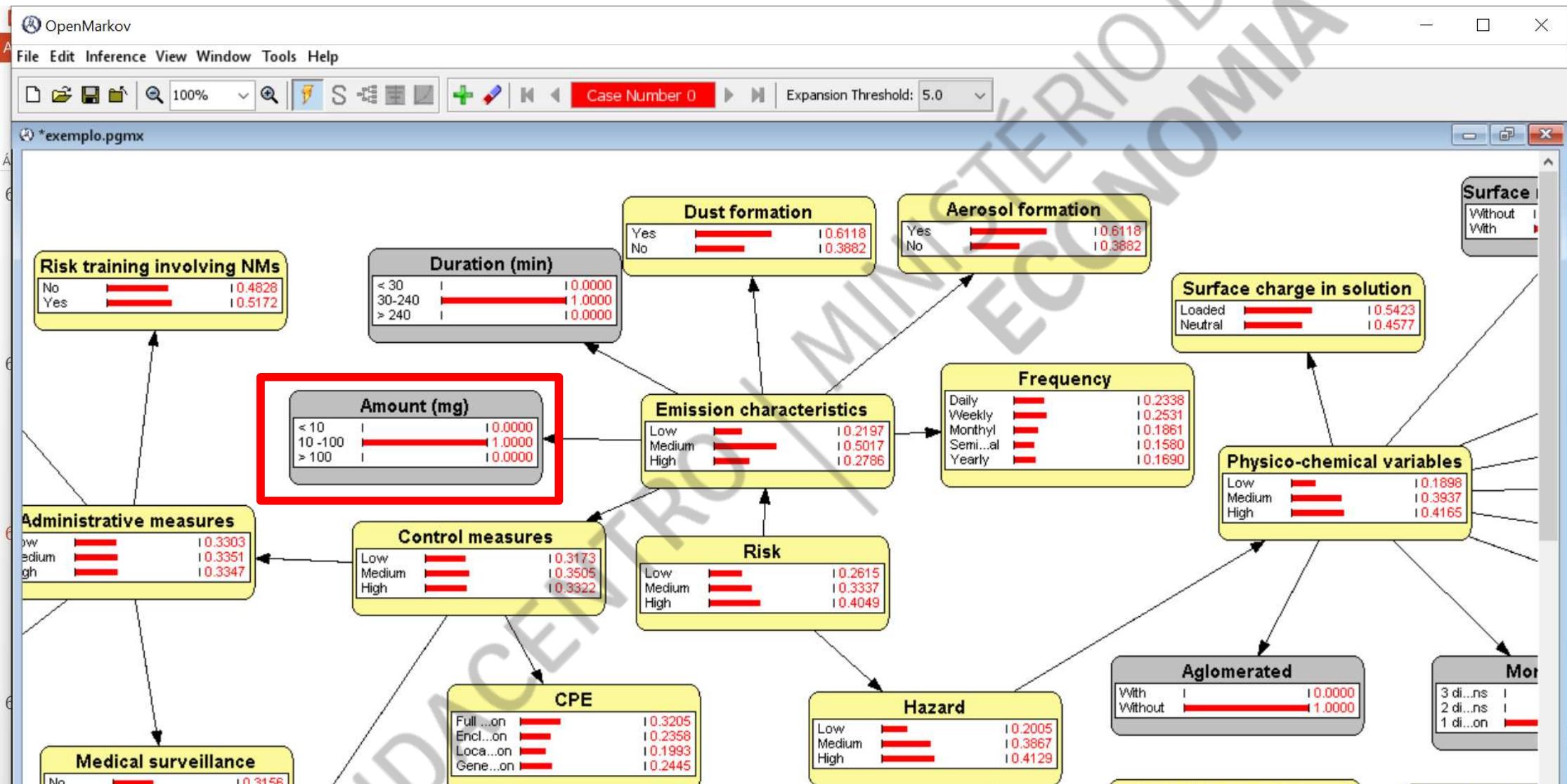


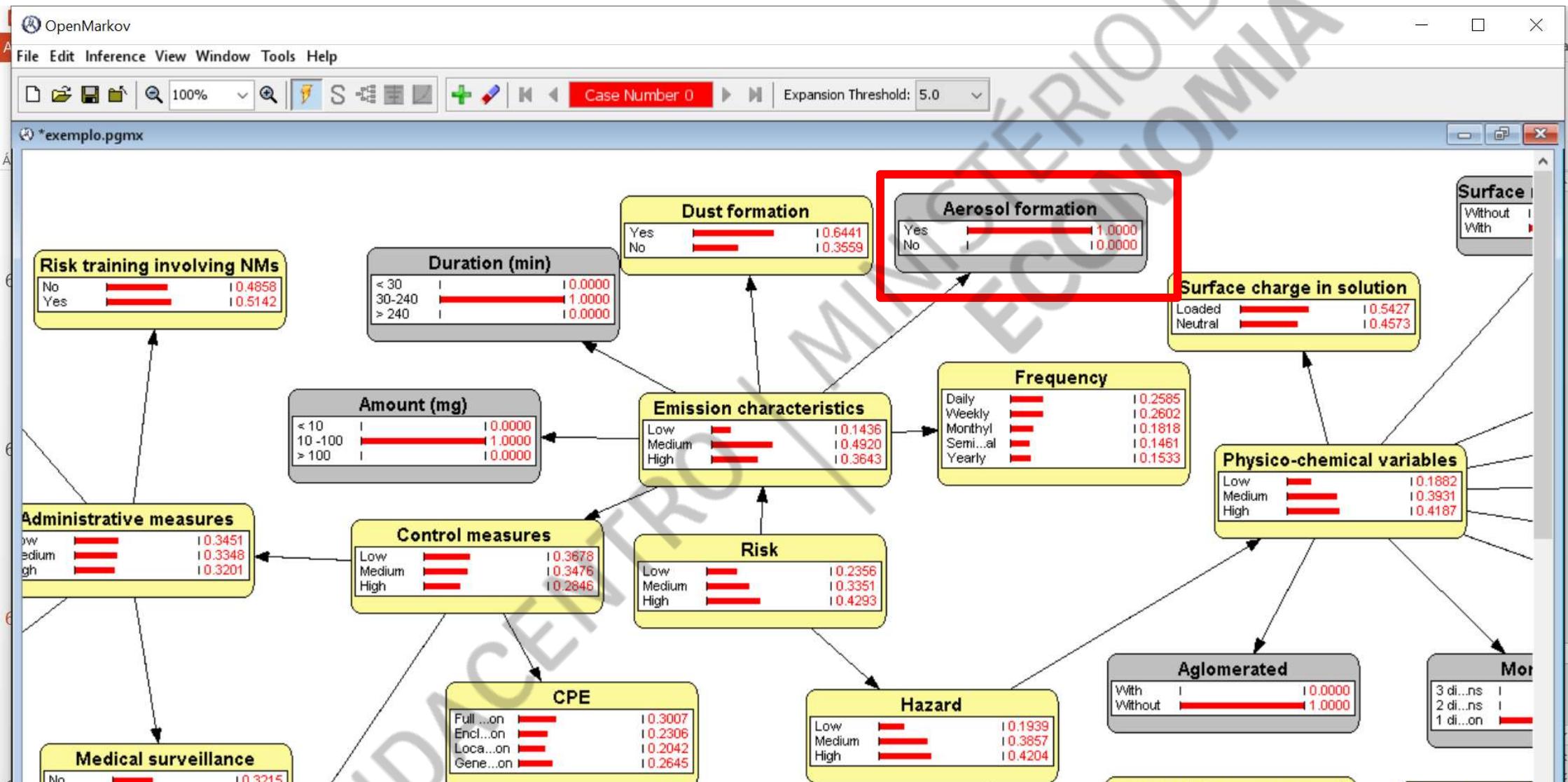


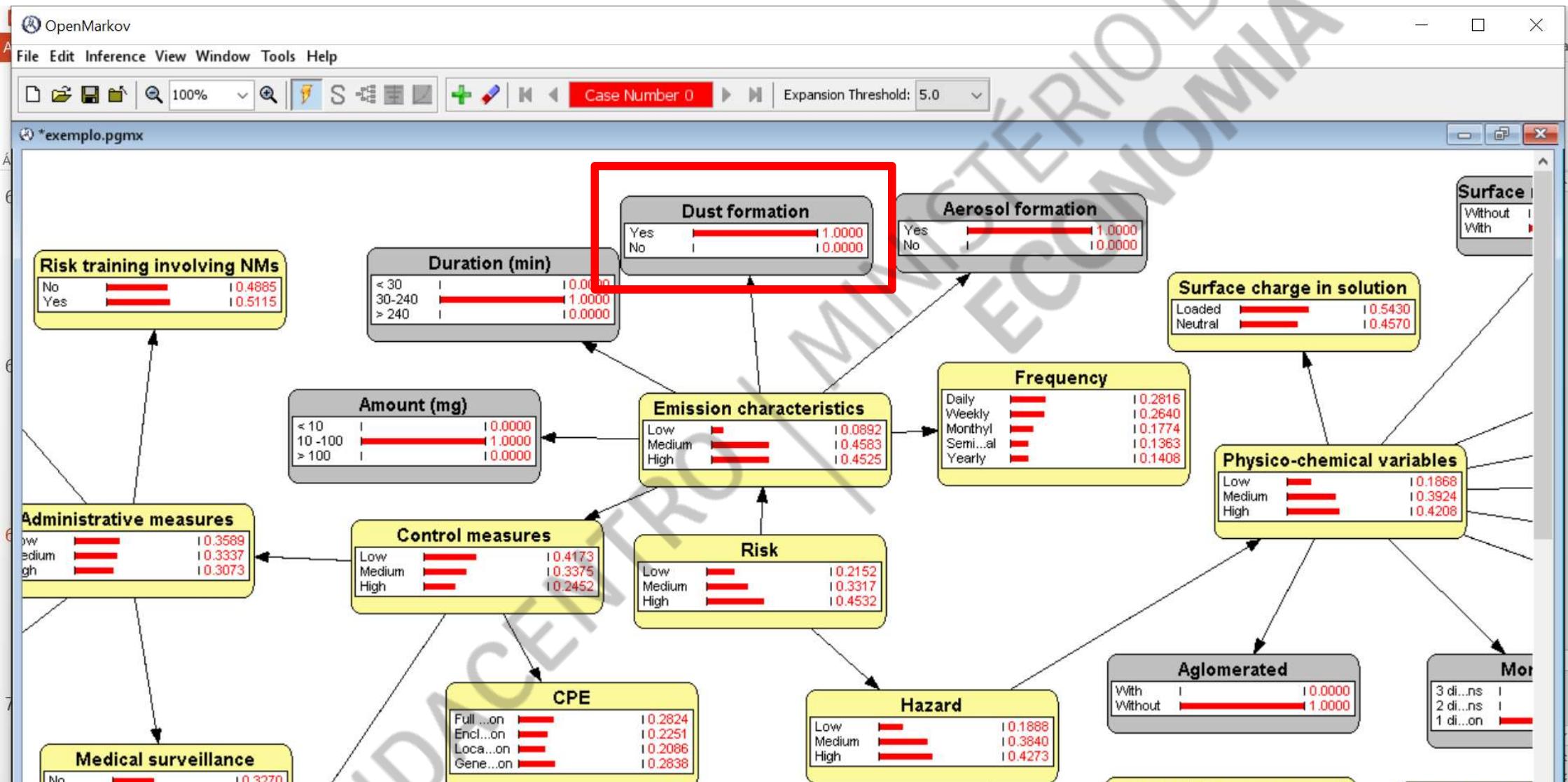


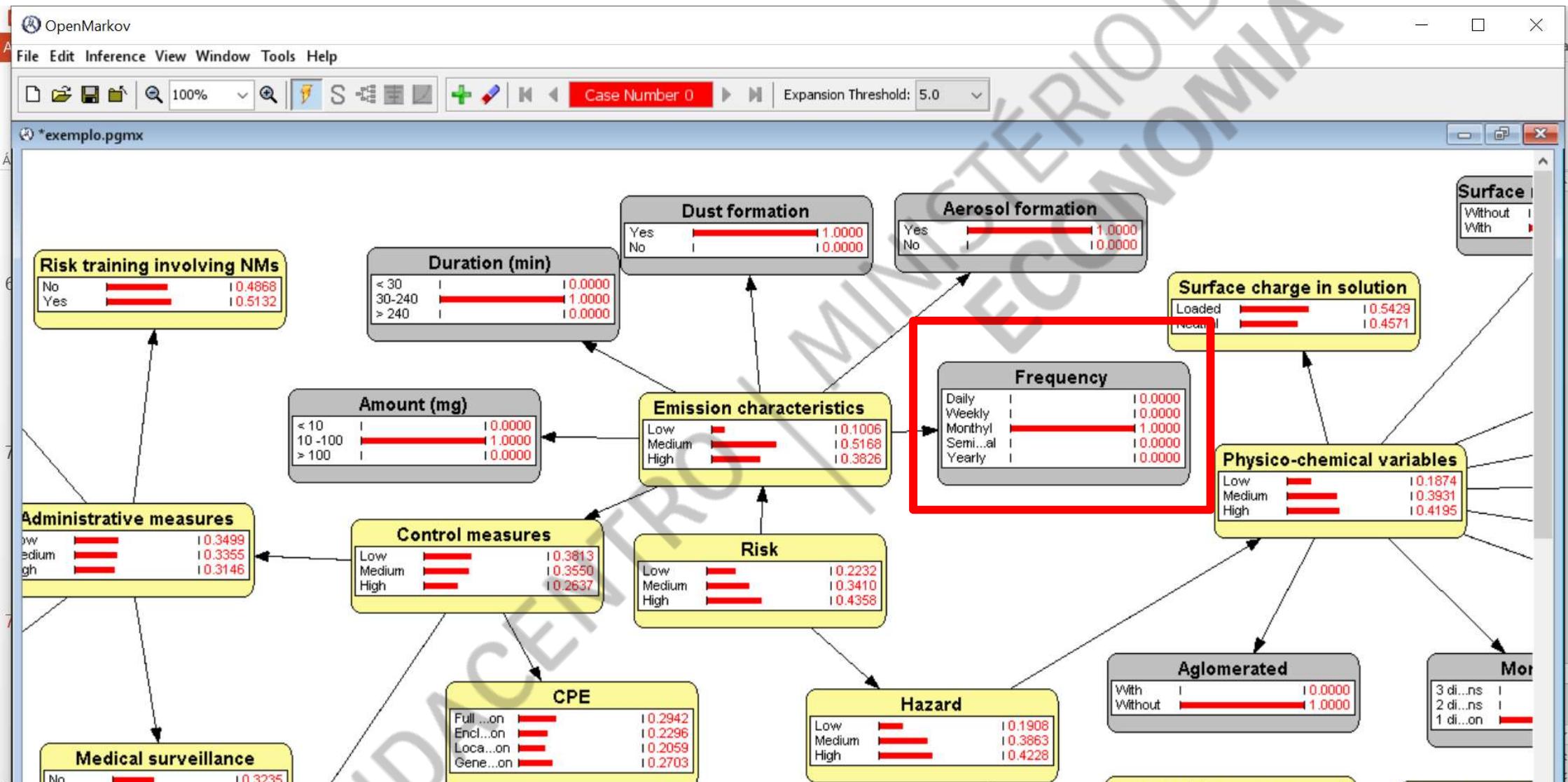
DADOS SOBRE A EXPOSIÇÃO







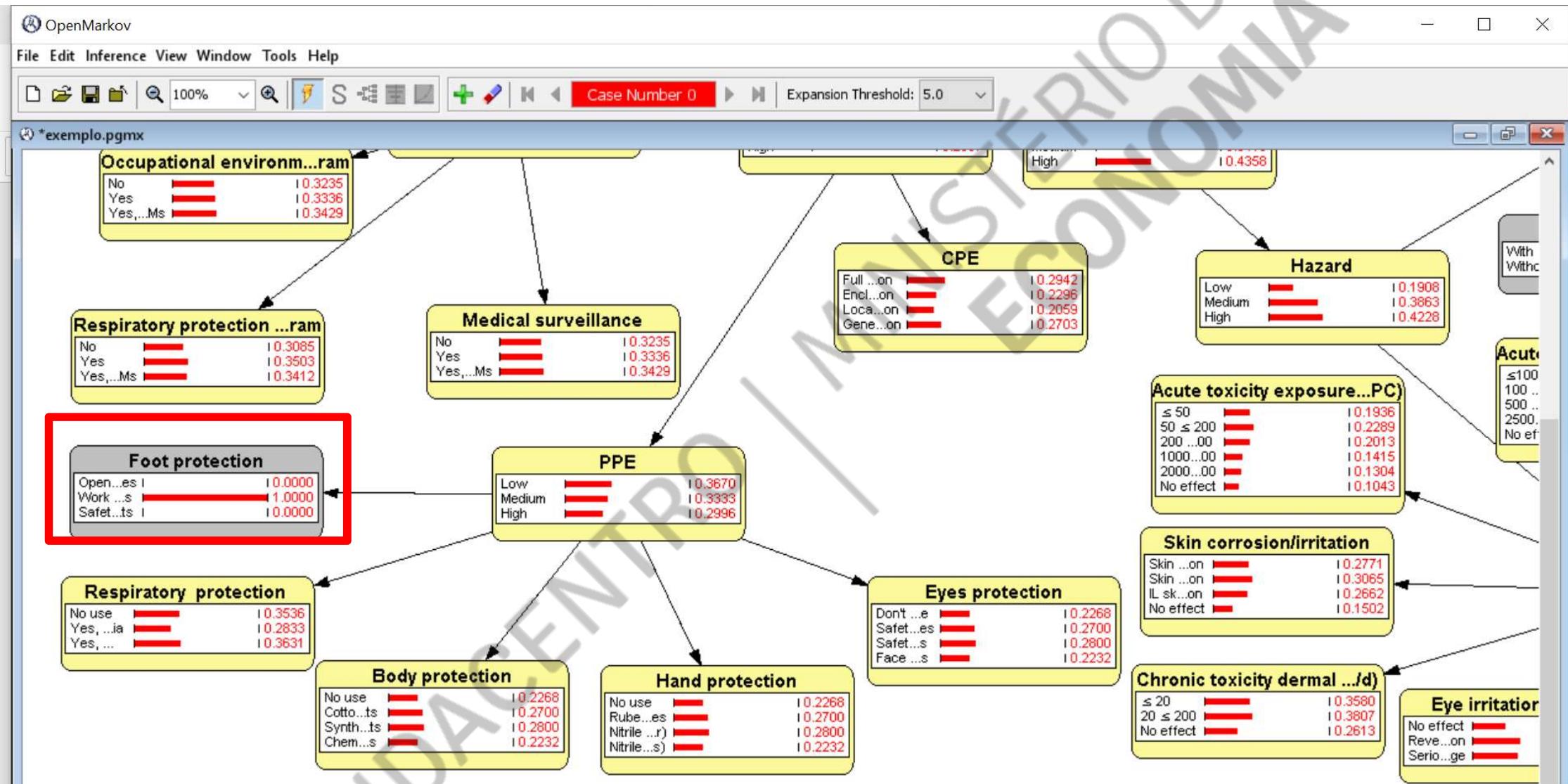


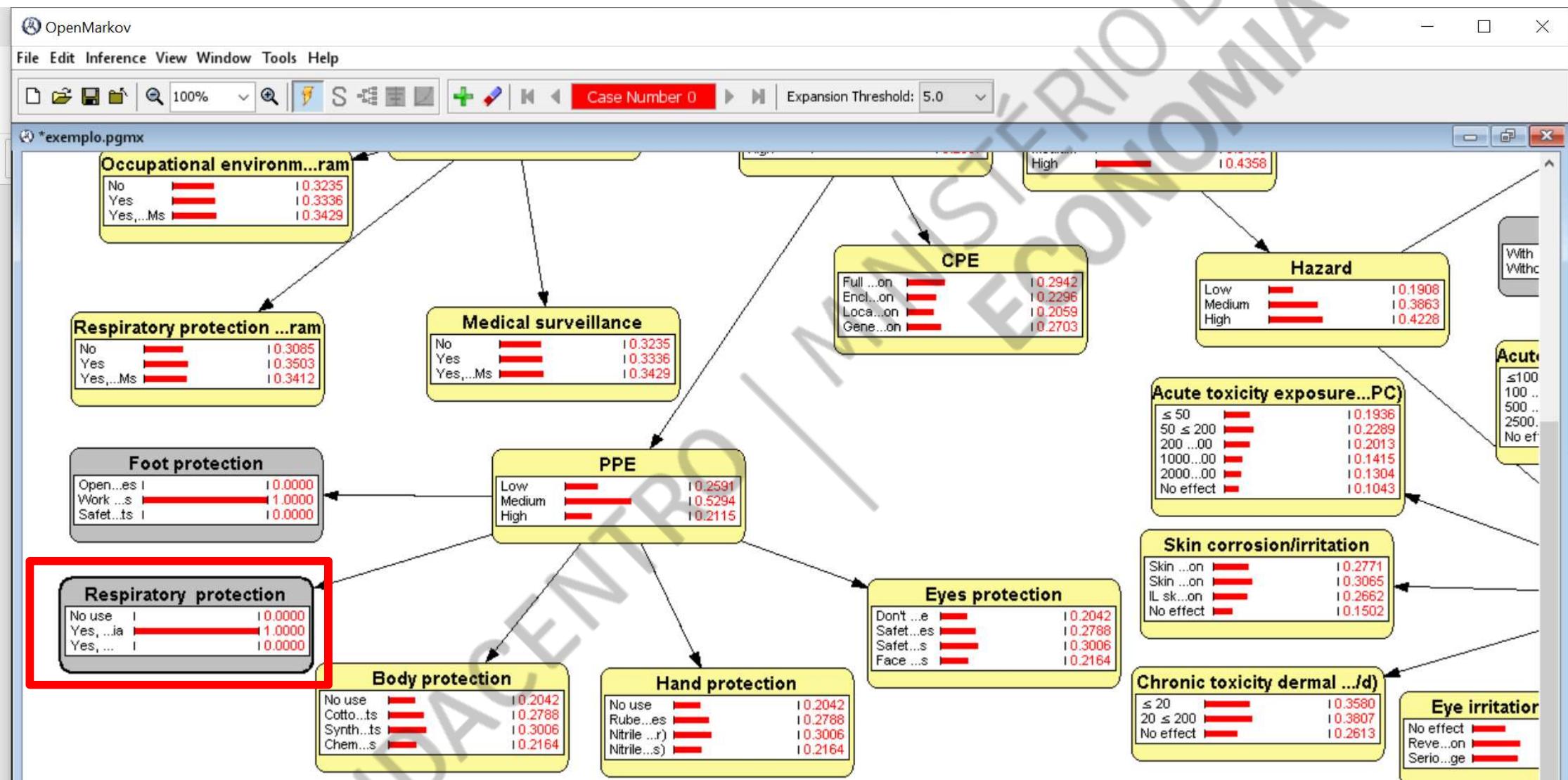


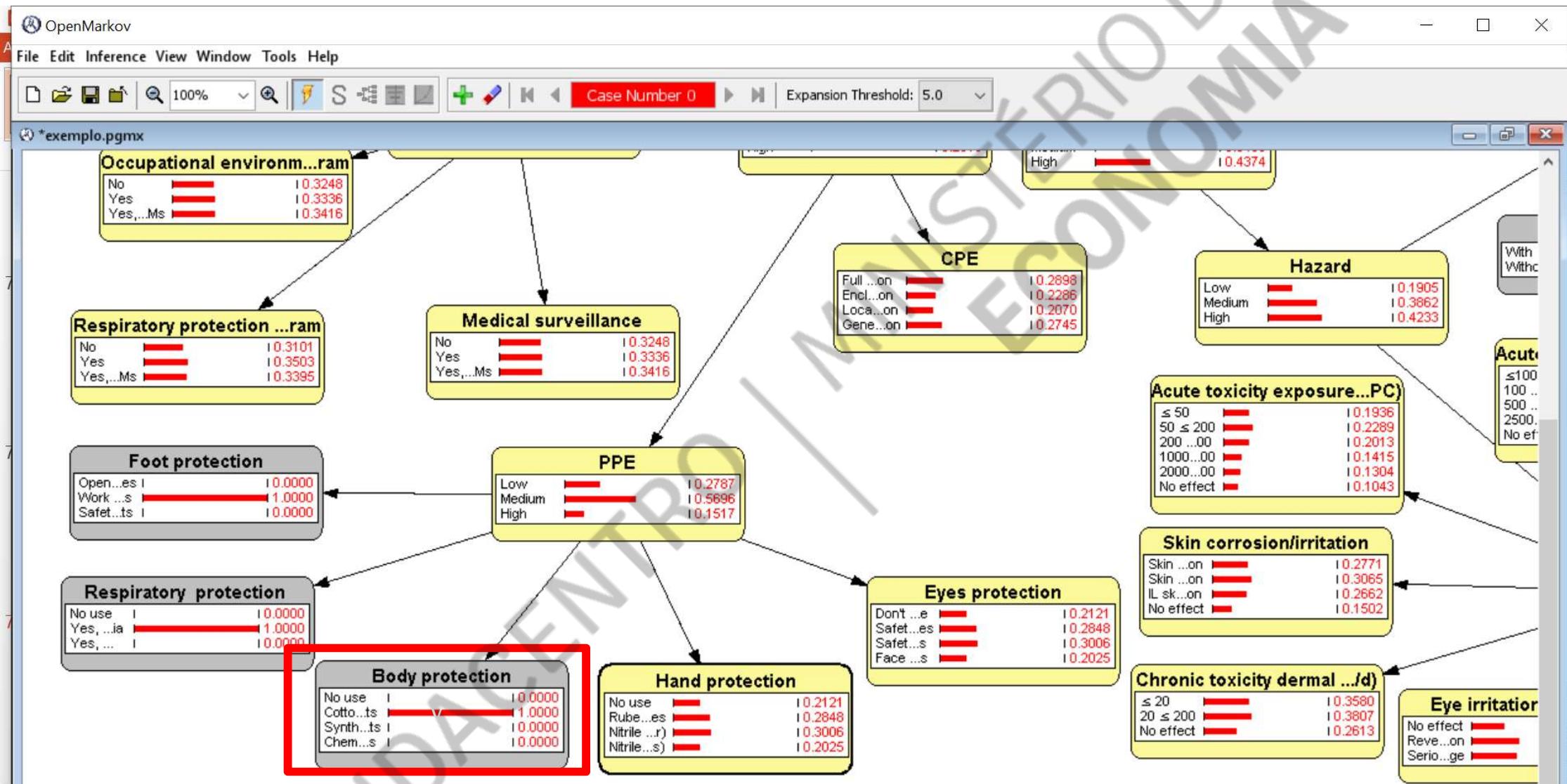
MEDIDAS DE CONTROLE ADOTADAS

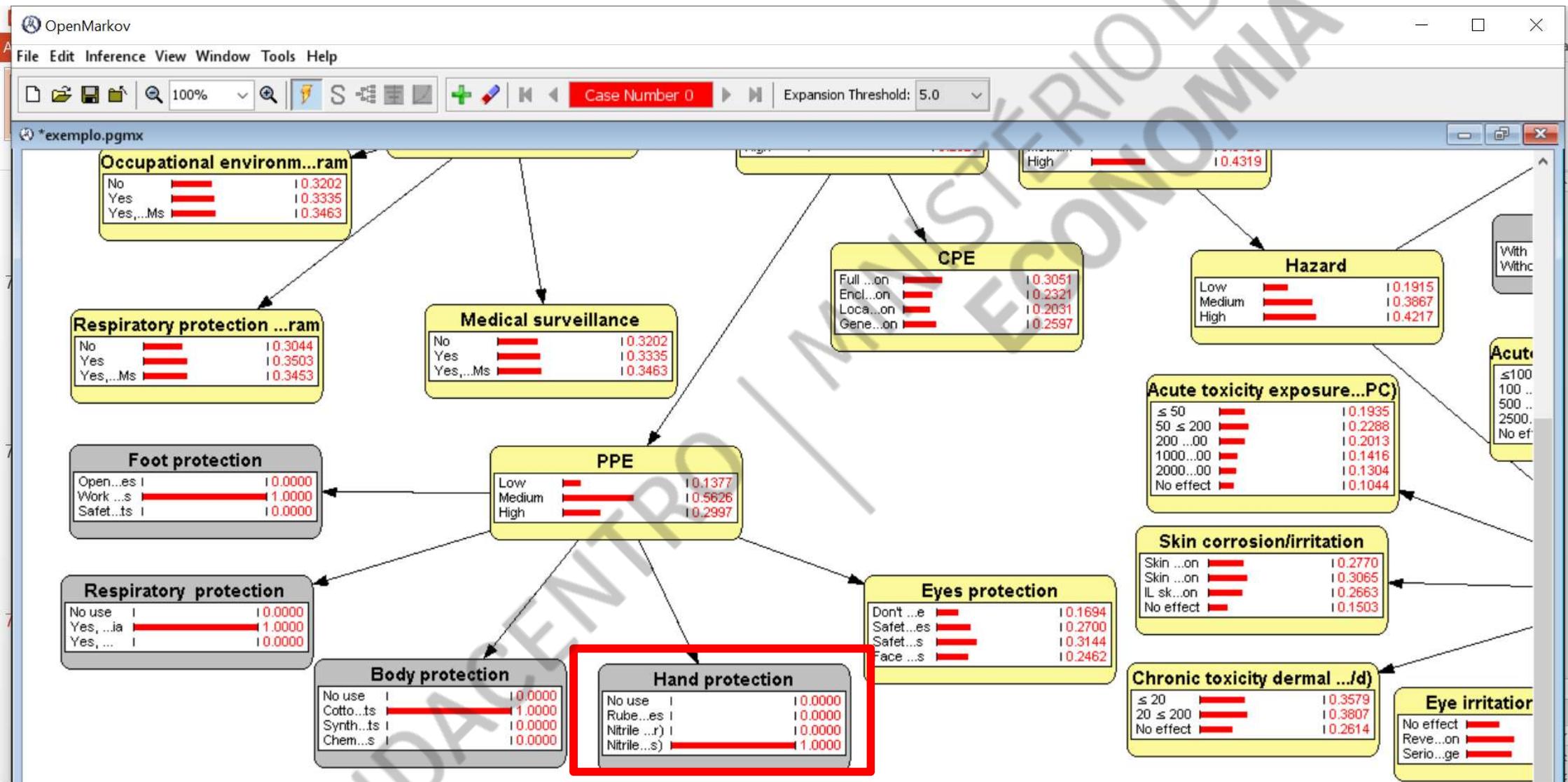
EPI

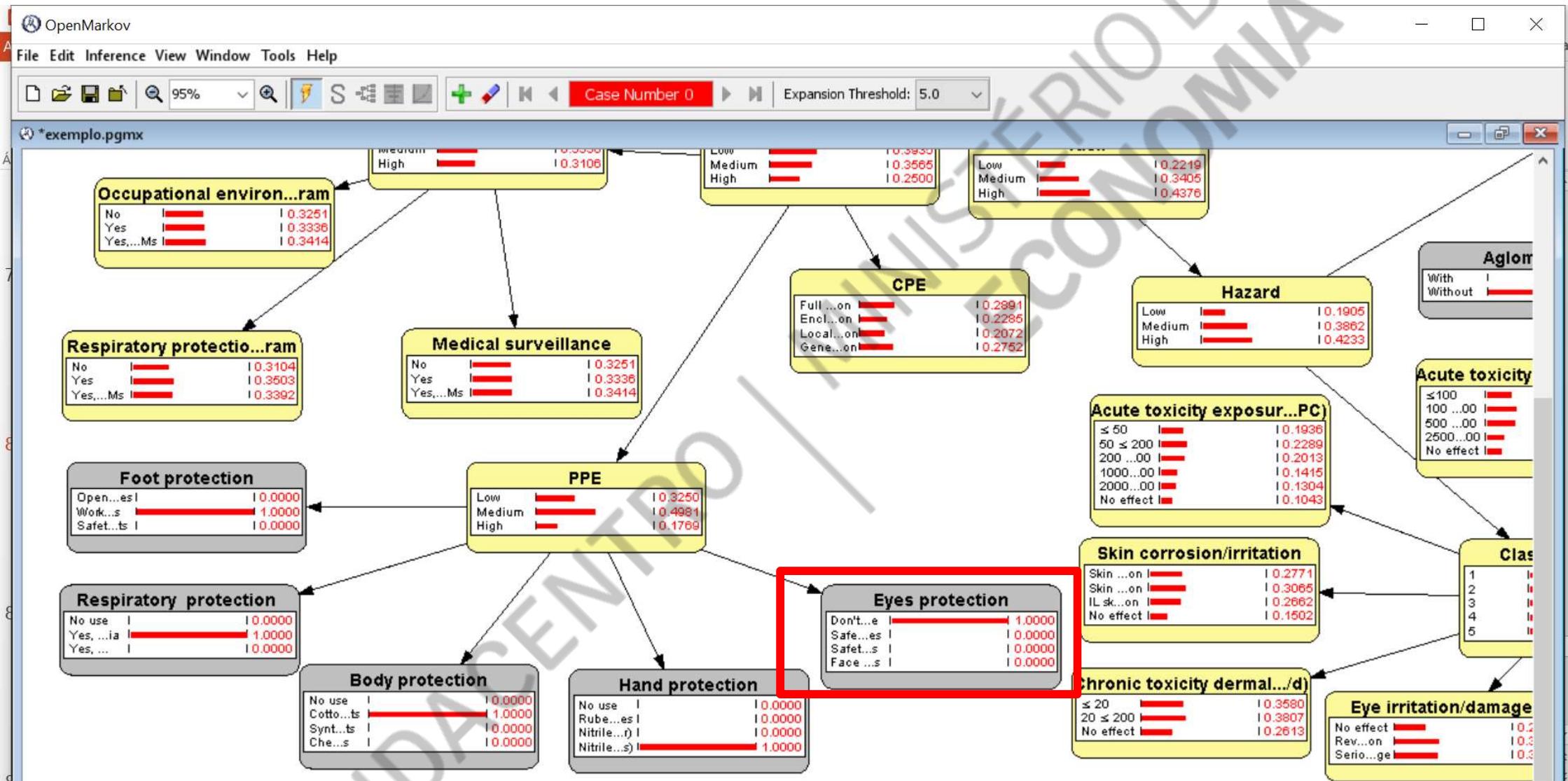
FUNDACENTRO | MINISTÉRIO DA
ECONOMIA



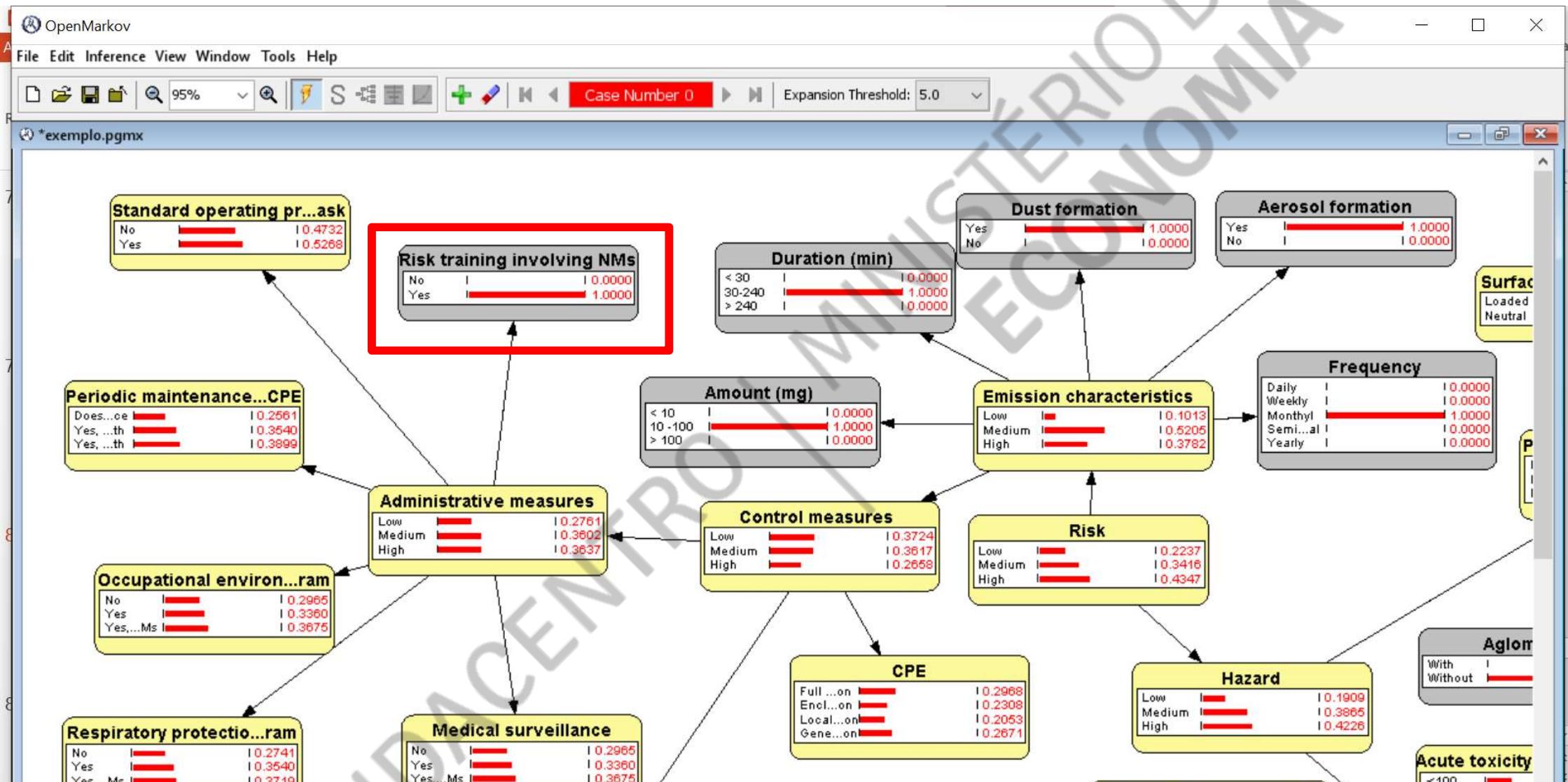


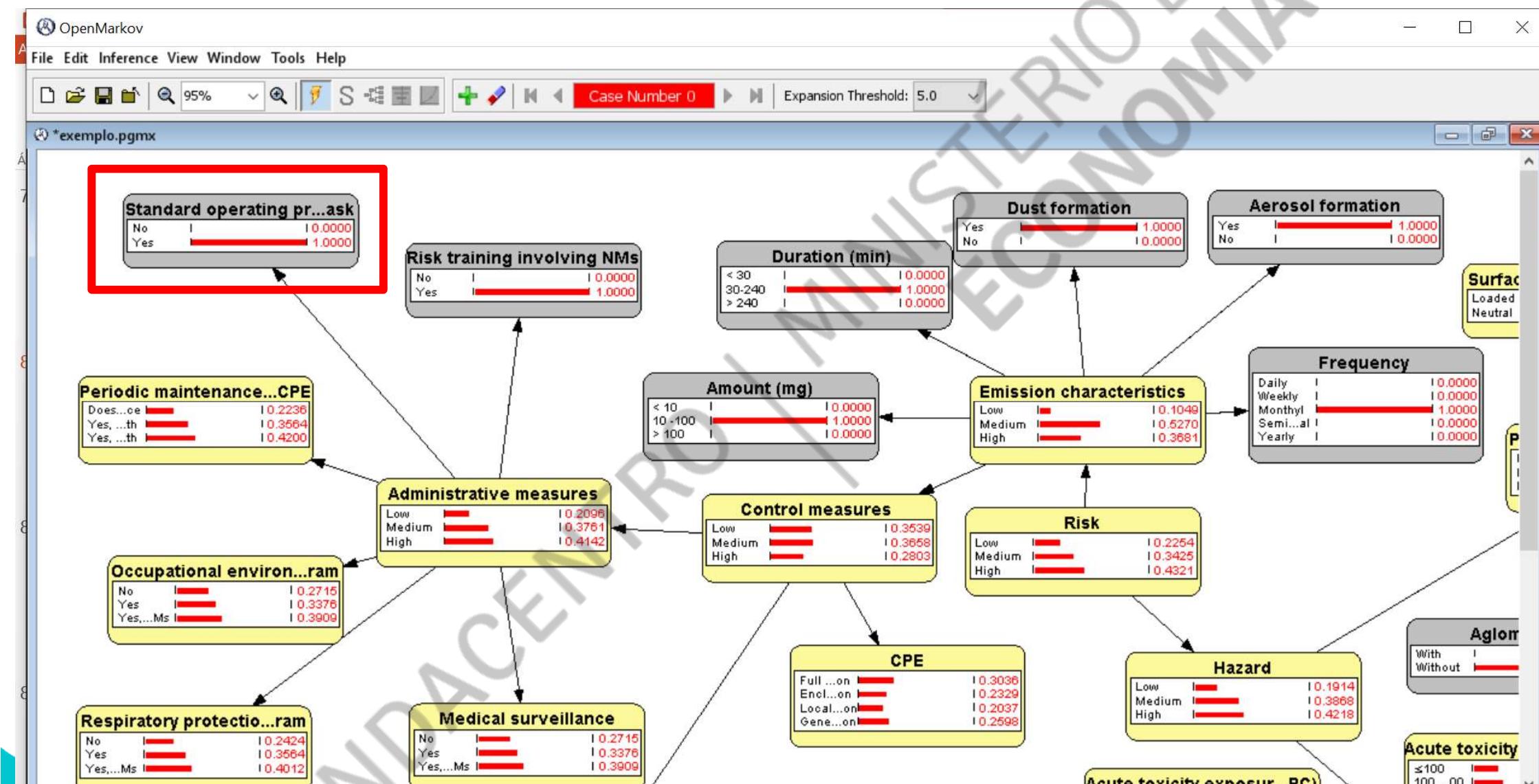


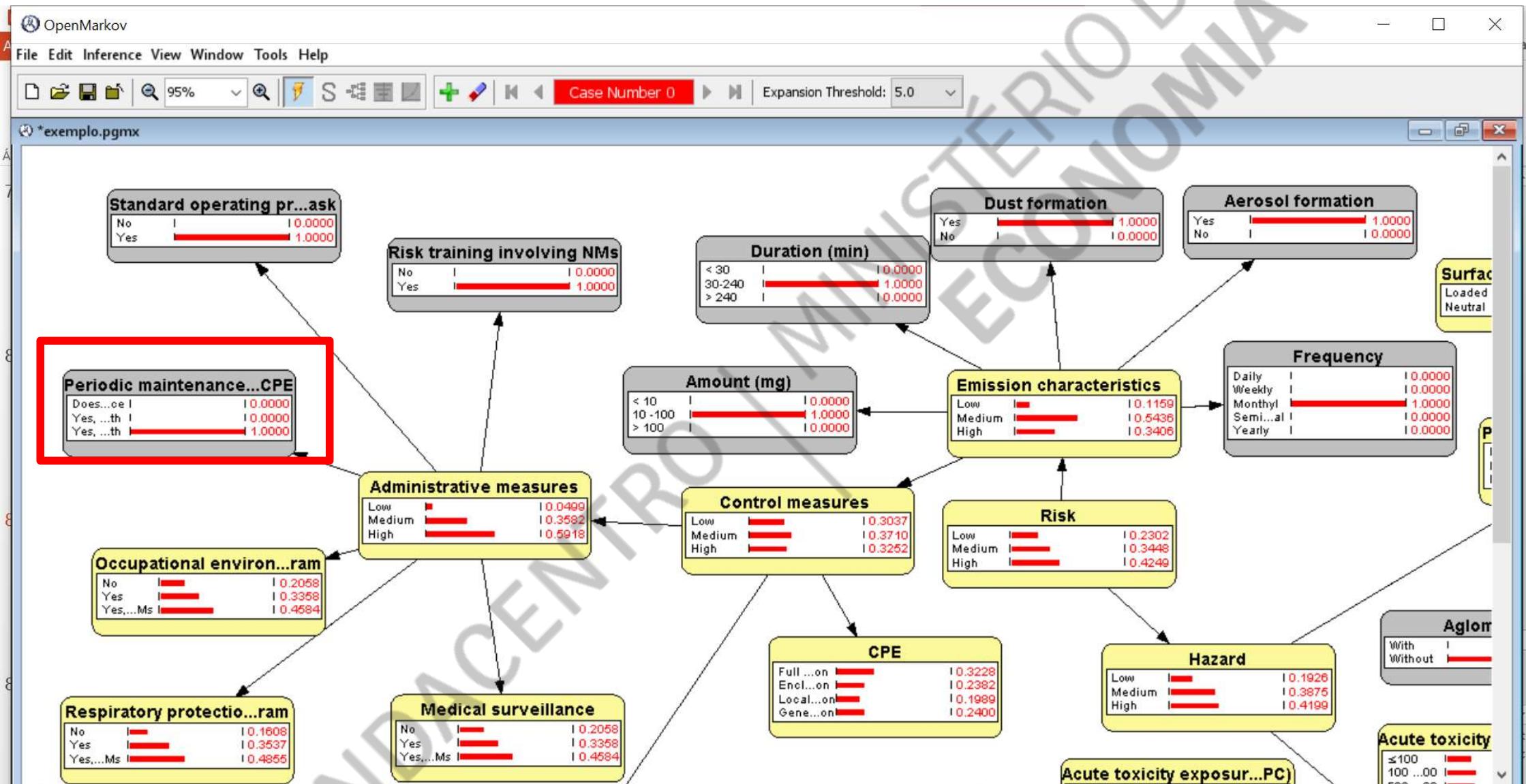


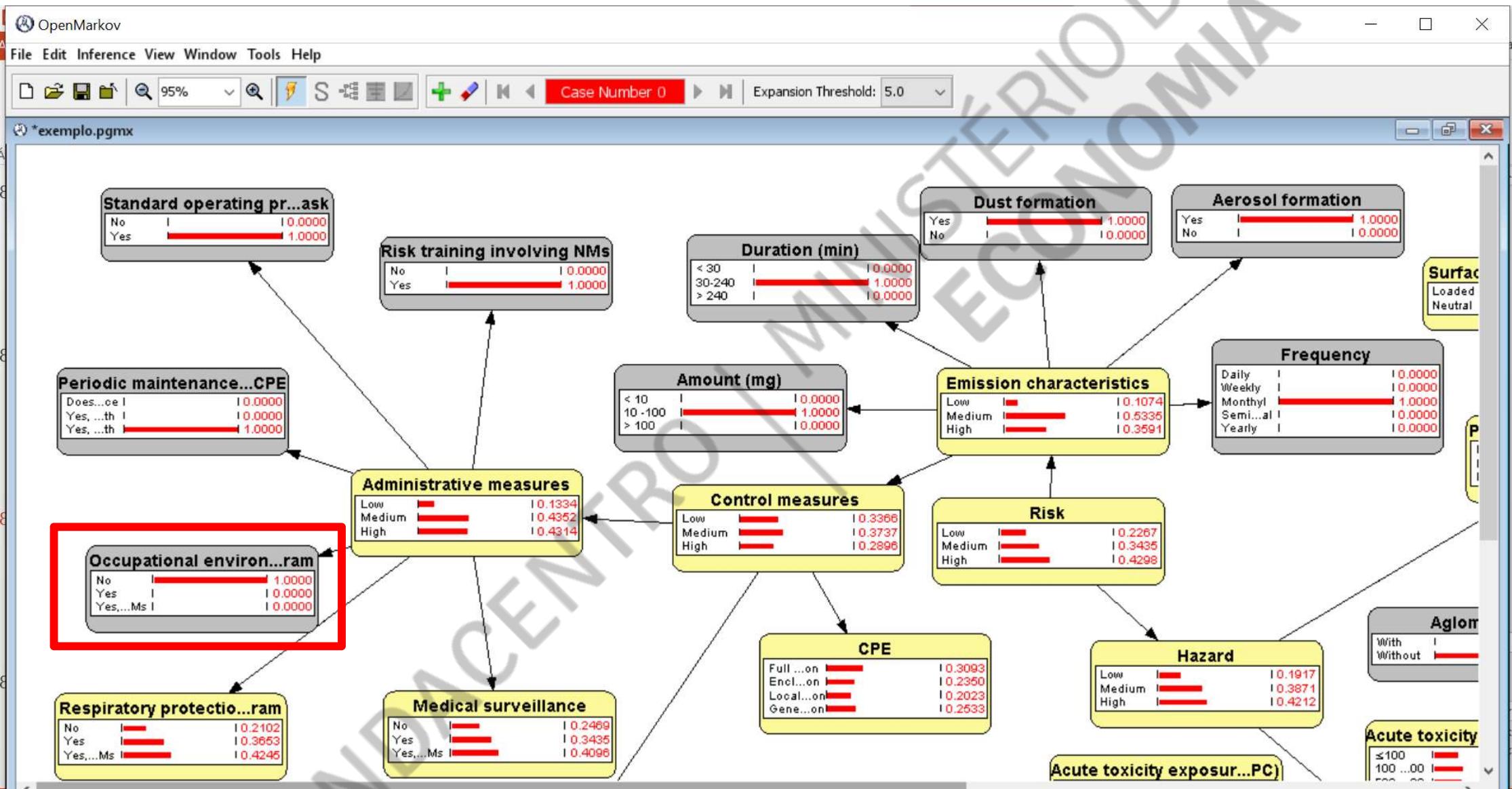


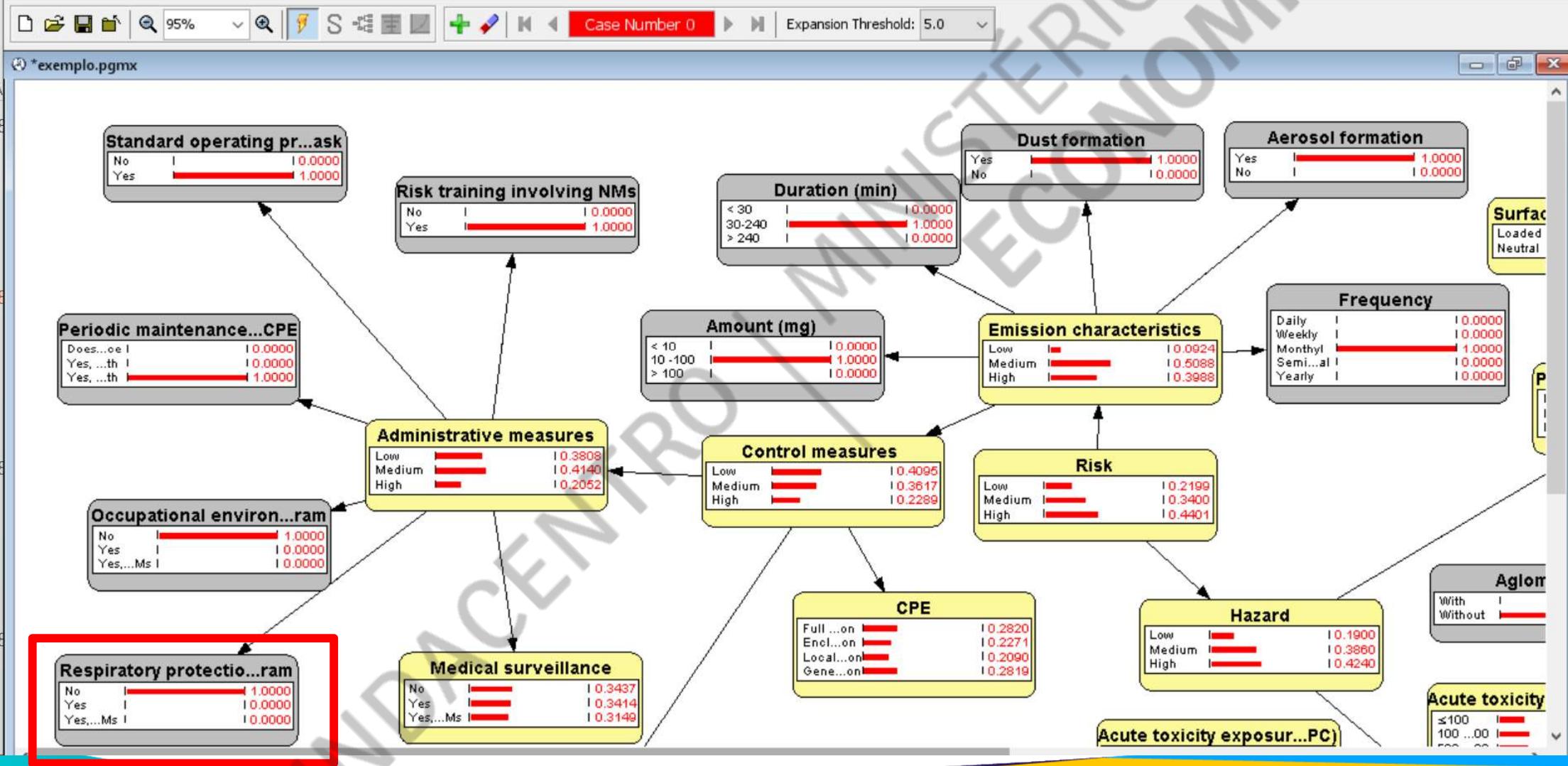
Medidas administrativas

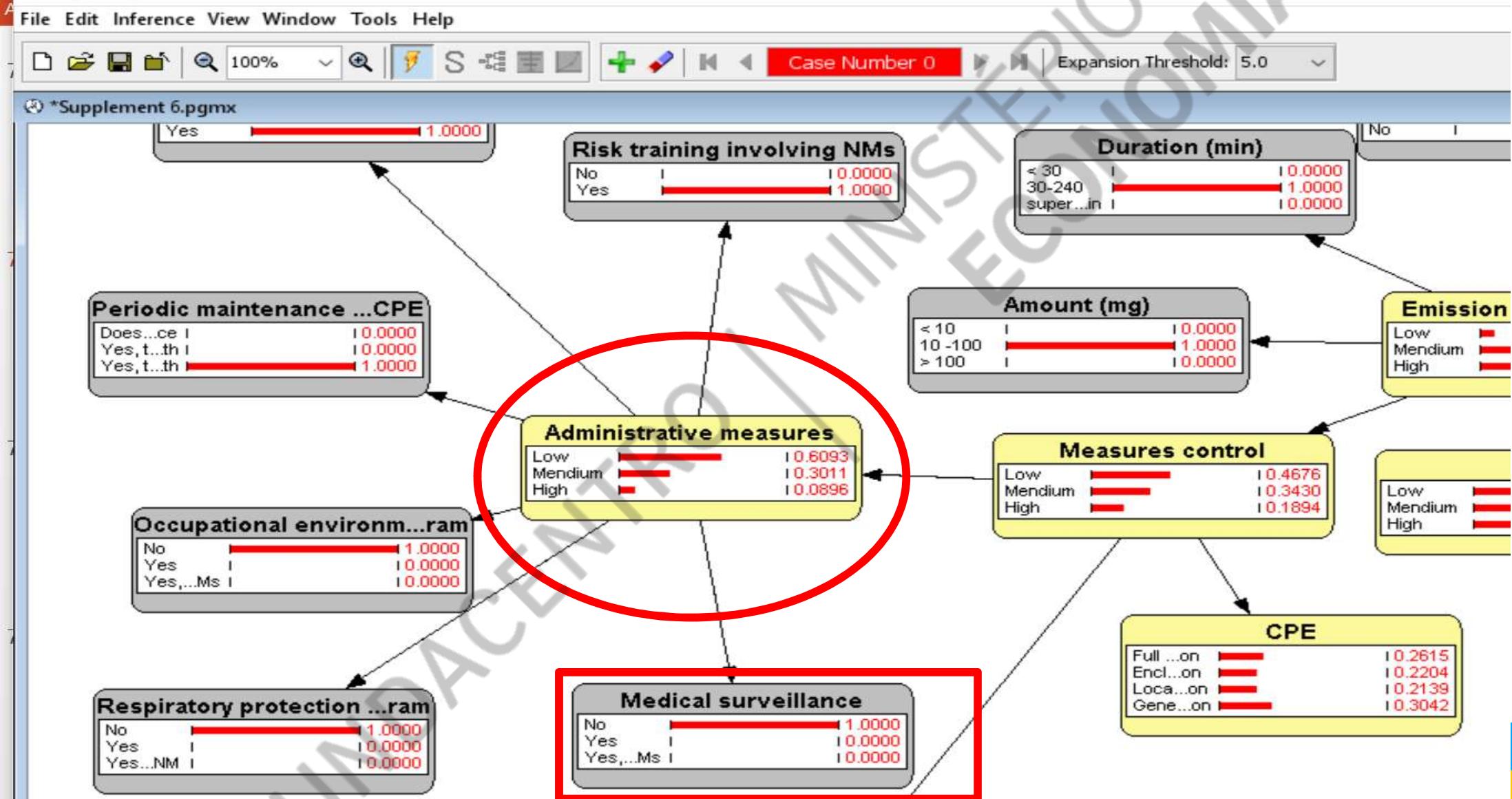




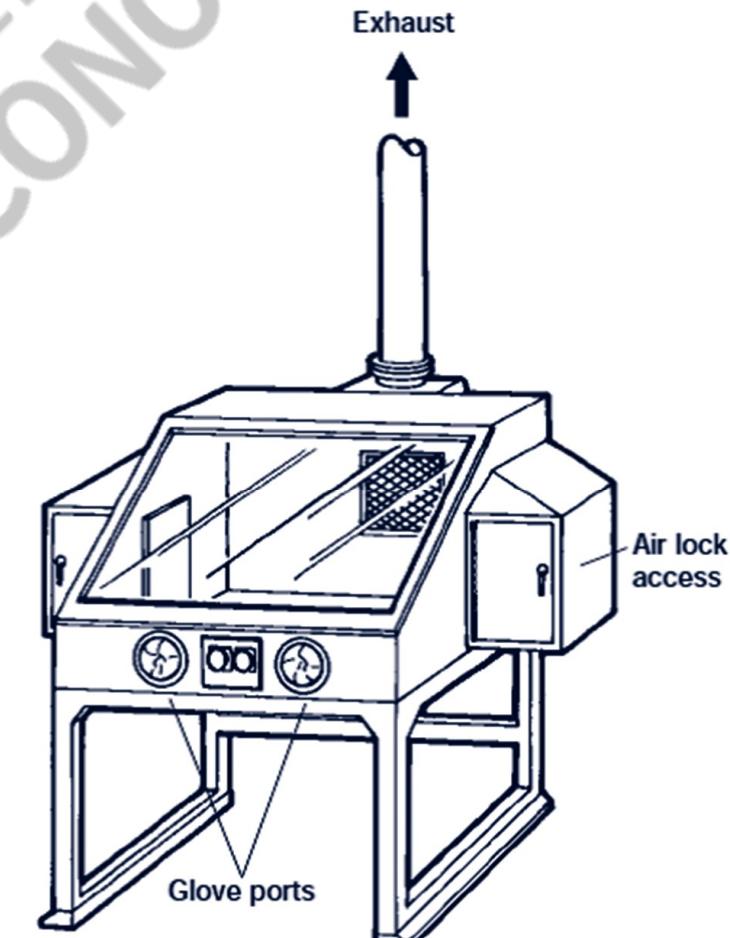


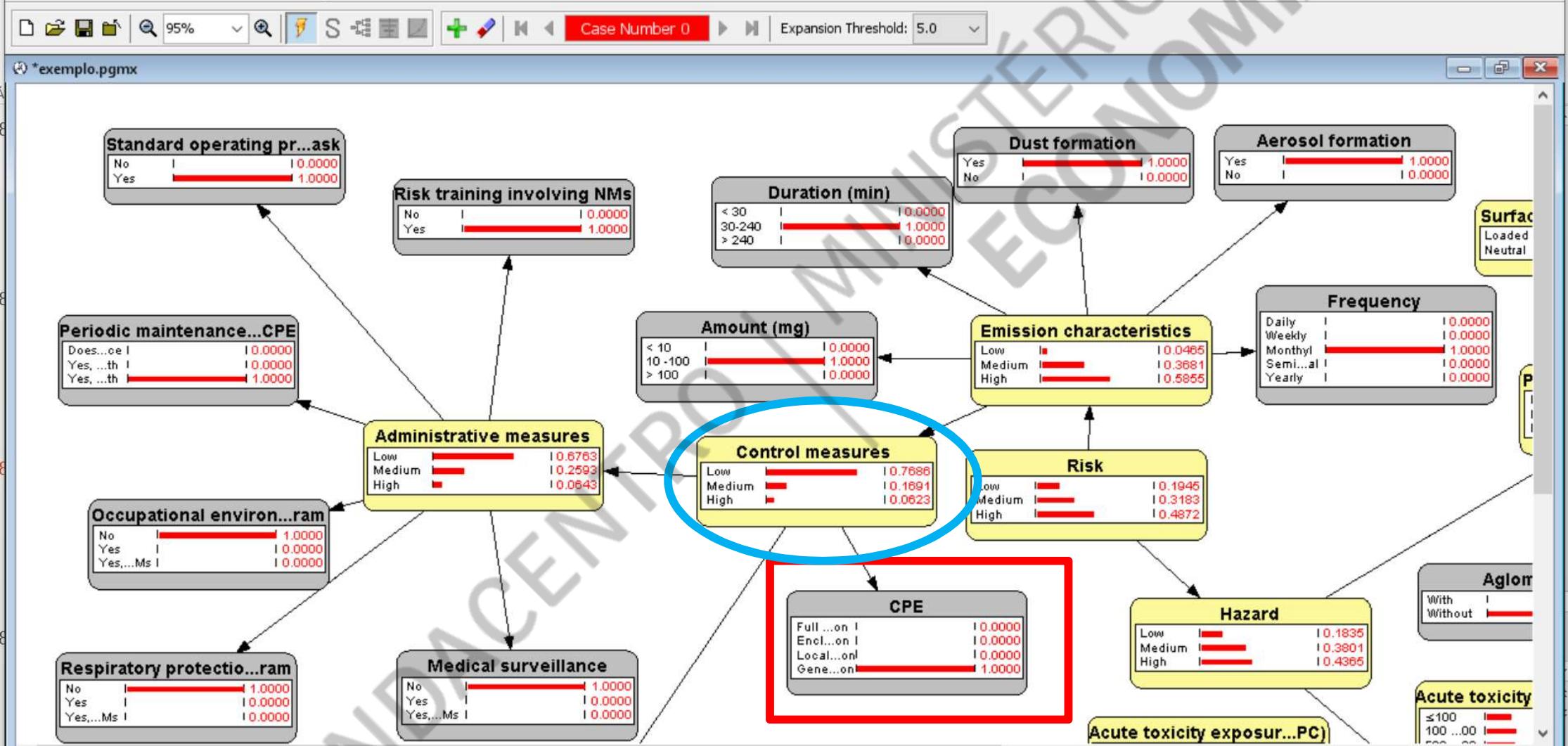


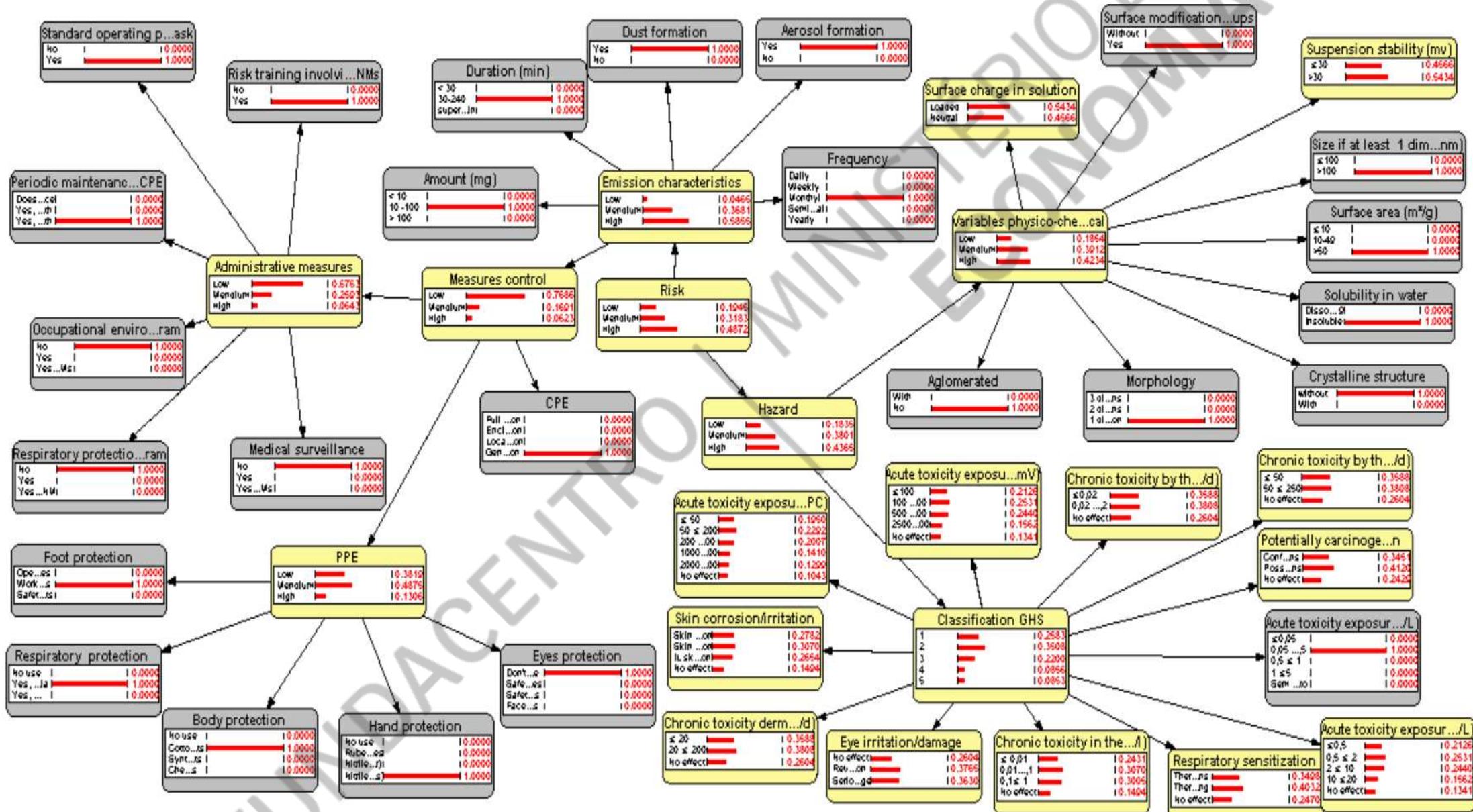




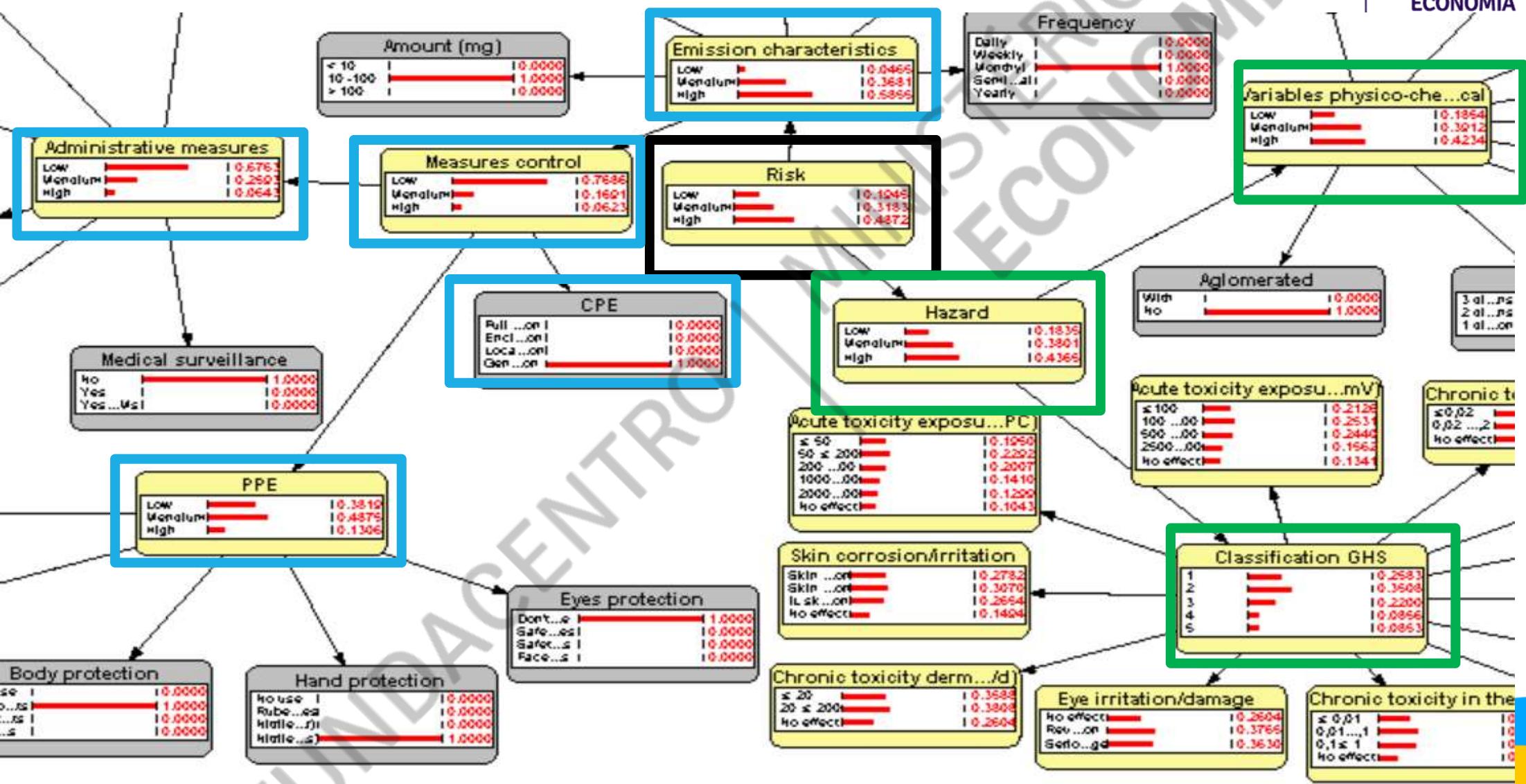
EPC





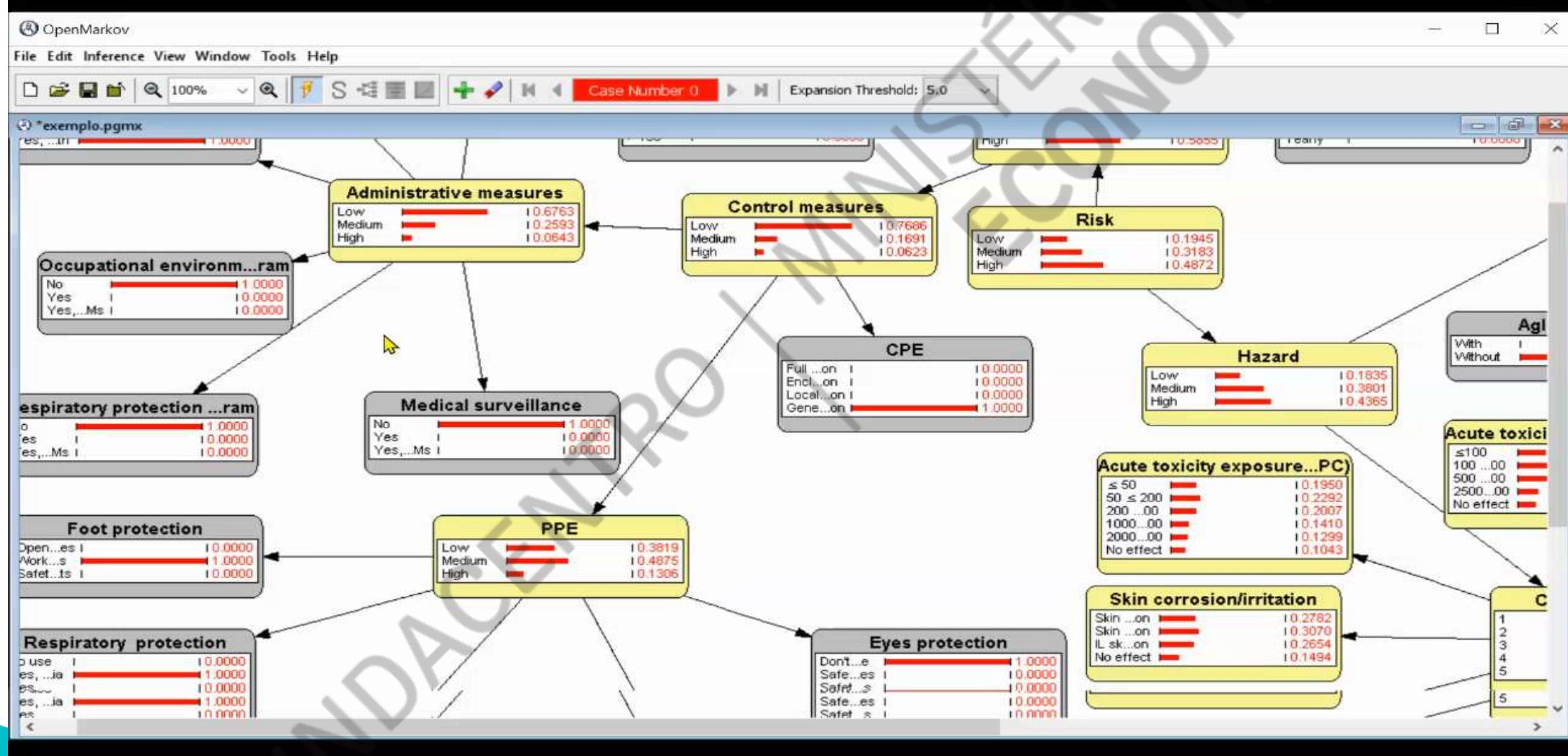


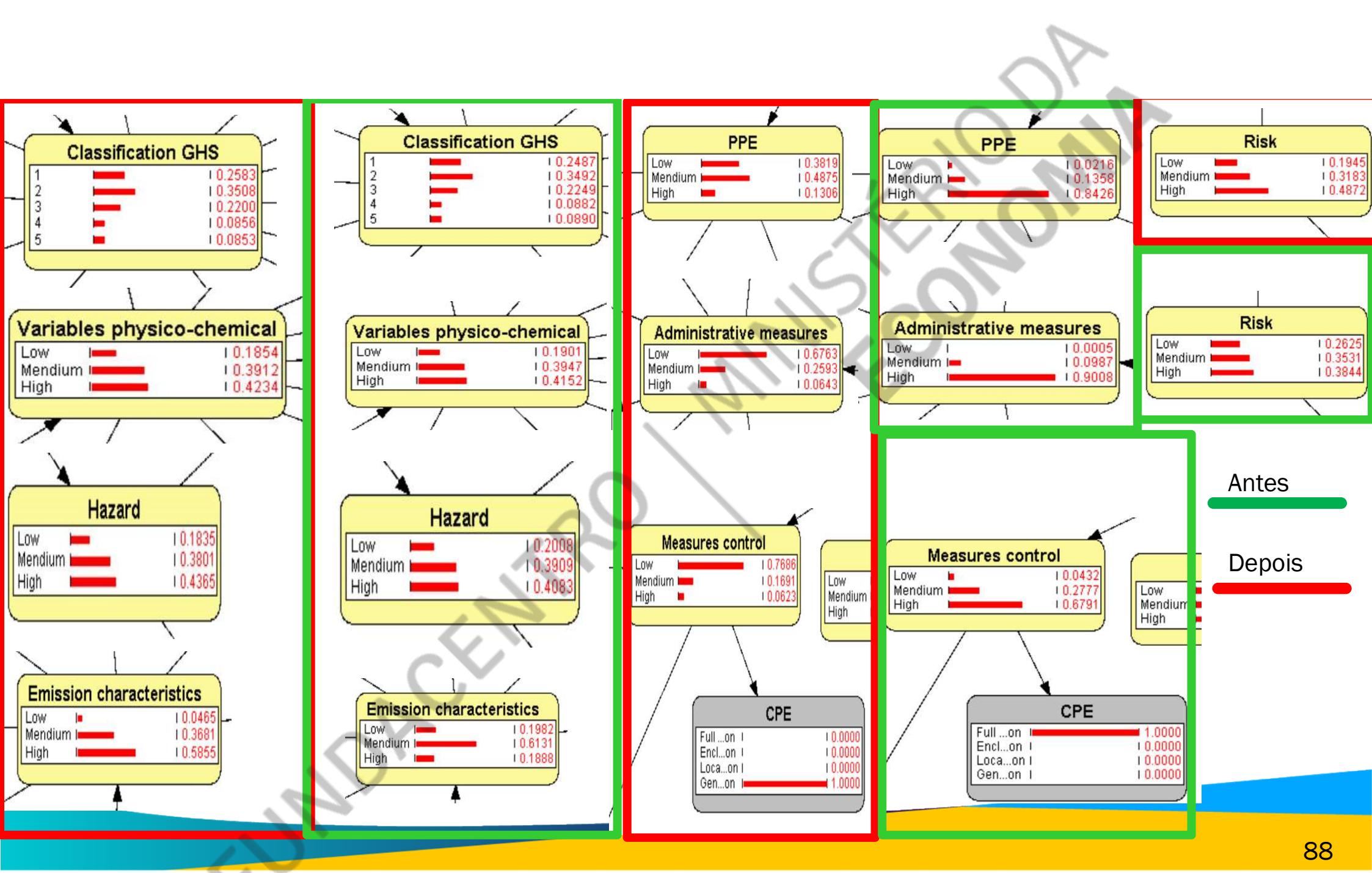
Resultados



INTERAÇÕES NO SOFTWARE (SIMULAÇÕES)

Interações aplicando no software (vídeo)





Vantagens

- São fornecidas respostas rápidas às simulações, já que é um modelo compilado. Assim, para cada informação fornecida nas variáveis, a rede fornece respostas interativamente
- A RB por ser desenvolvida em software livre permite ampla utilização;
- Além de avaliar o risco ocupacional, a rede fornece informações que auxiliam na tomada de decisões, uma vez que é possível identificar quais são as variáveis que mais estão influenciando o perigo, a exposição e por fim, o risco.

Desvantagens

- Subjetividade na escolha das variáveis pelos especialistas;
- Subjetividade das probabilidades escolhidas;
- Falta de validação da RB em relação ao resultado do risco.

Conclusão

Apesar de existirem vários modelos para avaliação de riscos , **NÂO** temos ainda um método perfeito.

Há necessidade de mais estudos envolvendo o desenvolvimento e aperfeiçoamentos dos modelos existentes.

4^a PALESTRA DO CICLO DE PALESTRAS: NANOTECNOLOGIAS E SEUS IMPACTOS SOBRE A SEGURANÇA E SAÚDE NO TRABALHO

Novas abordagens sobre análise de perigo e riscos devido
às nanotecnologias

Obrigado pela atenção

Jose.schmidt@fundacento.gov.br

