

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



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.**

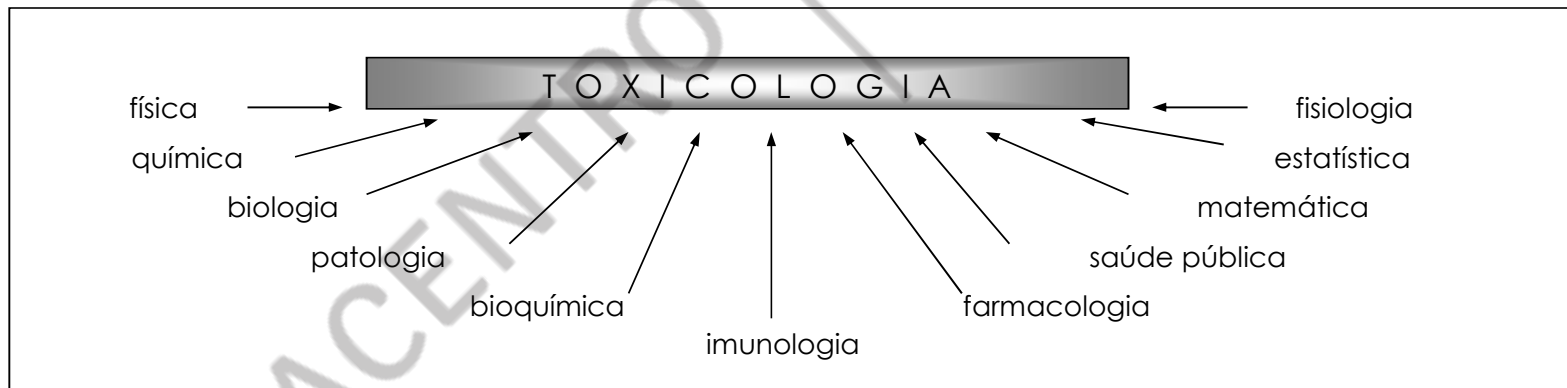
Caracterização do Risco

- ✓ 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
- ✓ Ensaio 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

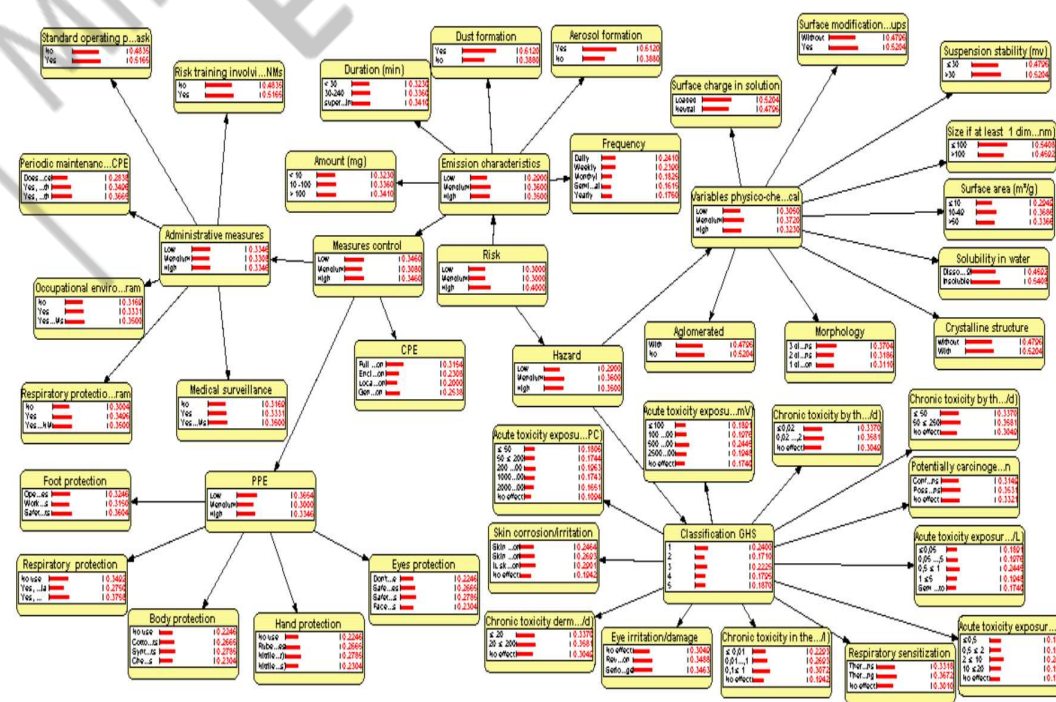
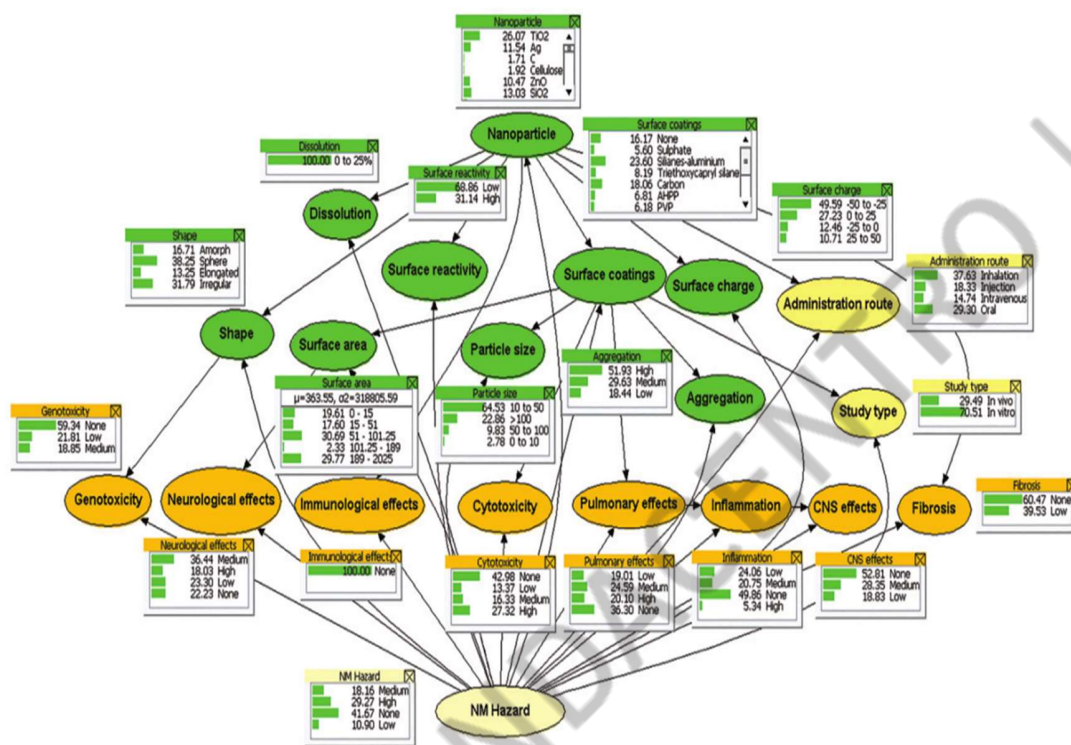
Avaliações qualitativa x quantitativa

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 Bayesianas (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

- Considere eventos mutuamente independentes H_1, H_2, \dots, H_k e qualquer outro evento (E) tal que $P(H_i|E) = \frac{P(H_i) \cdot P(E|H_i)}{\sum_{j=1}^k P(H_j) \cdot P(E|H_j)}$

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



Thomas Bayes (1701-1761)

As hipóteses diagnósticas (nodo de saída). O evento E pode ser pensado como uma evidência associada a um (nodo de entrada).

Não iremos fazer cálculos manualmente

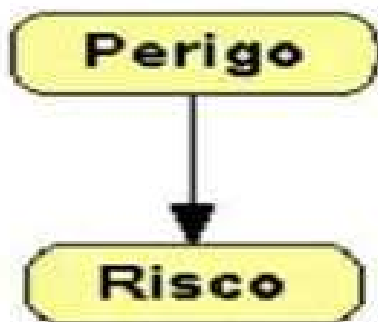
A modelagem das RB pode ser executada por vários programas comerciais específicos disponíveis como, por exemplo:

- 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



Causa

Resultado do teorema de bayes

Efeito

B) Uso da RB (inferência bayesiana)

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

File Edit Layout Modify Table Network Cases Report Style Window Help



Causas

Edema	
Mb Inferiores	1.05
Mb Inf Superiores	0.26
Sem Edema	98.6
Generalizado	0.10

Hipotrofia	
Membros	8.59
Glutea	0.80
Facies Senil	.020
Sem Hipotrofia	90.6

Pele	
Sedosa	97.4
Seca	2.02
Descamativa	0.30
Lesoes	0.23

Cabelo	
Sedoso	97.1
Seco	2.48
Quebradico	0.29
Descolorido	0.13

Unha	
Normal	96.1
Quebradica	3.90

Estatura	
Normal	93.8
EscoreZ 1	4.14
EscoreZ 2	1.10
EscoreZ 3	0.94

Peso	
Normal	91.8
EscoreZ 1	4.54
EscoreZ 2	3.04
EscoreZ 3	0.63

Efeito

DESNUTRICAO_Tipo	
Grave Aguda	0.50
Gr Cron Marasmo	0.50
Gr Cron Kwashikor	0.15
Gr Cr Mar Kwas	0.50
Moderada Aguda	1.0
Moderada Cronica	1.35
Leve Aguda	3.00
Leve Cronica	7.00
Sem Desnutricao	86.0

ode: **Peso**

Apply

OK

Chance

% Probability

Reset

Close

DESNUTRICAO_Tipo	Normal	EscoreZ 1	EscoreZ 2	EscoreZ 3
Grave Aguda	0.2	4.8	70	25
Gr Cron Marasmo	0.1	0.9	39	60
Gr Cron Kwashikor	2	13	65	20
Gr Cr Mar Kwas	0.5	1.5	63	35
Moderada Aguda	0.5	7.5	91.9	0.1
Moderada Cronica	1	20	78.9	0.1
Leve Aguda	89.9	10	0.1	0
Leve Cronica	93	6.9	0.1	0
Sem Desnutricao	96	3.9	0.1	0

Tabela das probabilidades

RB – parte gráfica

Edit Layout Modify Table Network Cases Report Style Window Help



Edema					
Mb Inferiores	0.38				
Mb Inf Superiores	0.18				
Sem Edema	99.3				
Generalizado	0.10				

Hipotrofia					
Membros	5.48				
Glutea	0.55				
Facies Senil	0 +				
Sem Hipotrofia	94.0				

Pele					
Sedosa	98.9				
Seca	0.88				
Descamativa	0.10				
Lesoes	0.13				

Cabelo					
Sedoso	98.9				
Seco	0.92				
Quebradico	0.13				
Descolorido	0.10				

Unha					
Normal	97.4				
Quebradica	2.60				

Estatura					
Normal	96.2				
EscoreZ 1	3.27				
EscoreZ 2	0.39				
EscoreZ 3	0.13				

Peso					
Normal	100				
EscoreZ 1	0				
EscoreZ 2	0				
EscoreZ 3	0				

DESNUTRICAO_Tipo					
Grave Aguda	.001				
Gr Cron Marasmo	0 +				
Gr Cron Kwashikor	.003				
Gr Cr Mar Kwas	.003				
Moderada Aguda	.005				
Moderada Cronica	.015				
Leve Aguda	2.94				
Leve Cronica	7.09				
Sem Desnutricao	89.9				

le Edit Layout Modify Table Network Cases Report Style Window Help



Edema	
Mb Inferiores	0.95
Mb Inf Superiores	0.37
Sem Edema	98.6
Generalizado	0.11

Hipotrofia	
Membros	12.6
Glutea	0.72
Facies Senil	.003
Sem Hipotrofia	86.7

Pele	
Sedosa	98.0
Seca	1.45
Descamativa	0.25
Lesoes	0.27

Cabelo	
Sedoso	97.5
Seco	2.03
Quebradico	0.29
Descolorido	0.13

Unha	
Normal	90.5
Quebradica	9.47

Estatura	
Normal	0
EscoreZ 1	0
EscoreZ 2	100
EscoreZ 3	0

Peso	
Normal	100
EscoreZ 1	0
EscoreZ 2	0
EscoreZ 3	0

DESNUTRICAO_Tipo	
Grave Aguda	0 +
Gr Cron Marasmo	.042
Gr Cron Kwashukor	0.25
Gr Cr Mar Kwas	0.21
Moderada Aguda	.001
Moderada Cronica	1.11
Leve Aguda	0.76
Leve Cronica	27.6
Sem Desnutricao	70.0

Edema	
Mb Inferiores	43.3
Mb Inf Superiores	3.91
Sem Edema	51.7
Generalizado	1.11

Hipotrofia	
Membros	46.6
Glutea	3.24
Facies Senil	0.13
Sem Hipotrofia	50.0

Pele	
Sedosa	0
Seca	0
Descamativa	100
Lesoes	0

Cabelo	
Sedoso	45.4
Seco	41.2
Quebradico	9.73
Descolorido	3.75

Unha	
Normal	52.1
Quebradica	47.9

Estatura	
Normal	0
EscoreZ 1	0
EscoreZ 2	100
EscoreZ 3	0

Peso	
Normal	100
EscoreZ 1	0
EscoreZ 2	0
EscoreZ 3	0

DESNUTRICAO_Tipo	
Grave Aguda	0 +
Gr Cron Marasmo	0.33
Gr Cron Kwashikor	34.8
Gr Cr Mar Kwas	12.4
Moderada Aguda	.014
Moderada Cronica	13.2
Leve Aguda	0.30
Leve Cronica	11.0
Sem Desnutricao	27.9

Hipotrofia	
Membros	0
Glutea	0
Facies Senil	0
Sem Hipotrofia	100

Edema	
Mb Inferiores	23.9
Mb Inf Superiores	2.06
Sem Edema	73.2
Generalizado	0.85

Pele	
Sedosa	0
Seca	0
Descamativa	100
Lesoes	0

Cabelo	
Sedoso	70.5
Seco	21.5
Quebradico	5.39
Descolorido	2.62

Unha	
Normal	71.3
Quebradica	28.7

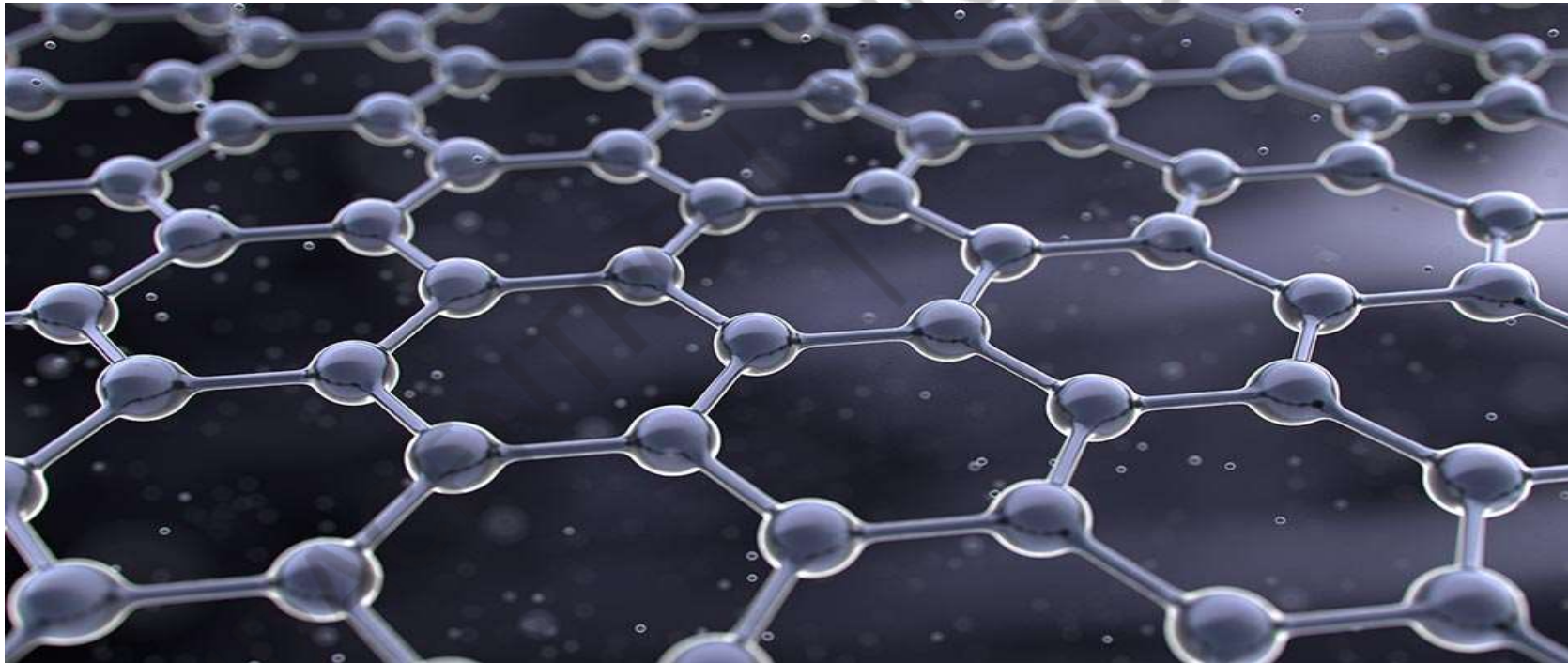
Estatura	
Normal	0
EscoreZ 1	0
EscoreZ 2	100
EscoreZ 3	0

Peso	
Normal	100
EscoreZ 1	0
EscoreZ 2	0
EscoreZ 3	0

DESNUTRICAO_Tipo	
Grave Aguda	0 +
Gr Cron Marasmo	0 +
Gr Cron Kwashikor	25.8
Gr Cr Mar Kwas	0.25
Moderada Aguda	.004
Moderada Cronica	5.28
Leve Aguda	0.36
Leve Cronica	14.1
Sem Desnutricao	54.3

Resultado final com as informações que foram informadas a RB

E para nanomateriais ????



RB- Perigo NM

FUNDACENTRO | MINISTÉRIO DA ECONOMIA

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

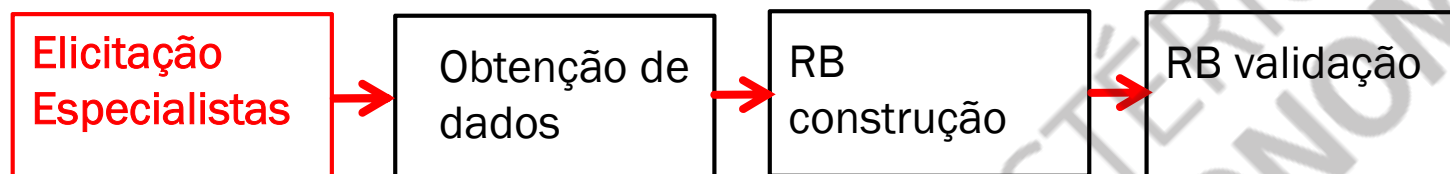


ORIGINAL ARTICLE

 OPEN ACCESS

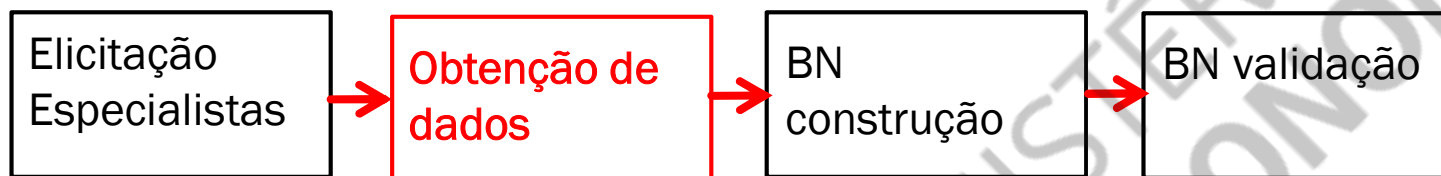
Application of Bayesian networks for hazard ranking of nanomaterials to support human health risk assessment

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} 

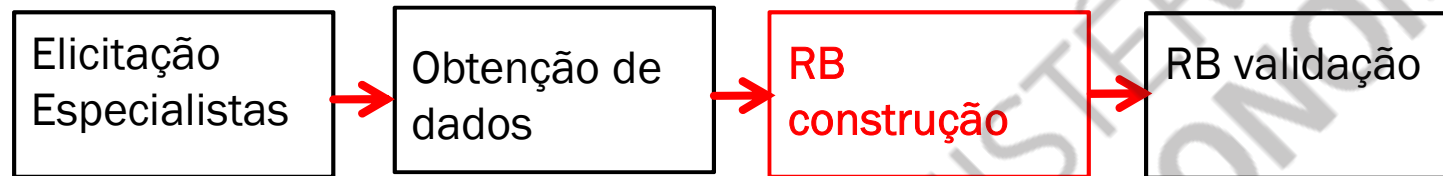


Um questionário online com 15 perguntas sobre as mais importantes variáveis e rotas de exposição para 6 especialistas Holandeses em nanotoxicologia sobre estudos *vivo e vitro*.

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.

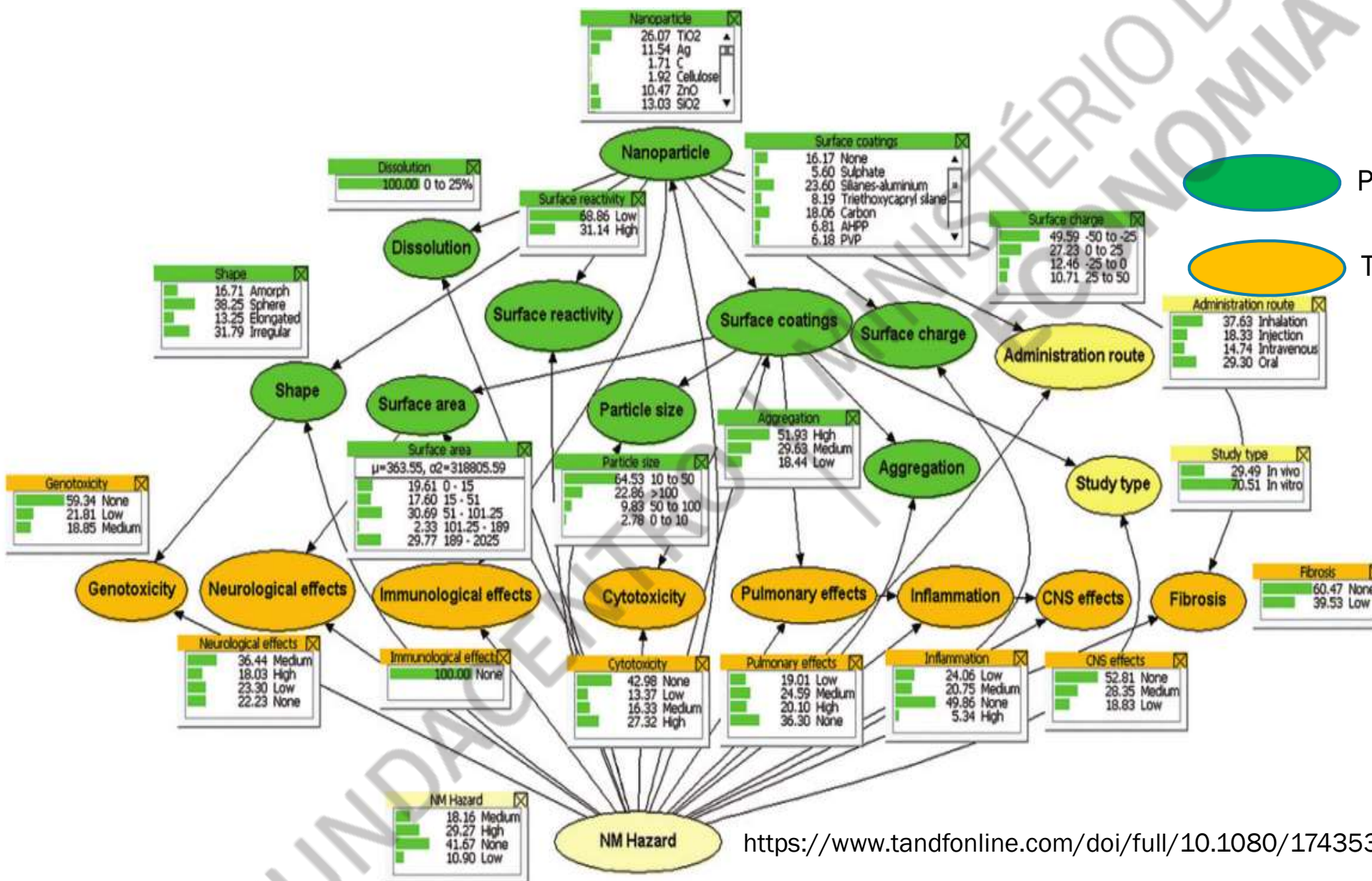


Foi construída a rede partir das informações coletadas por meio dos especialistas , através do software Hugin

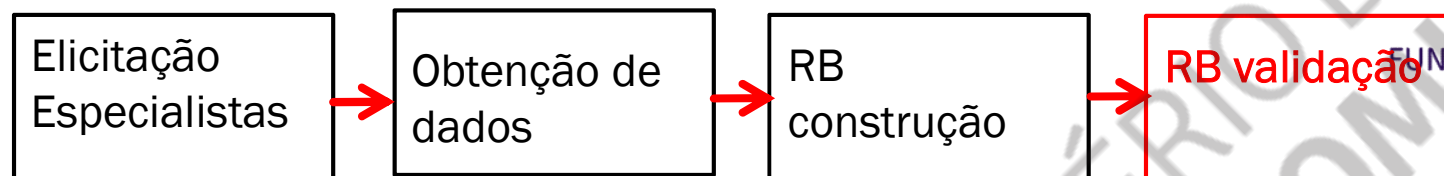
Para criação dos nodos foram utilizados somente os que obtiveram >50% respostas para os parâmetros.

Prop. Fsc qmc

Toxicologia



<https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/17435390.2016.1278481>



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

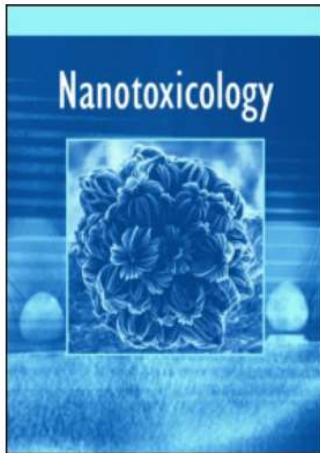
Pode-se observar que mesmo com informações faltantes em muitos nodos, a RB pode informar o nível de perigo do NM corretamente.

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

N	Study type	Shape	Nanoparticle	Dissolution	Input parameters							NM hazard	
					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.



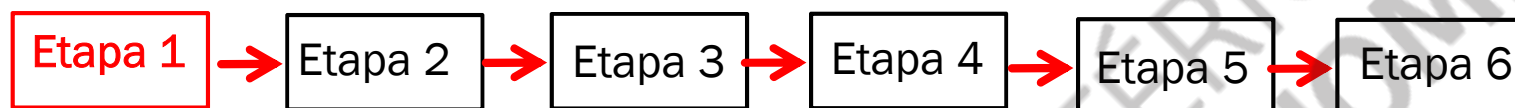
Nanotoxicology



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

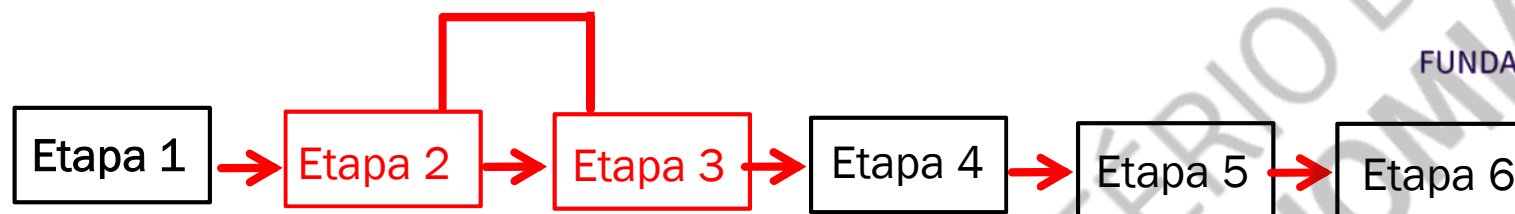
Probabilistic model for assessing occupational risk during the handling of nanomaterials

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.

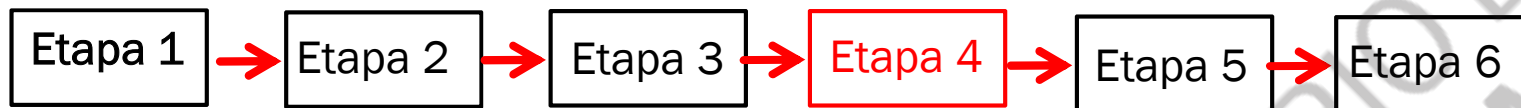


Etapa 2: selecionar variáveis toxicológicas que influenciam no perigo dos NM.



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

- Critério de seleção.



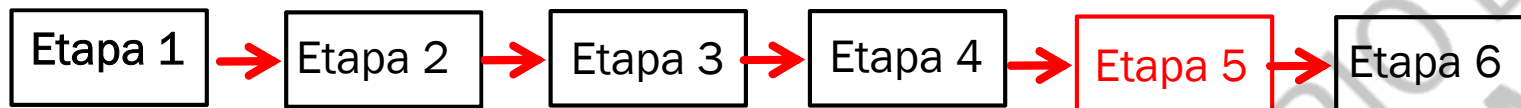
Etapa 4: selecionar as medidas de controle mais adequadas para os NM.

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

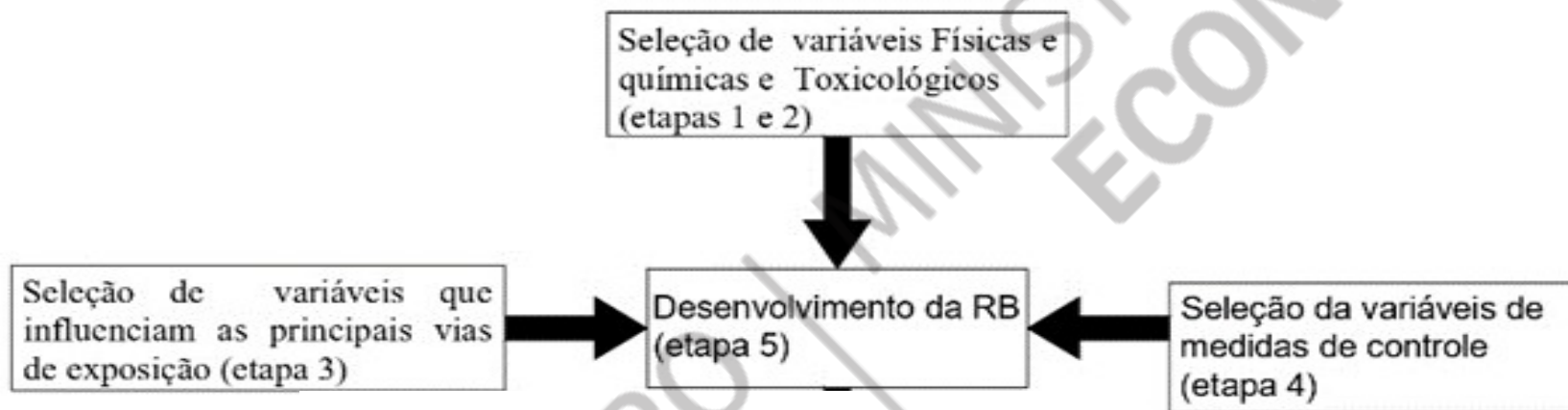
34 Documentos para medidas proteção coletivas e individuais e 20 administrativas.

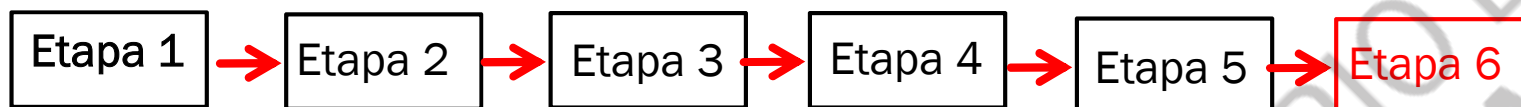
Foram analisadas as variáveis de 10 modelos de CB que são utilizados para definição da exposição do trabalhador de acordo com as medidas de controle existentes ou recomendações sugeridas de acordo com o nível do risco obtido na avaliação.

Critério de seleção

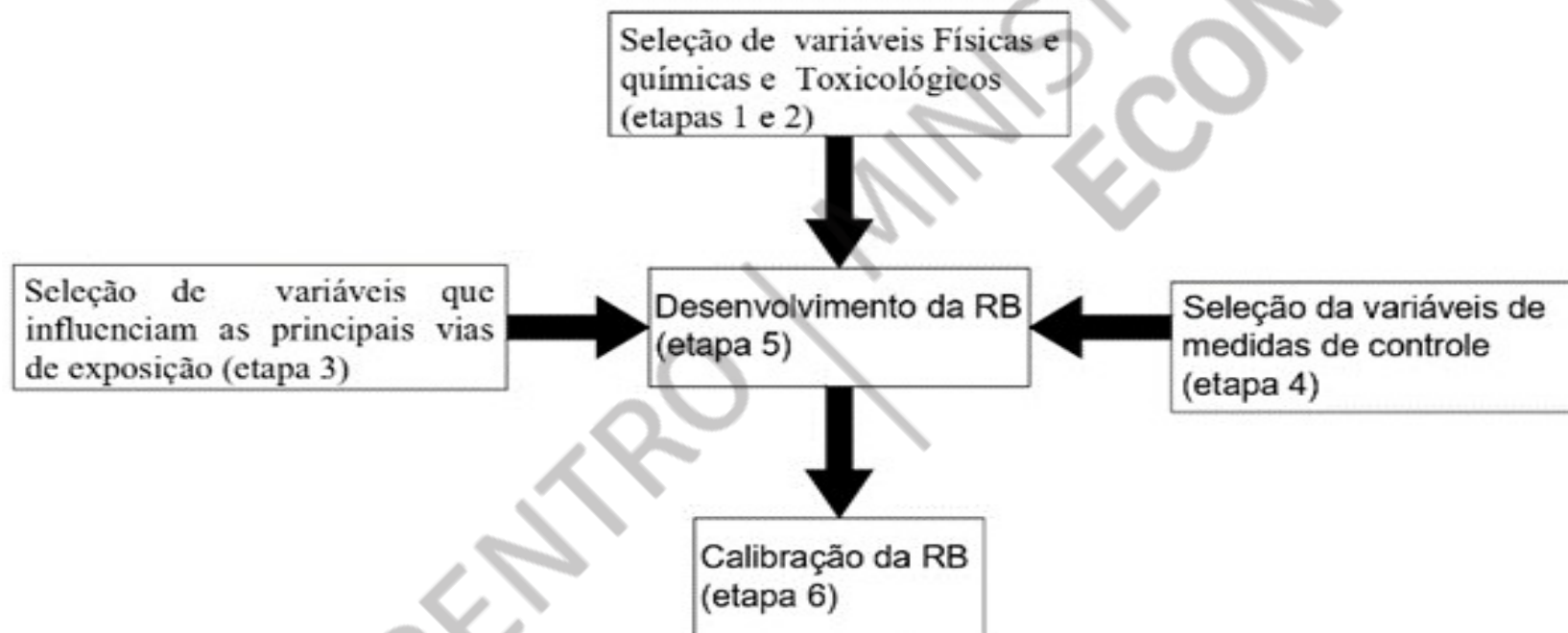


Etapa 5: construção da RB inicial.





Etapa 6: calibração da RB.



2

Duration (min)	
< 30	0.3230
30 - 240	0.3360
> 240	0.3410

Dust formation	
With	0.6120
Without	0.3880

Aerosol formation	
With	0.6120
Without	0.3880

Frequency	
Daily	0.2410
Weekly	0.2390
Monthly	0.1825
Semiannual	0.1615
Yearly	0.1760

Amount (mg)	
< 10	0.3230
10 - 100	0.3360
> 100	0.3410

Emission characteristics	
Low	0.2900
Medium	0.3600
High	0.3500

Protection by using Collective Protective Equipment (CPE)	
Full containment / isolation	0.3154
Enclosed ventilation	0.2308
Local ventilation	0.2000
General mechanical ventilation	0.2538

Periodic maintenance of CPE

Does not perform periodic maintenance	0.3188
Yes, time ≤ 12 months	0.3169
Yes, time > 12 months	0.3643

Respiratory protection program	
No	0.3004
Yes	0.3496
Yes, consider NMs	0.3500

Occupational environment risk program	
No	0.3169
Yes	0.3361
Yes, consider NMs	0.3500

Periodic maintenance of CPE	
Does not perform periodic maintenance	0.3004
Yes, time ≤ 6 months	0.3496
Yes, time > 6 months	0.3500

Medical surveillance	
No	0.3169
Yes	0.3361
Yes, consider NMs	0.3500

Standard operating procedure of task	
No	0.4835
Yes	0.5165

Administrative measures	
Low	0.3346
Medium	0.3308
High	0.3346

Risk training involving NMs	
No	0.4835
Yes	0.5165

Control measures	
Low	0.3460
Medium	0.3080
High	0.3460

Personal Protective Equipment (PPE)	
Low	0.3654
Medium	0.3000
High	0.3346

Body protection	
No use	0.2246
Cotton lab coats	0.2665
Synthetic material lab coats	0.2785
Chemical protection coveralls	0.2304

Foot protection	
Open shoes	0.3246
Work shoes	0.3150
Safety shoes for chemical agents	0.3604

Respiratory protection	
No use	0.3492
Yes, safety mask without selection criteria	0.2750
Yes, Respiratory mask according to the respiratory protection program	0.3758

Hand protection	
No use	0.2242
Rubber gloves	0.2665
Nitrile gloves (1 pair)	0.2785
Nitrile gloves (2 pairs)	0.2304

Eyes protection	
No use	0.2246
Safety glasses	0.2665
Safety goggles	0.2785
Face Shields	0.2304

3.3

Legend

Definition of the hazards of NMs

Exposure

Control measures

Variable omitted after including expert

Variable with changed probability after expert opinion

1.2

Surface area (m ² /g)	
≤ 10	0.2949
10-49	0.3686
> 50	0.3366

Suspension stability (mv)	
≤ 30	0.4796
> 30	0.5204

Surface charge in solution	
Charged	0.5204
Neutral	0.4796

Surface modification with hydrophilic groups	
Without	0.4796
With	0.5204

Agglomeration	
With	0.4796
Without	0.5204

Solubility in water	
Dissolution pH 5 to 9	0.4592
Insoluble	0.5408

Crystalline structure	
With	0.4796
Without	0.5204

Morphology	
3 dimensions	0.3704
2 dimensions	0.3186
1 dimension	0.3110

Physico-chemical variables	
Low	0.3050
Medium	0.3720
High	0.3230

Size of at least 1 dimension (nm)	
≤ 100	0.5408
> 100	0.4592

Morphology	
Spherical	0.3704
Plates	0.3186
Rods	0.3110

Risk	
Low	0.3000
Medium	0.3000
High	0.4000

Hazard	
Low	0.2900
Medium	0.3600
High	0.3500

Chronic toxicity dermal exposure (rat or rabbit) (mg/kg PC/d)	
≤ 20	0.3370
20 ≤ 200	0.3581
No effect	0.3049

Acute toxicity in the aquatic environment (mg/L)	
≤ 1	0.2293
1 ≤ 10	0.2693
10 ≤ 100	0.3072
No effect	0.1942

Respiratory sensitization	
There is evidence for humans	0.3318
There are positive tests for animal testing	0.3672
No effect	0.3010

Acute toxicity exposure by vapor inhalation (mg/L)	
≤ 0.5	0.1891
0.5 ≤ 2	0.1976
2 ≤ 10	0.2445
10 ≤ 20	0.1948
No effect	0.1740

Eye irritation/damage	
No effect	0.3049
Reversible irritation	0.3488
Serious damage / Irreversible damage	0.3463

Acute toxicity variable dermal exposure (mg/kg PC)	
≤ 50	0.1806
50 ≤ 200	0.1744
200 ≤ 1000	0.1963
1000 ≤ 2000	0.1743
2000 ≤ 5000	0.1651
No effect	0.1094

Classification GHS	
1	0.2400
2	0.1710
3	0.2225
4	0.1795
5	0.1870

Chronic toxicity by the exposure route inhalation gas (rat) (ppm V/6 h/d)	
≤ 50	0.3370
50 ≤ 250	0.3581
No effect	0.3049

Chronic toxicity by the exposure route inhalation dust (rat) (ppm V/6 h/d)	
≤ 0.02	0.3370
0.02 ≤ 0.2	0.3581
No effect	0.3049

Acute toxicity by the exposure route oral (mg/kg PC)	
≤ 5	0.1771
5 ≤ 50	0.1779
50 ≤ 300	0.1852
300 ≤ 2000	0.1765
2000 ≤ 5000	0.1647
No effect	0.1187

Chronic toxicity by the exposure route oral (rat) (mg/kg PC)	
≤ 10	0.3435
10 ≤ 100	0.3445
No effect	0.3120

Acute toxicity exposure by gas inhalation (ppmV)	
≤ 100	0.1891
100 ≤ 500	0.1976
500 ≤ 2500	0.2445
2500 ≤ 20000	0.1948
No effect	0.1740

Acute toxicity exposure by dust inhalation (mg/L)	
≤ 0.05	0.1891
0.05 ≤ 0.5	0.1976
0.5 ≤ 1	0.2445
1 ≤ 5	0.1948
No effect	0.1740

Skin corrosion/irritation	
Skin corrosion	0.2464
Skin irritation	0.2693
IL skin irritation	0.2901
No effect	0.1942

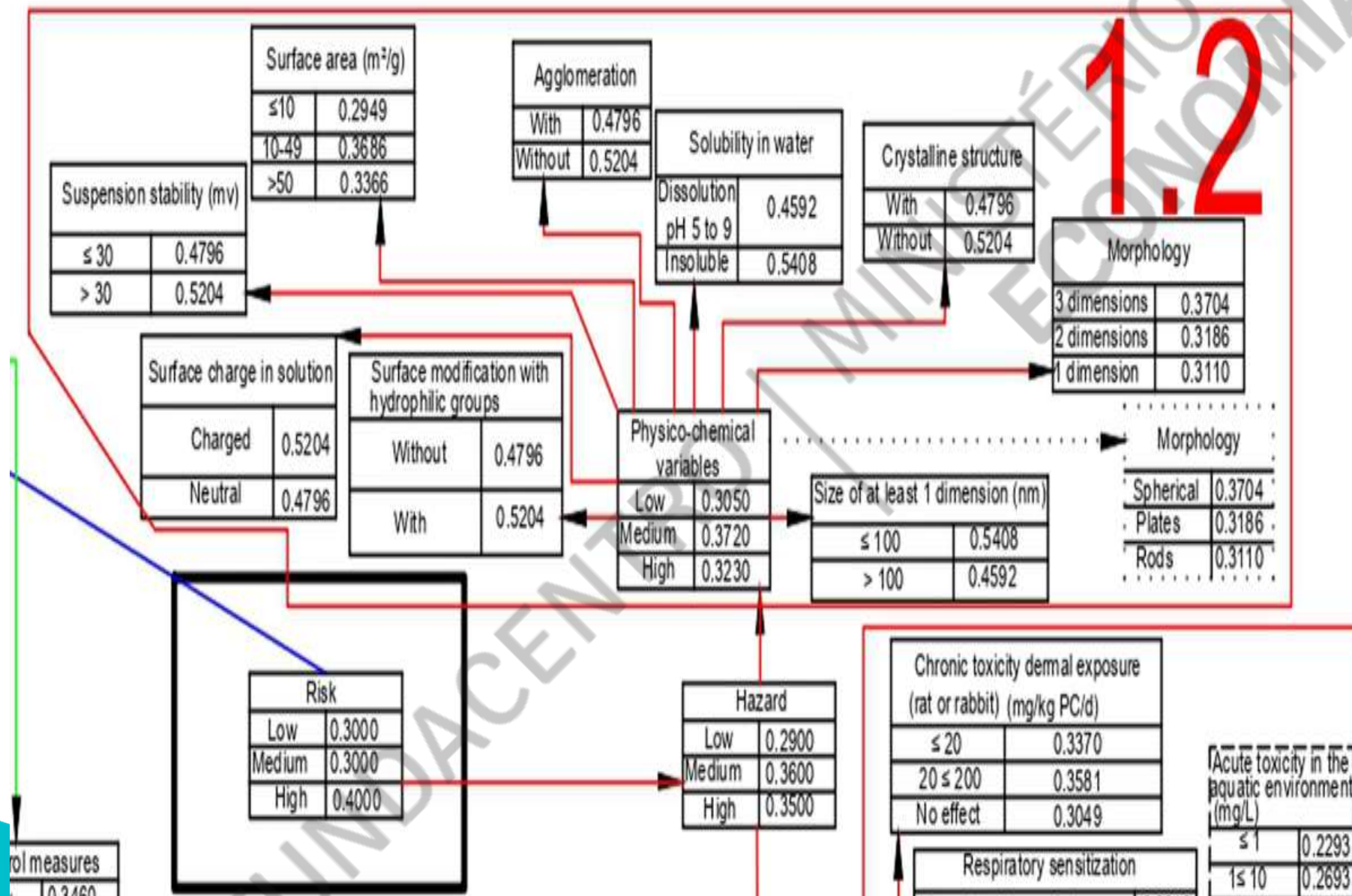
Chronic toxicity in the aquatic environment (mg/L)	
≤ 0.01	0.2293
0.01 ≤ 0.1	0.2693
0.1 ≤ 1	0.3072
No effect	0.1942

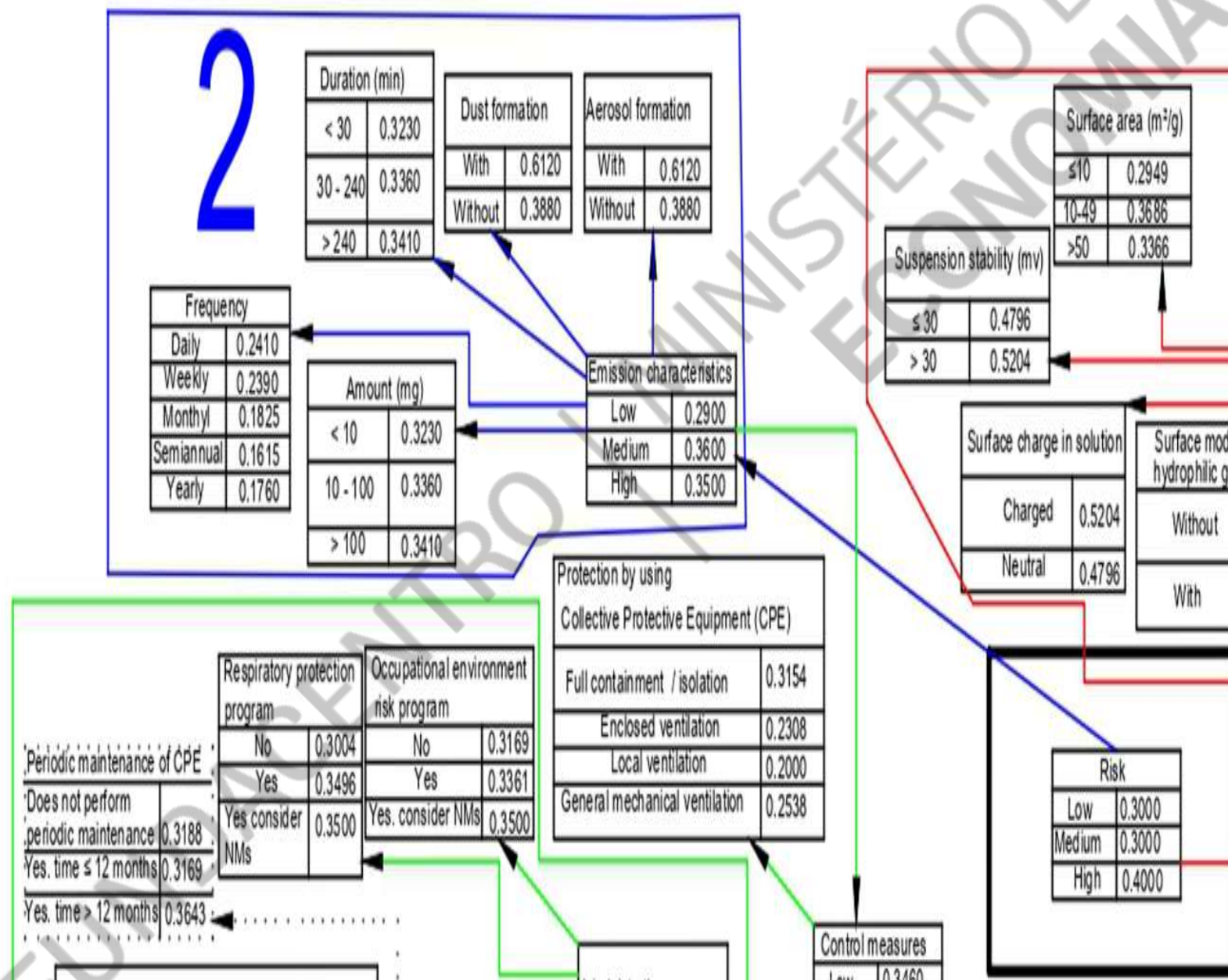
1.1

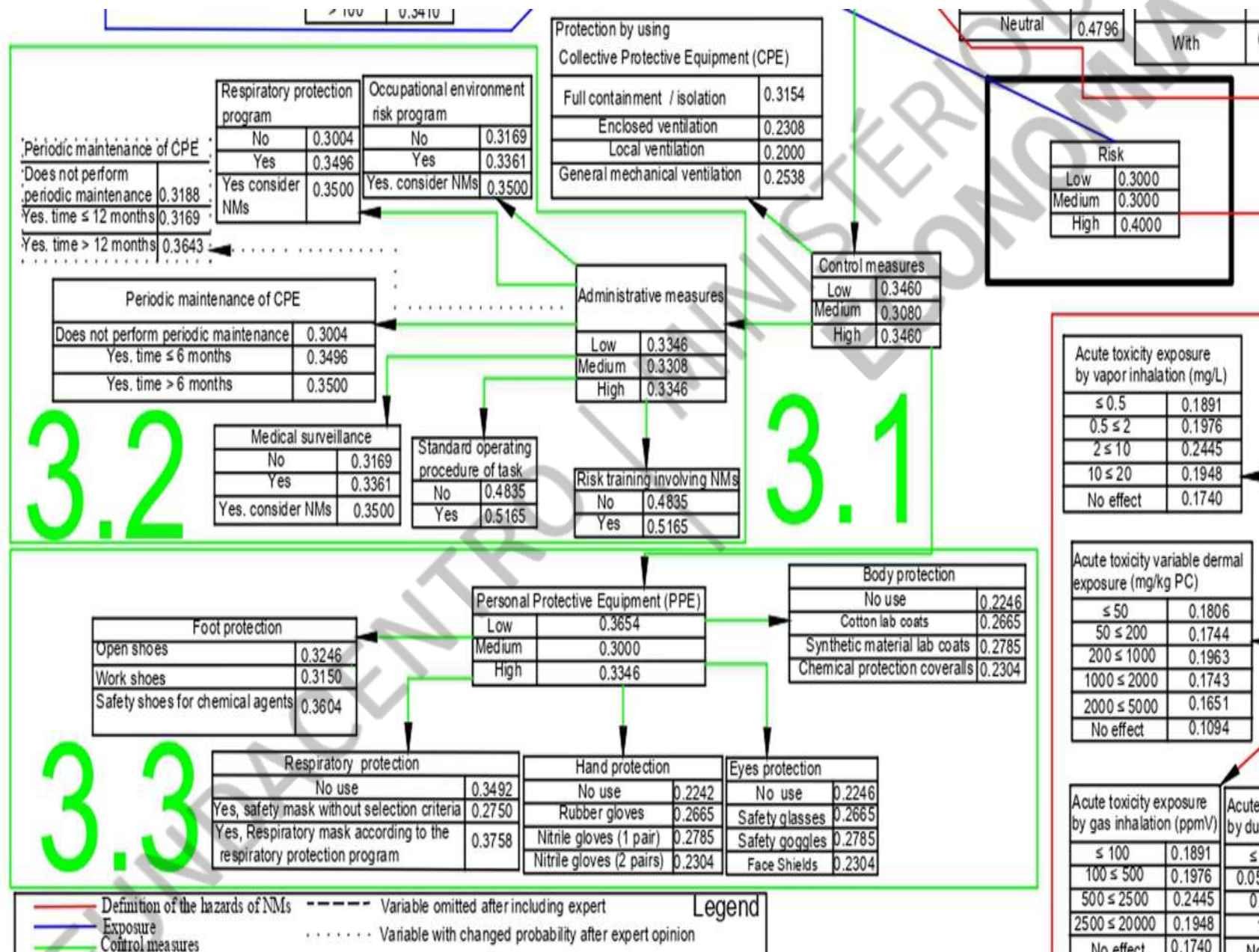
Potentially carcinogenic or mutagenic or harmful to reproduction	
Confirmed for humans	0.3149
Possibly toxic to humans	0.3531
No effect	0.3321

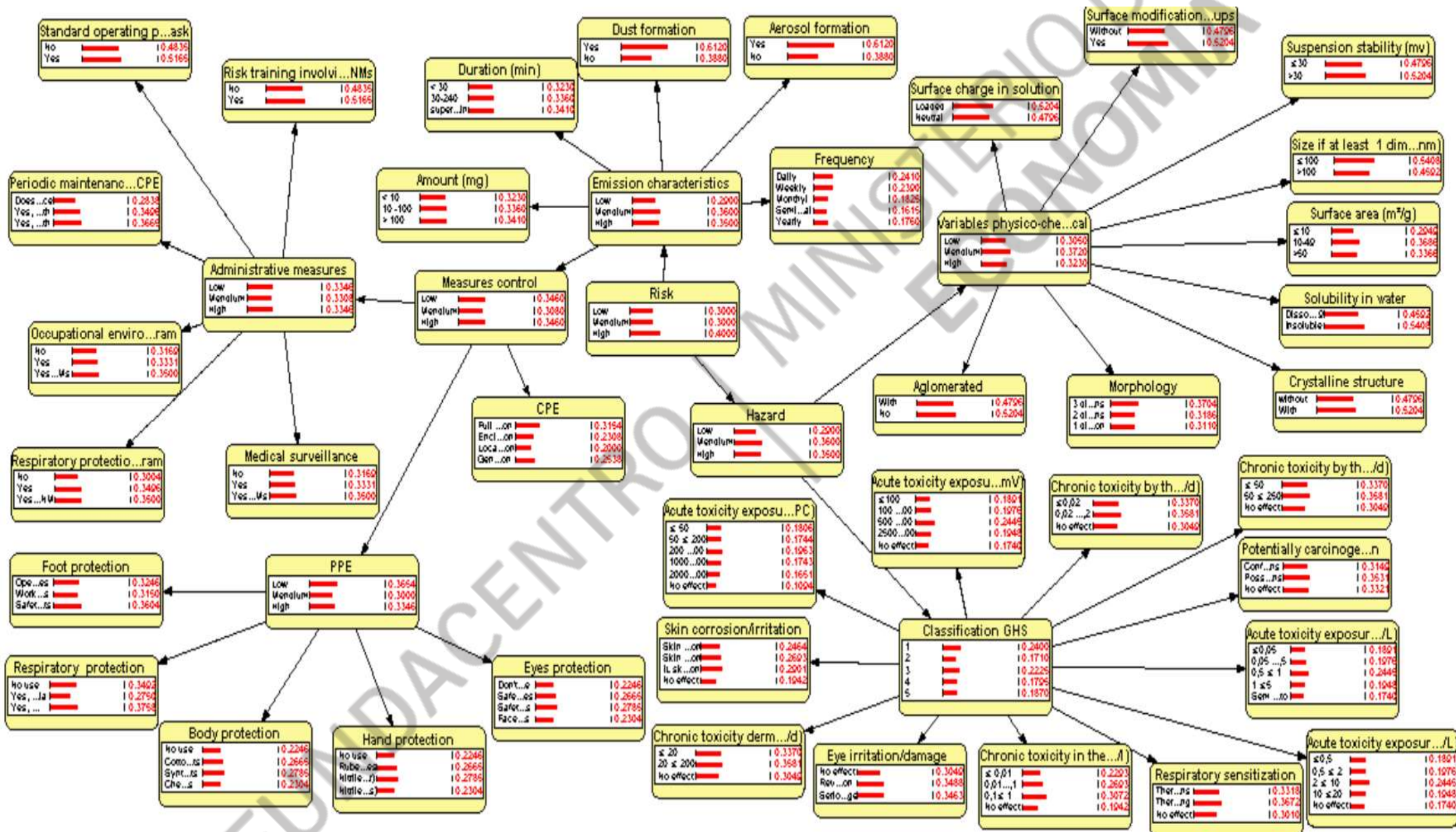


1.2







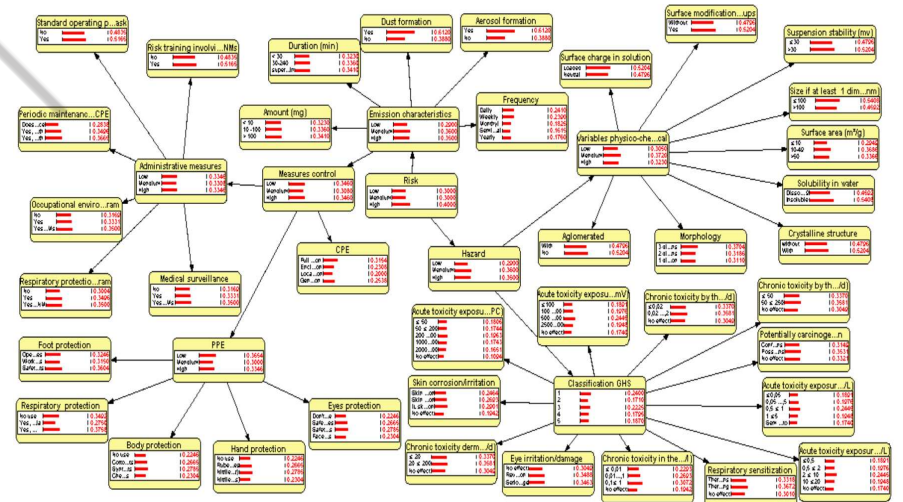


Parte 3

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



Vamos baixar o OpenMarkov e a RB



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.

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 comprometer a hacerlo en un tiempo razonable.

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



Nanotoxicology >

Volume 14, 2020 - Issue 9

Submit an article

Journal homepage

Enter keywords, authors, DOI, ORCID etc

This Journal



Advanced search

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

40

Views

0

CrossRef citations
to date

0

Altmetric

Articles

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>



Supplemental material

Probabilistic model for assessing occupational risk during the handling of nanomaterials

Showing 6/6: inan_a_1815094_sm2951.pgm

61
views

0
shares

10
downloads

sorry, we can't preview this file



6 / 6



Share

Download

Dificuldades

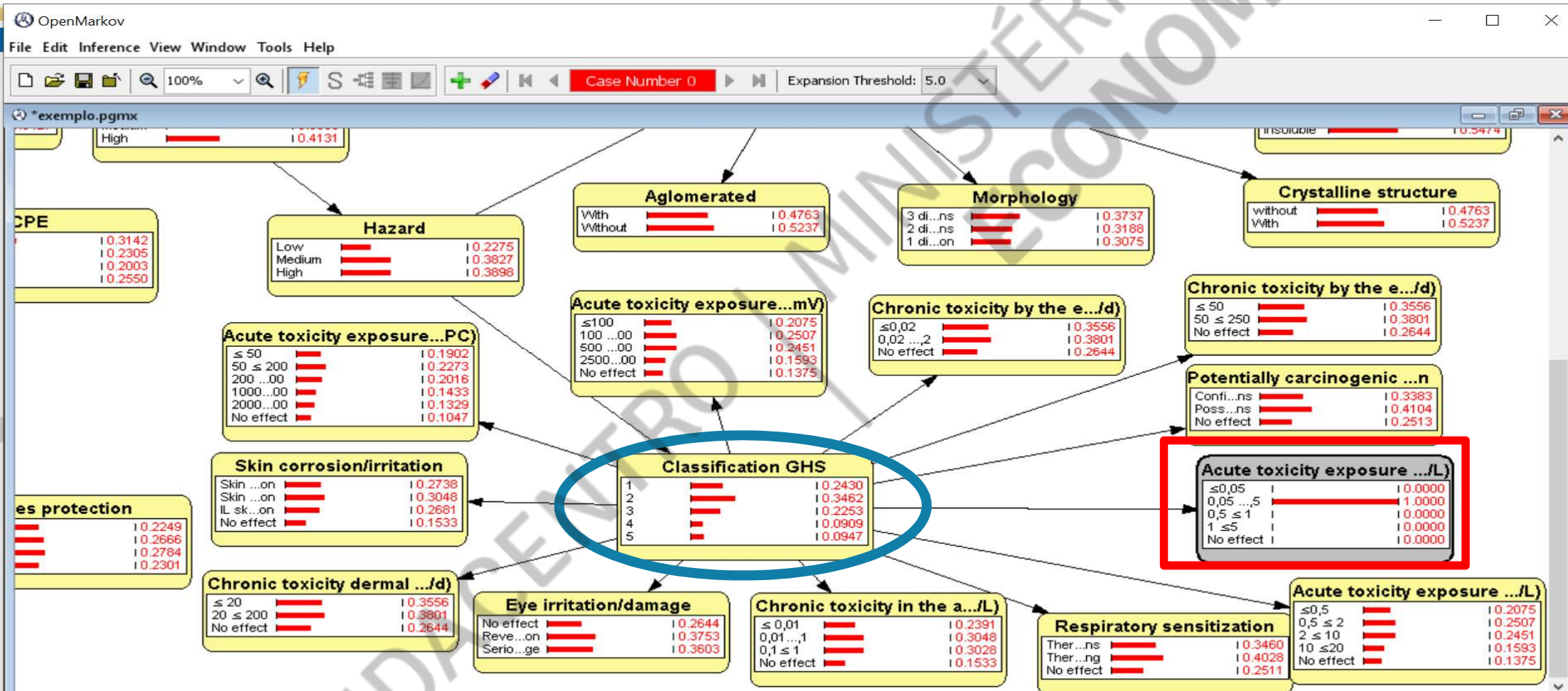


Jose.schmidt@fundacentro.gov.br

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**

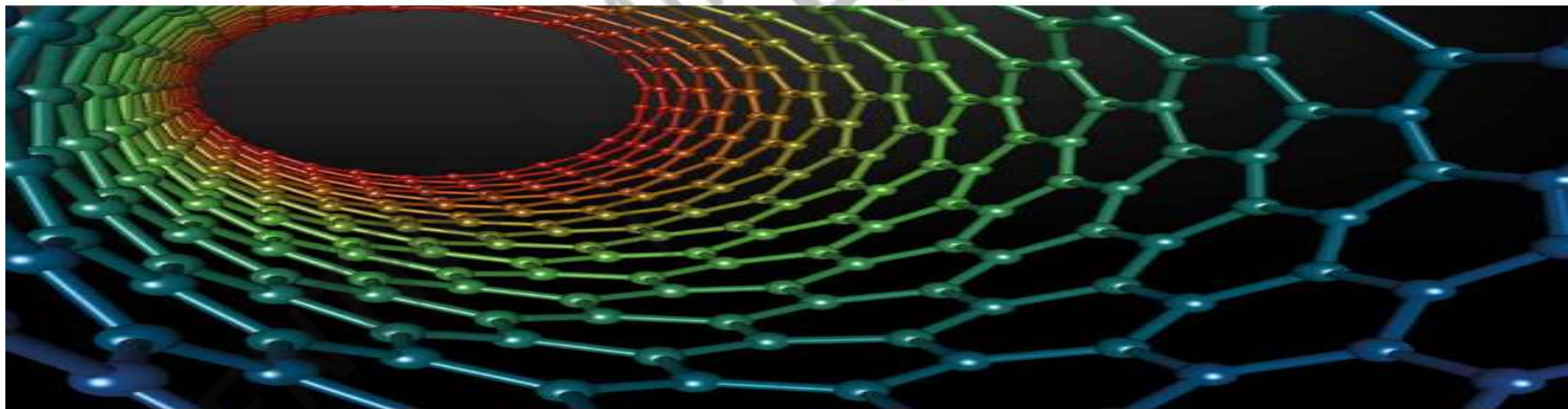
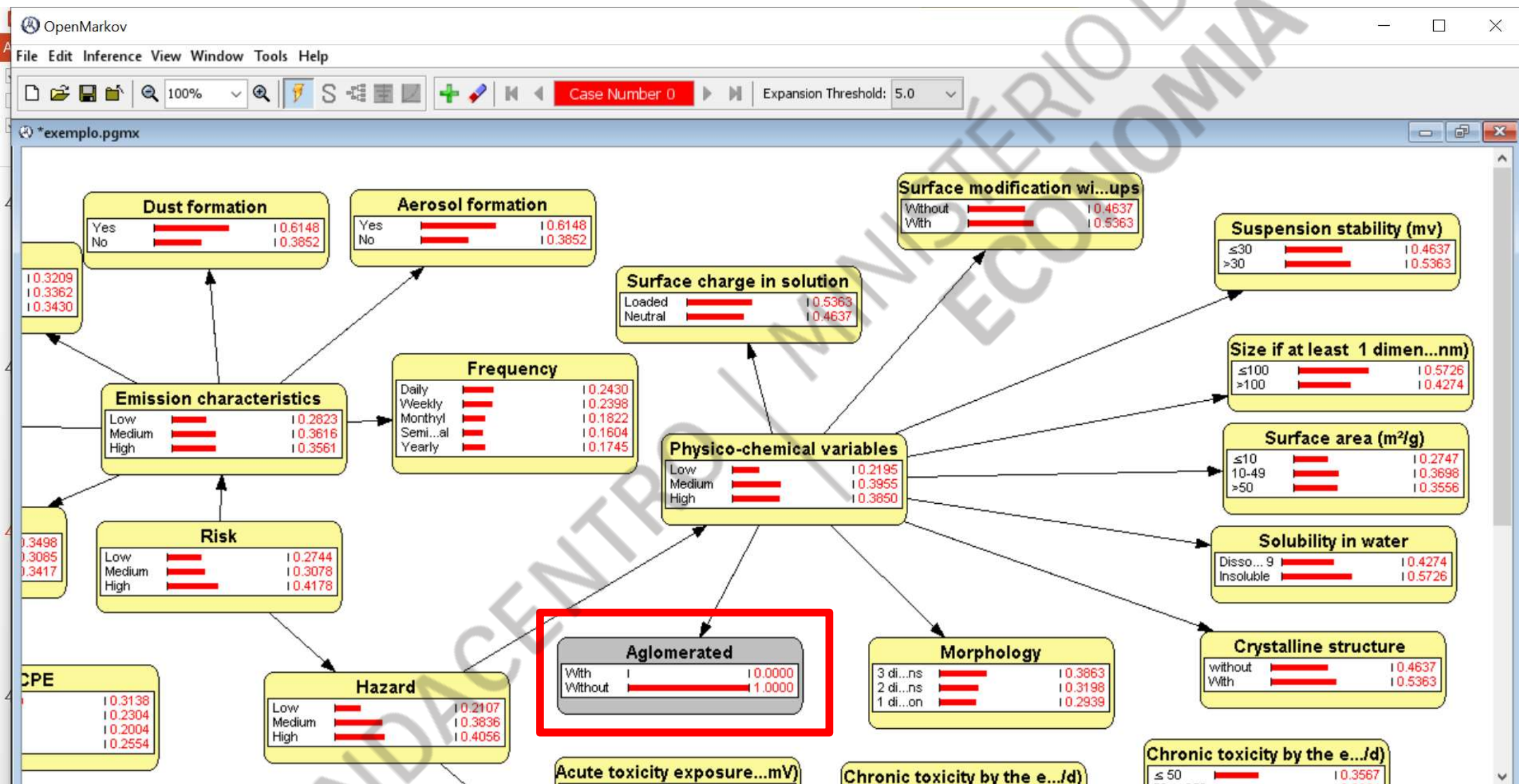
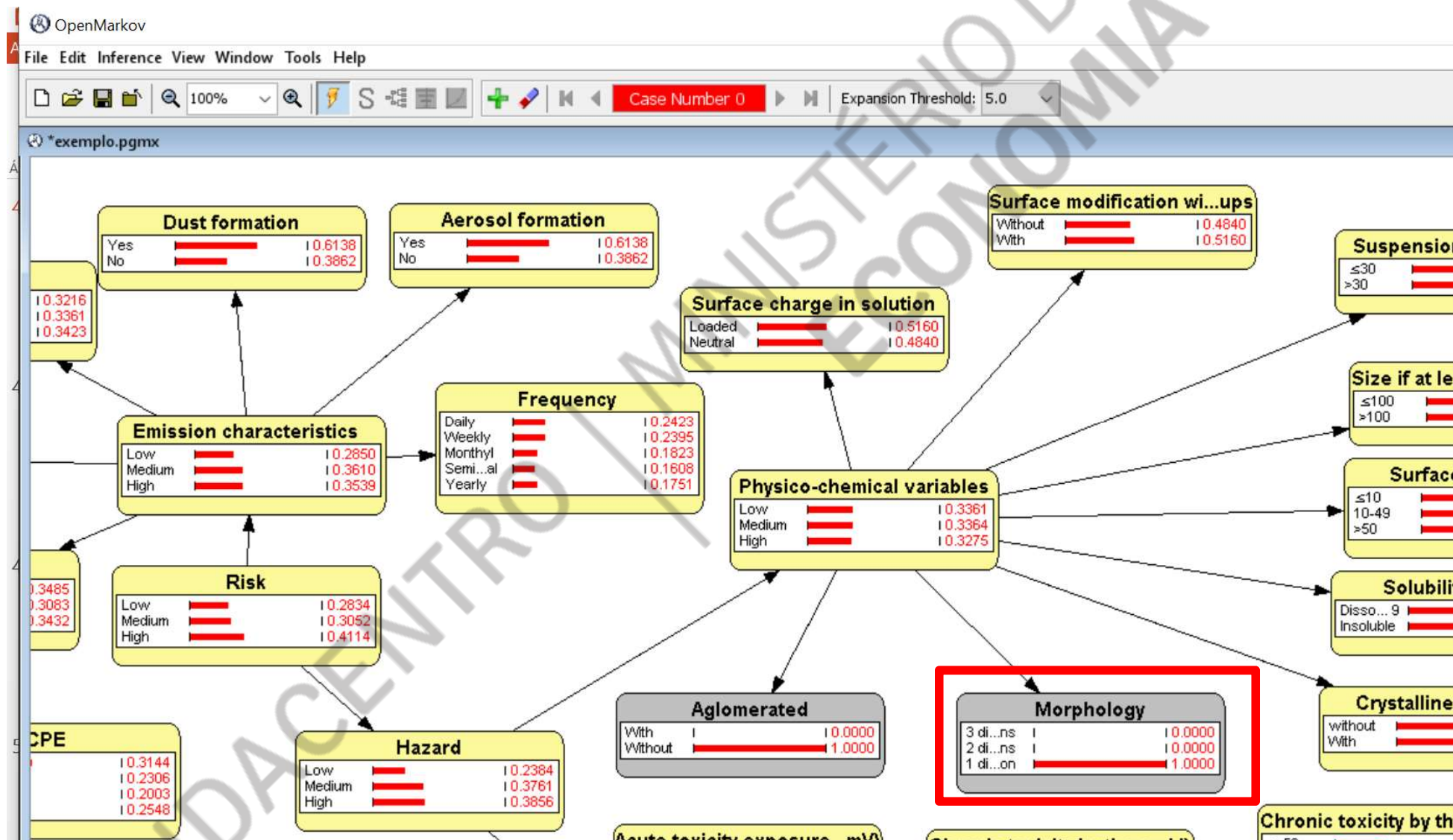


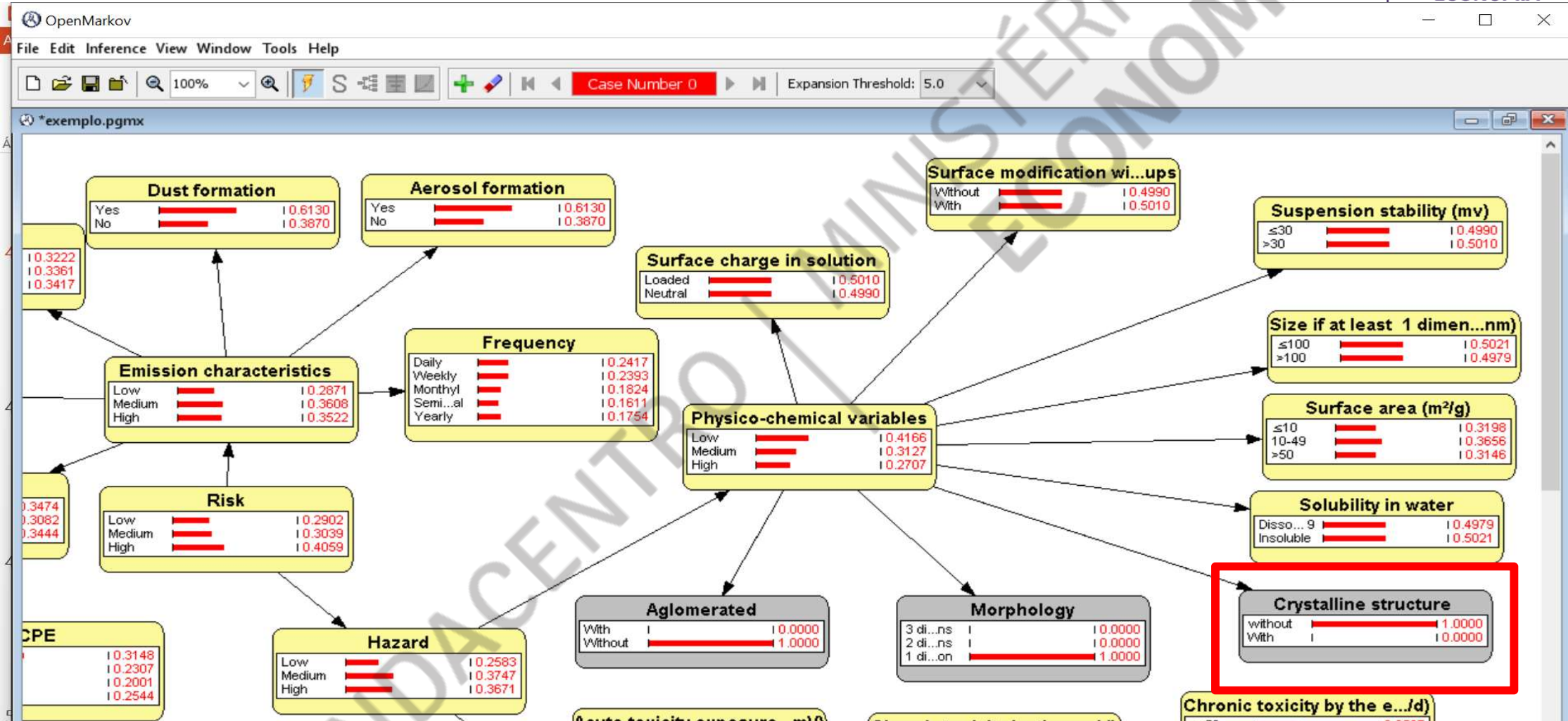
TABLE 2. CLASSIFICATION OF HAZARDOUS PROPERTIES OF NANOMATERIALS (MNMS) THAT HAVE AN EXISTING OECD DOSSIER

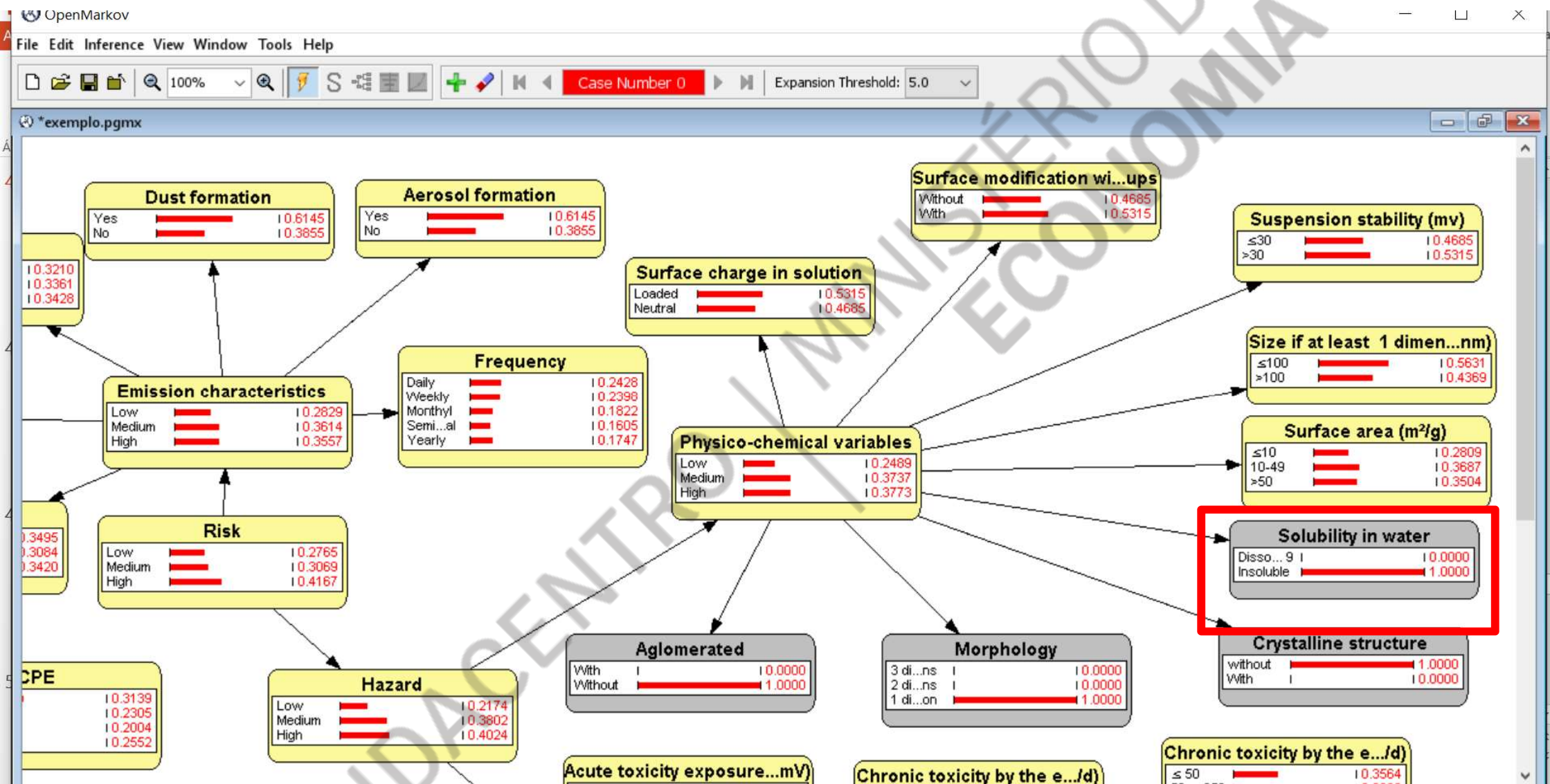
MNM	Acute toxicity	Skin corrosion/irritation	Serious eye damage/eye irritation	Respiratory or skin sensitization	Germ cell mutagenicity	Carcinogenicity	Reproductive toxicity	Specific target organ toxicity (single exposure)	Specific target organ toxicity (repeated exposure)
Fullerene (C ₆₀)	No ^a	No	No	No	No	No data ^a	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) ^a	No	Cat 2 (H)	MWCNT-7: Cat 2 (M) ^f , 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)

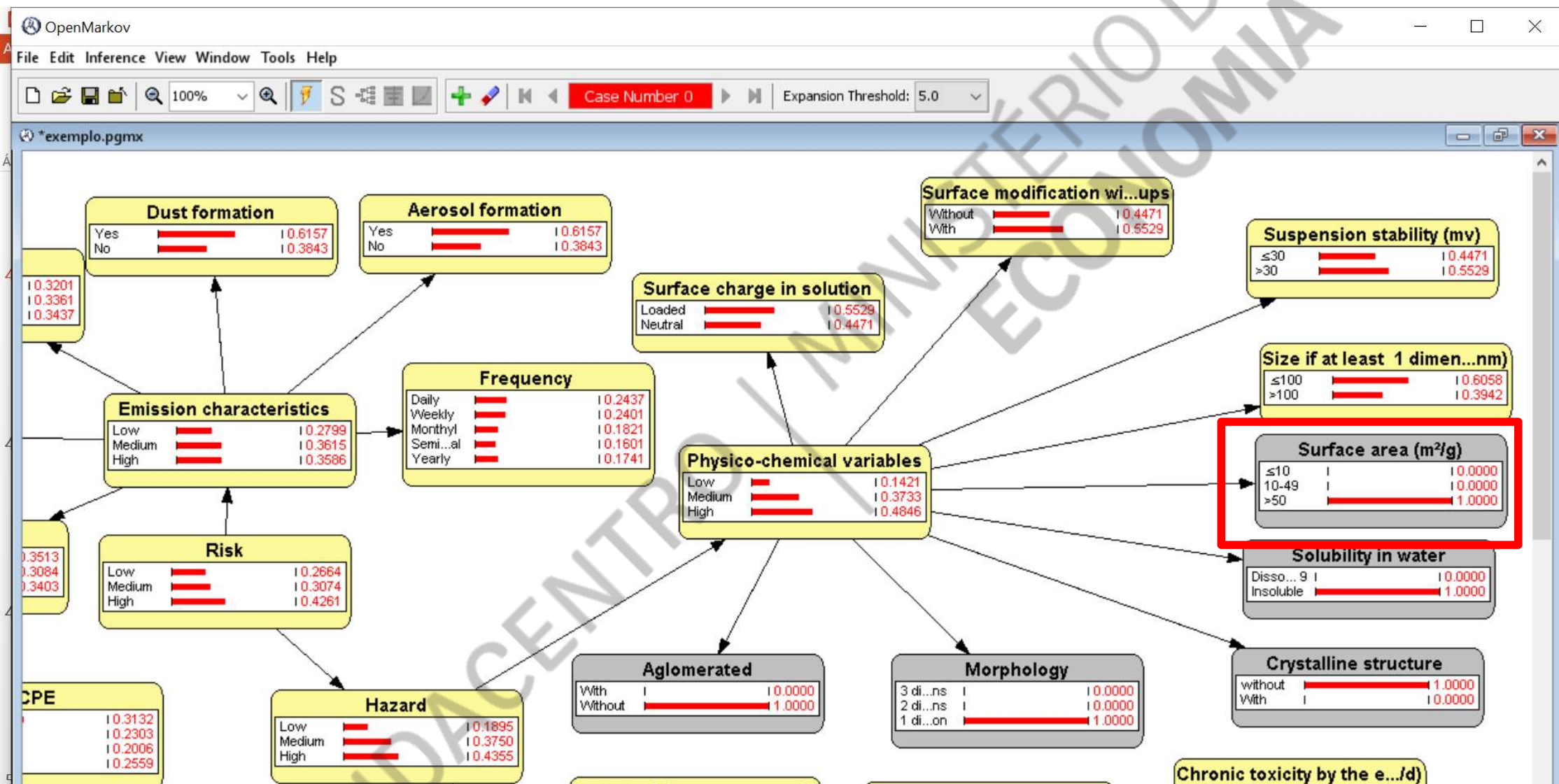
PARÂMETROS FÍSICO- QUÍMICOS

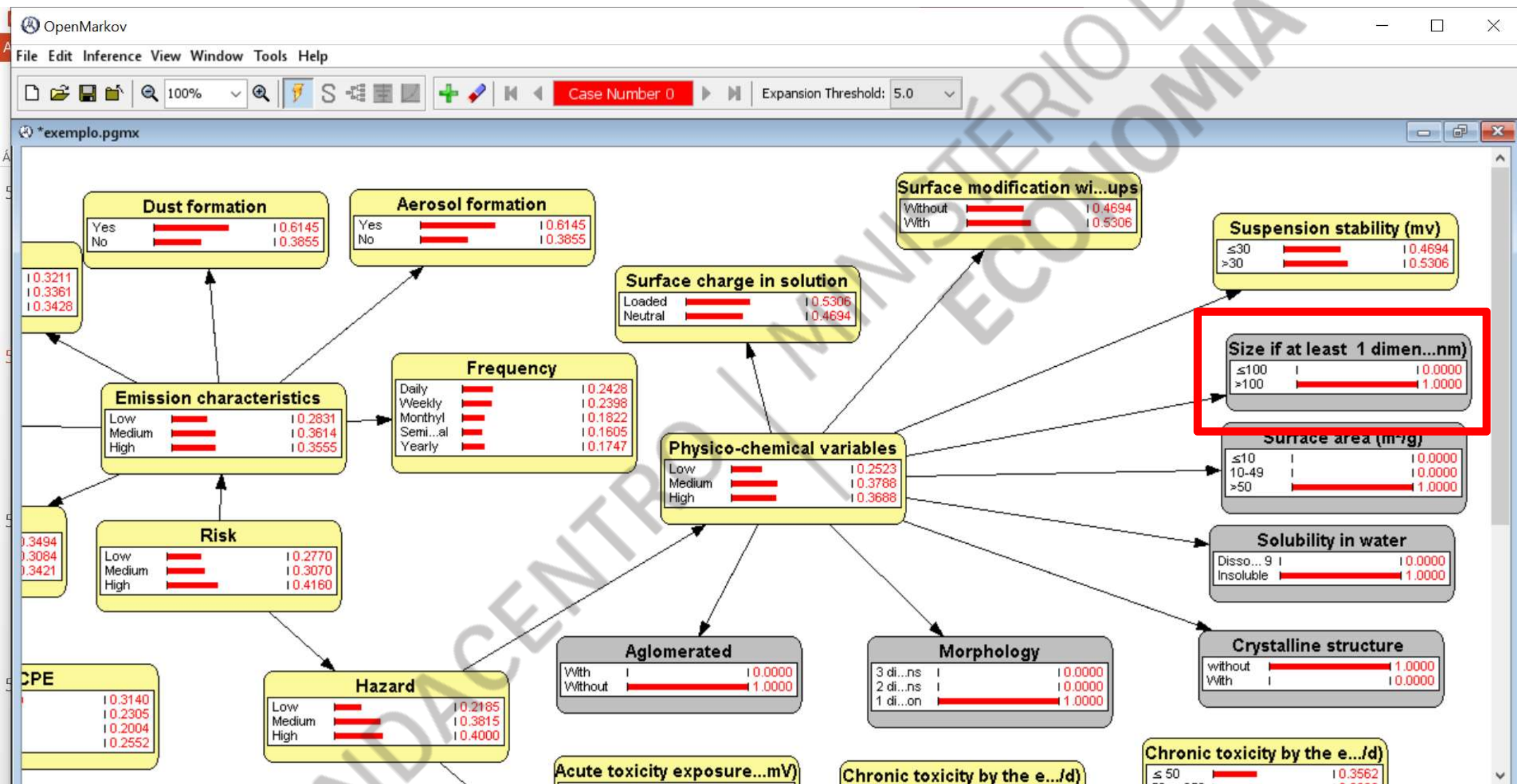


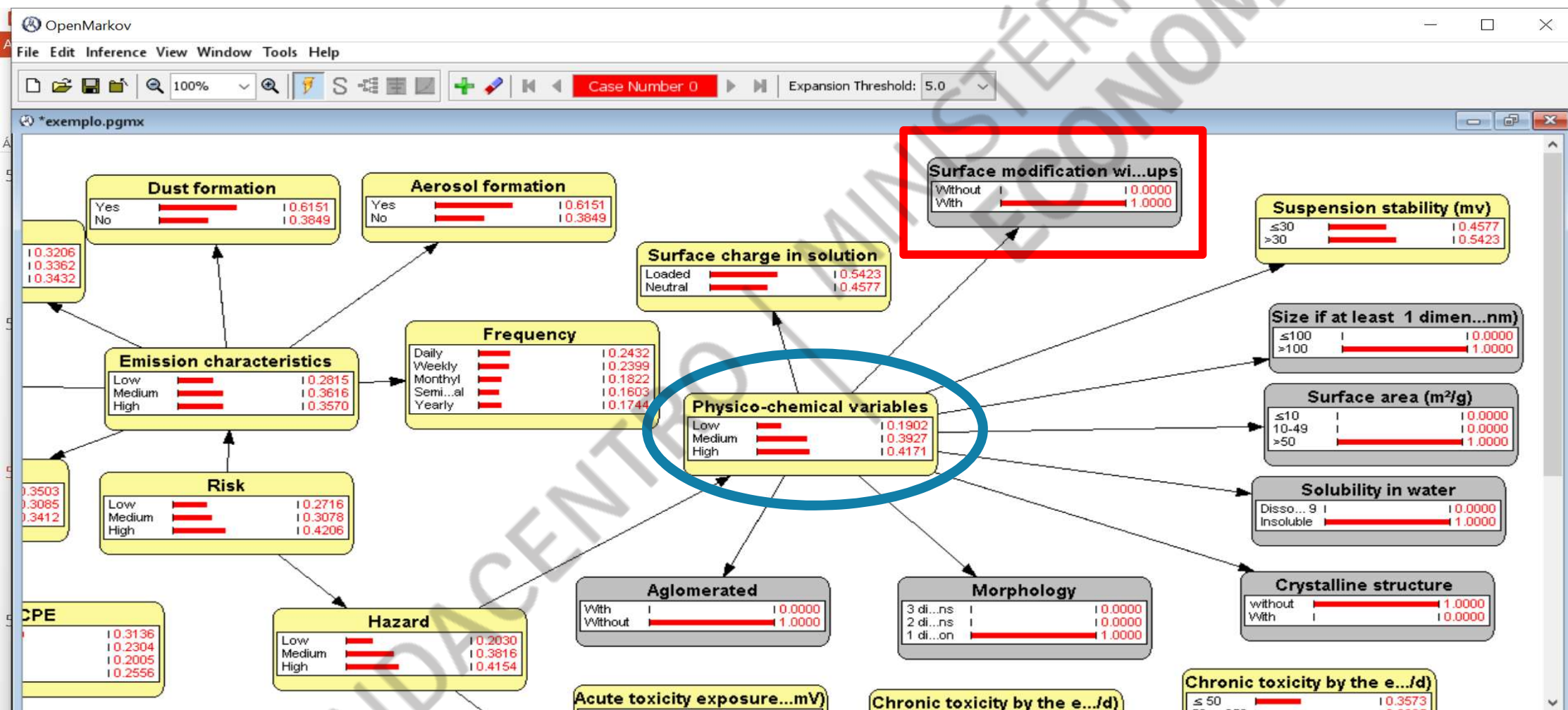


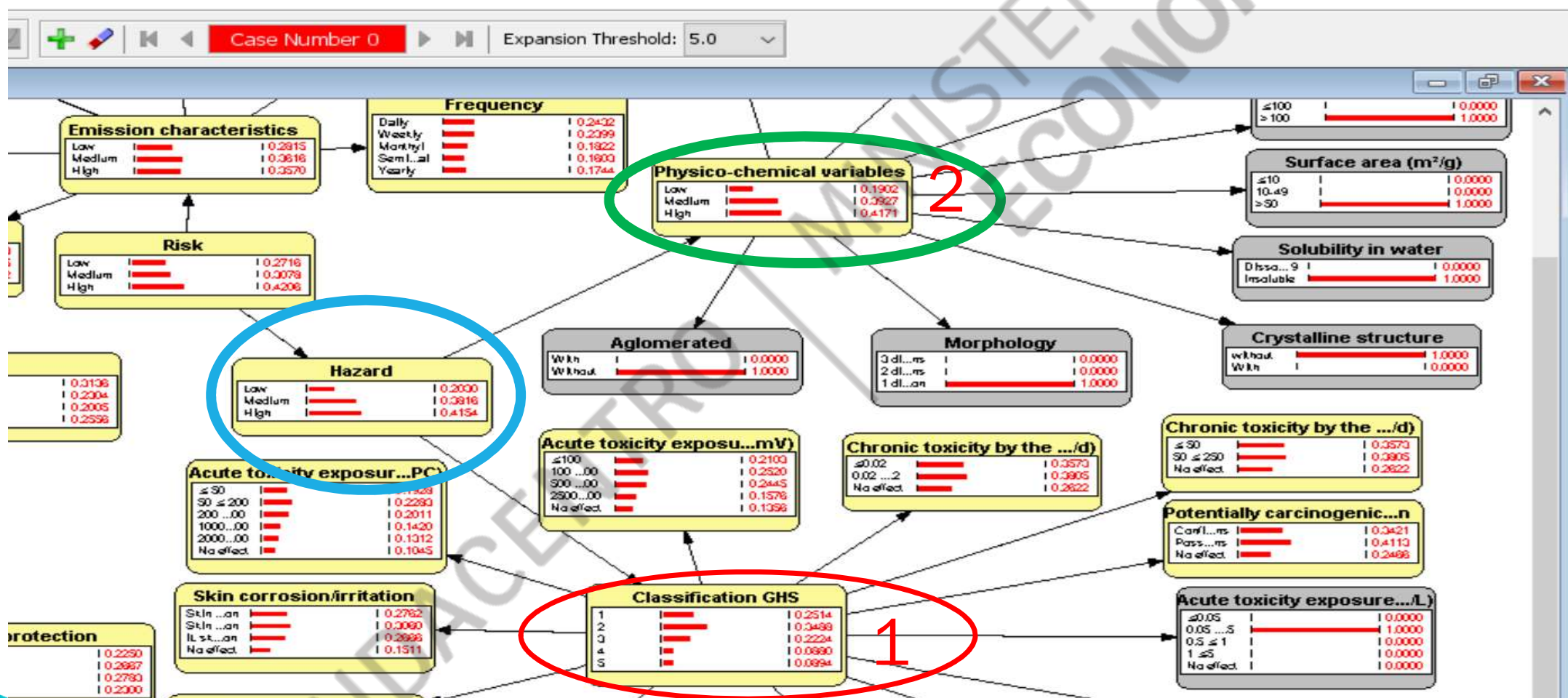




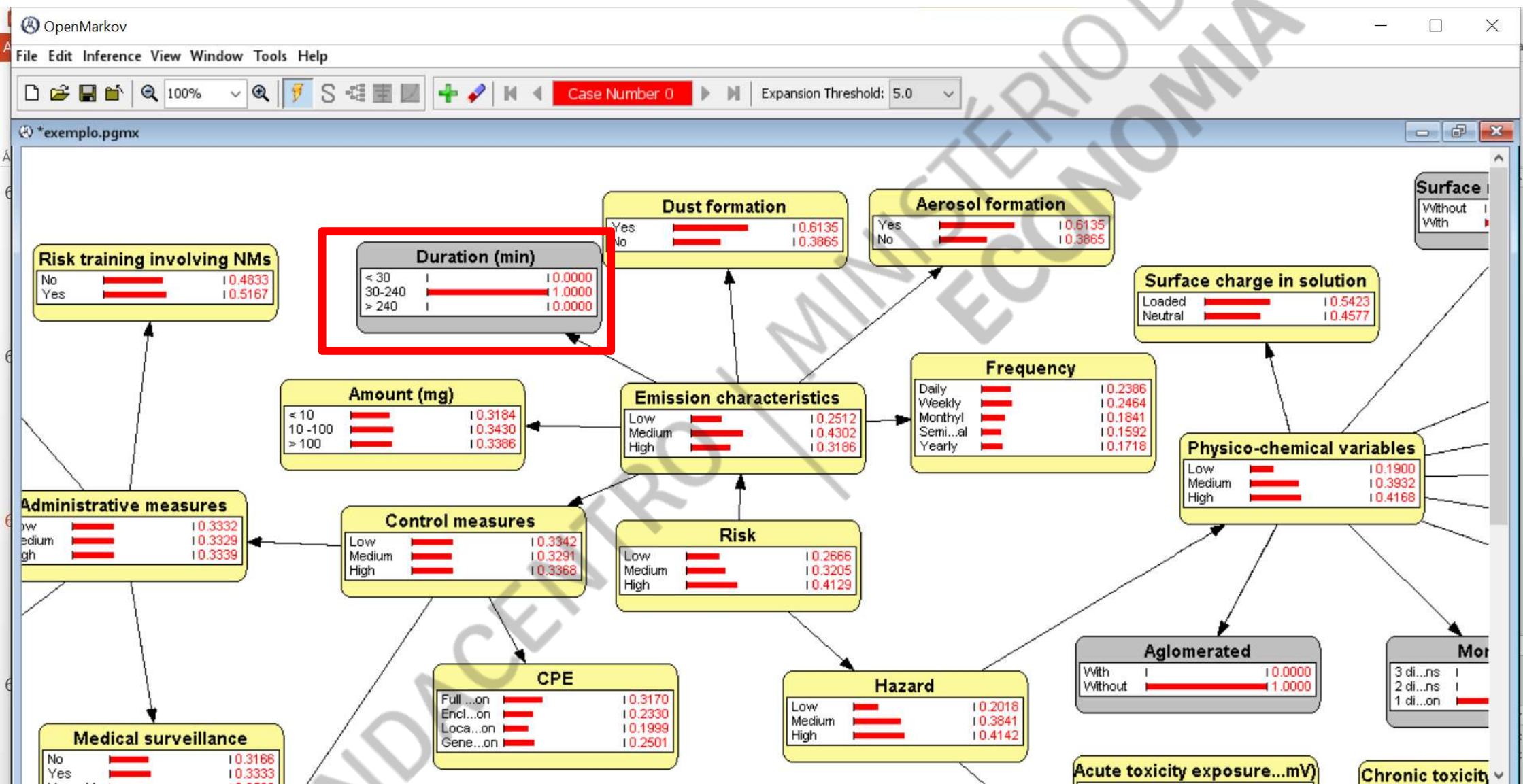


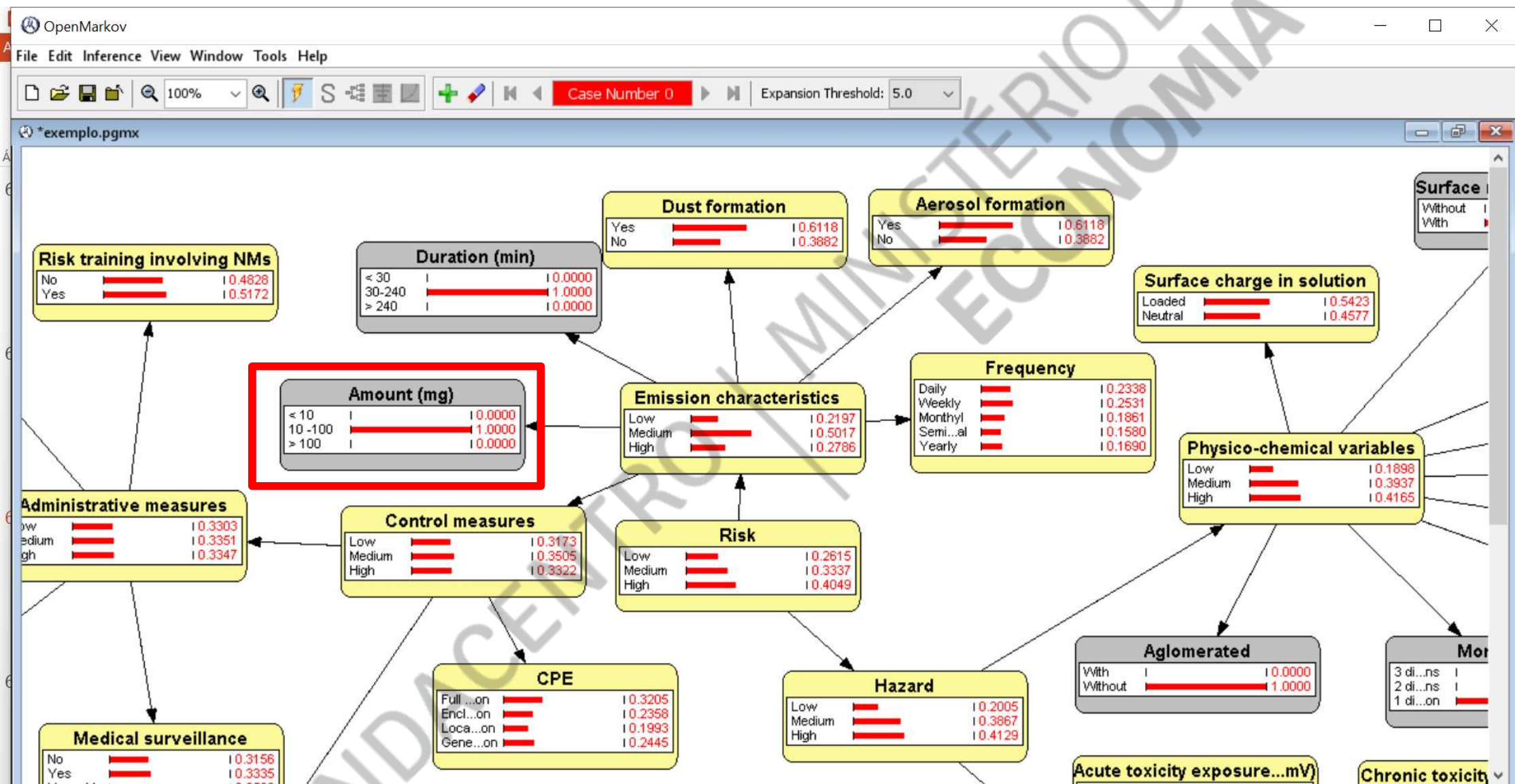


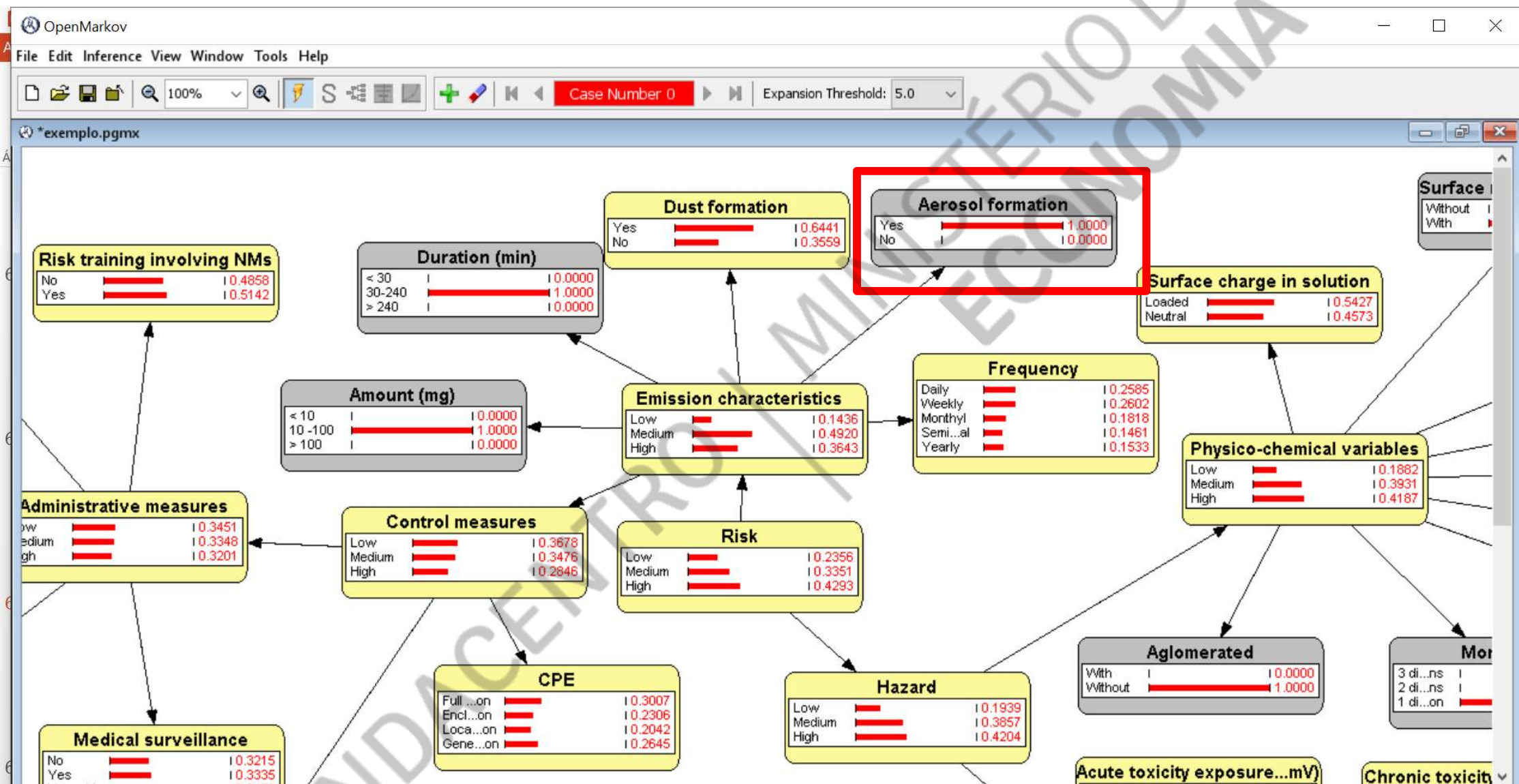


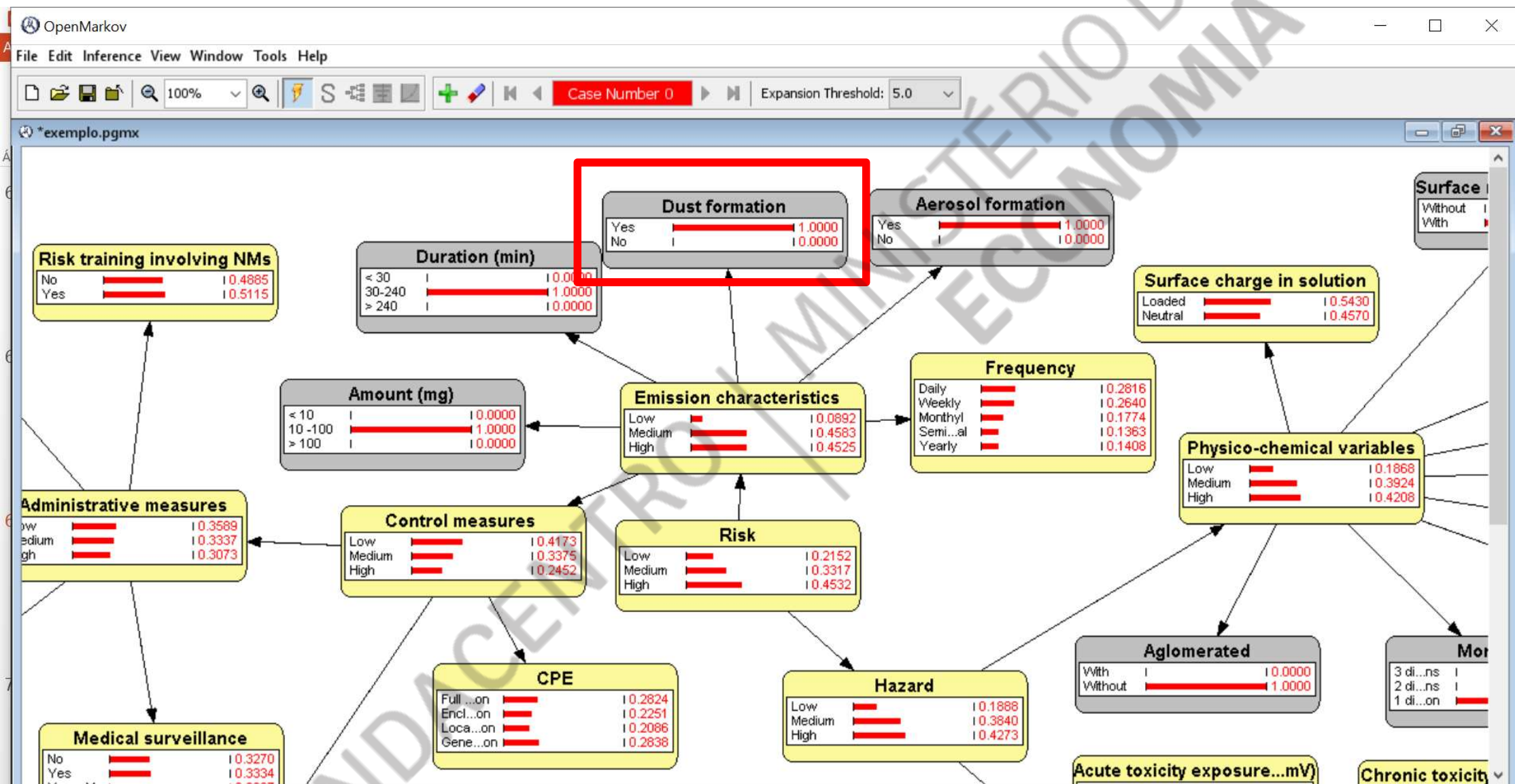


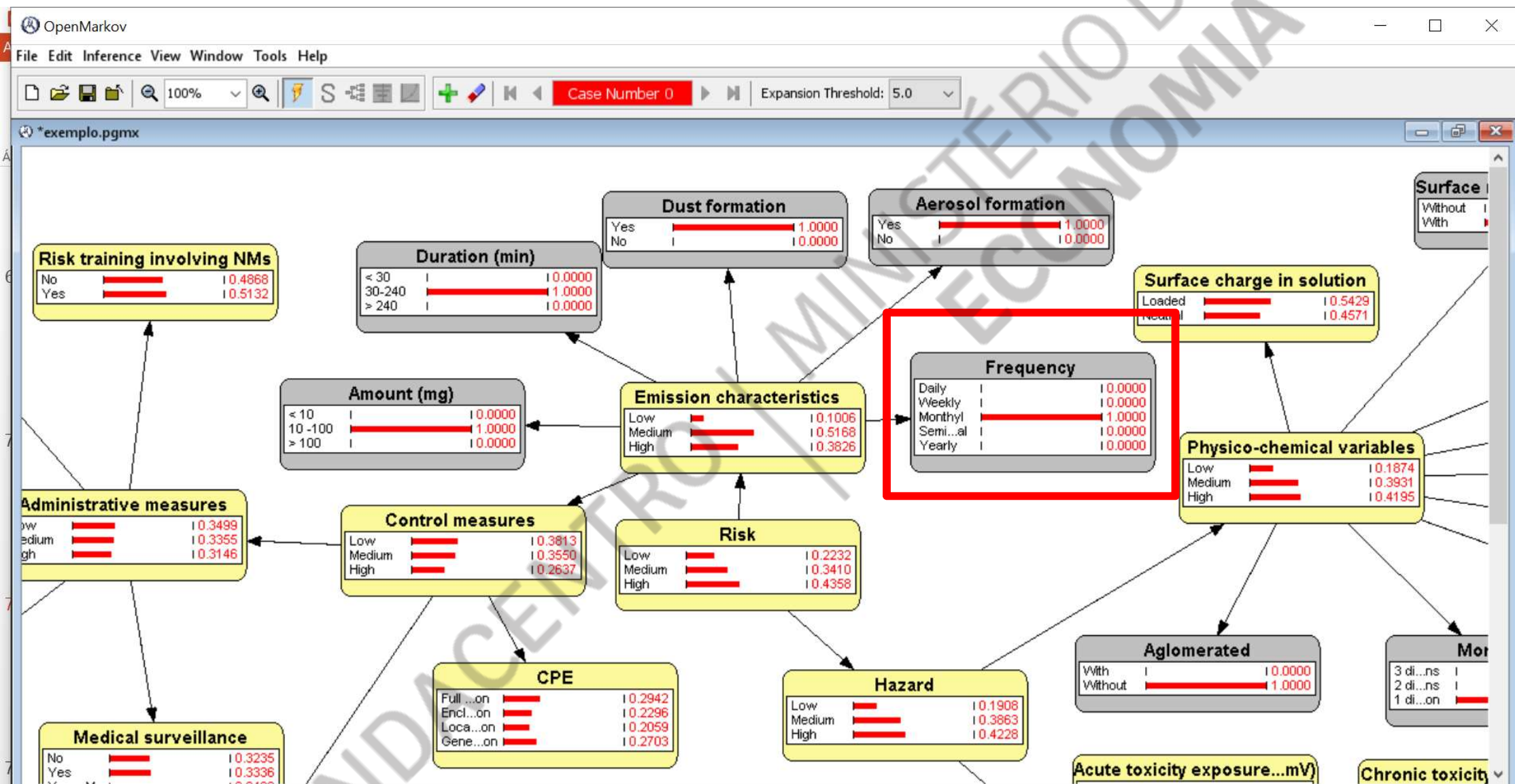
DADOS SOBRE A EXPOSIÇÃO





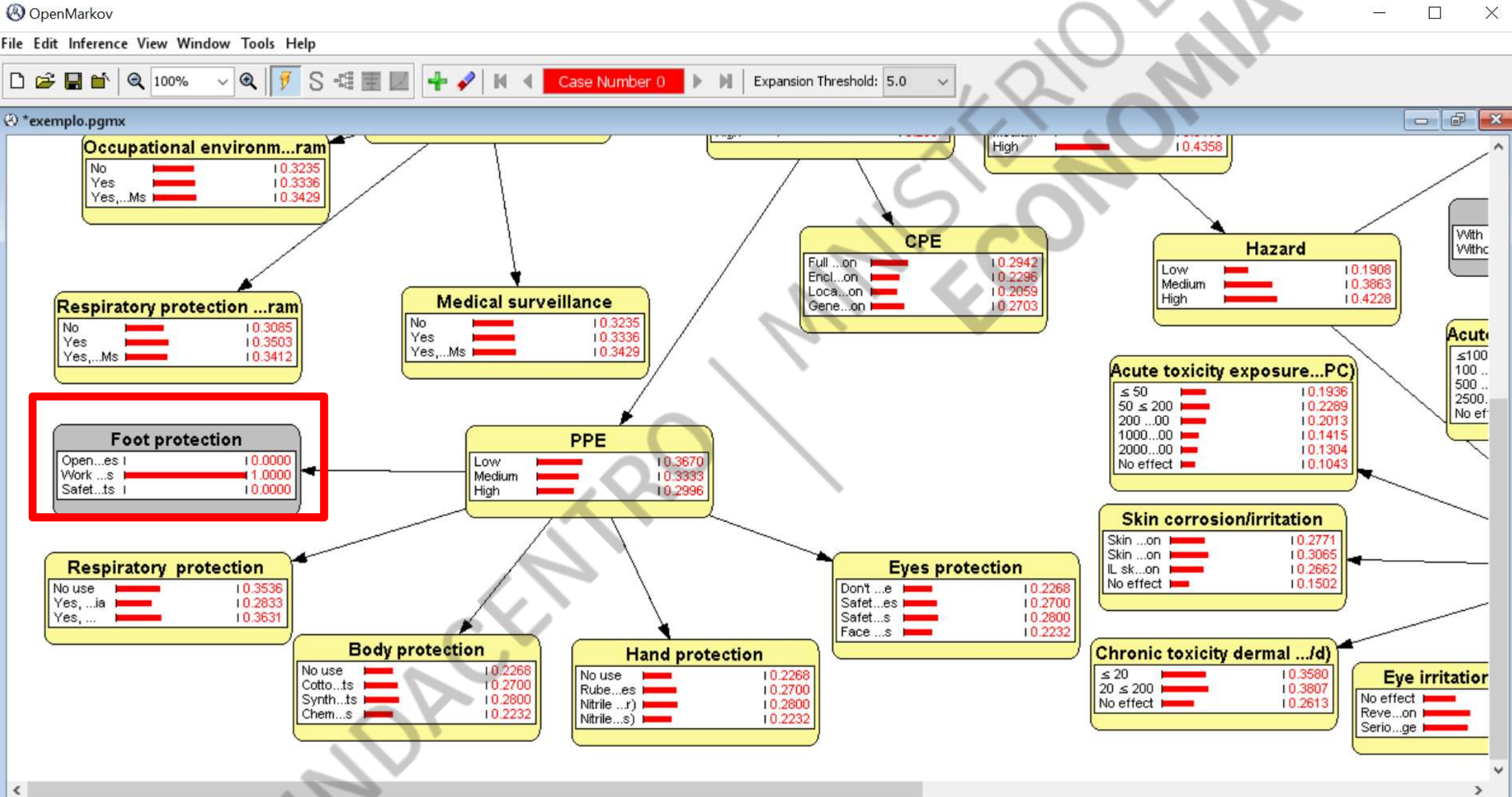


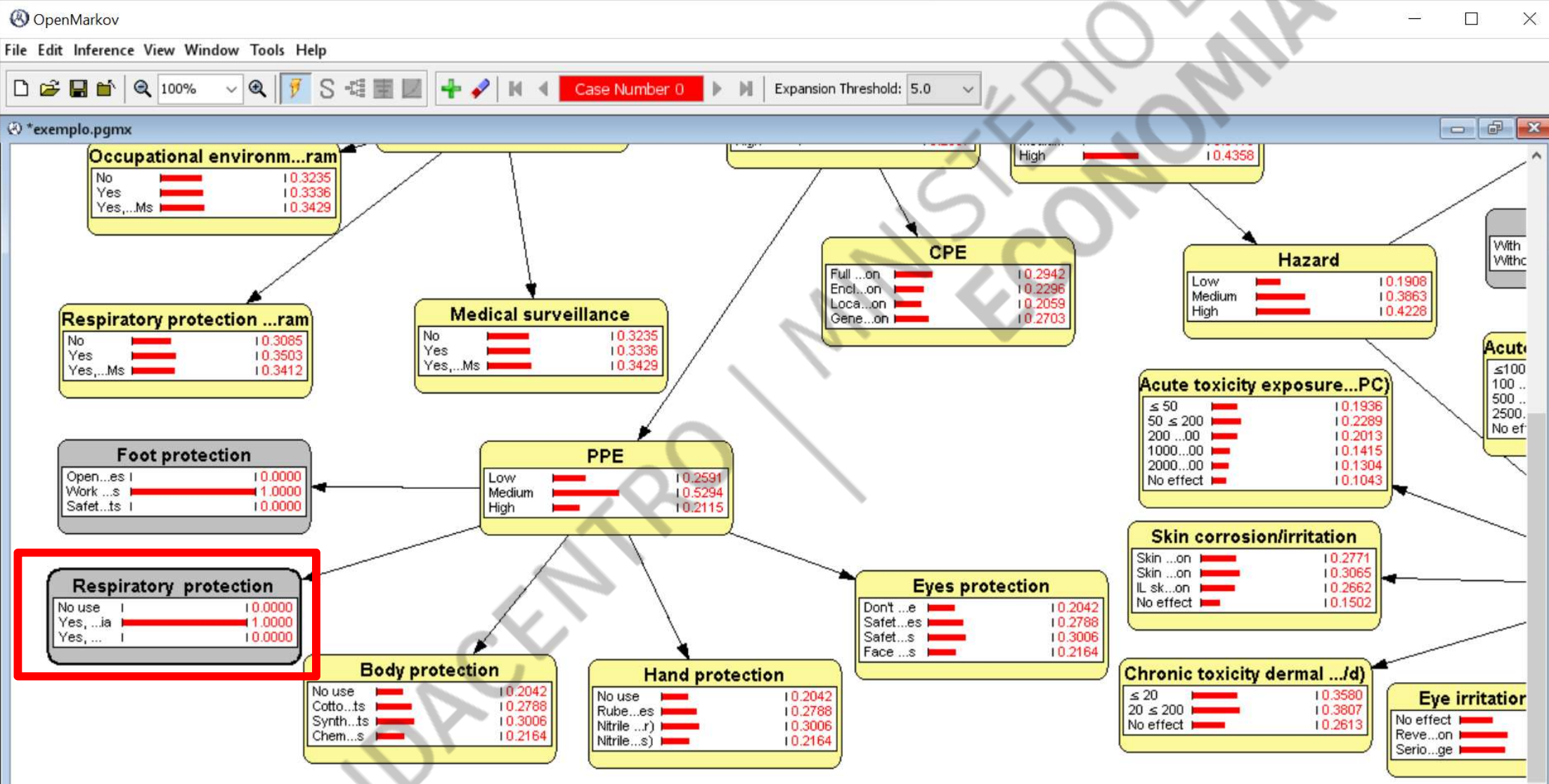


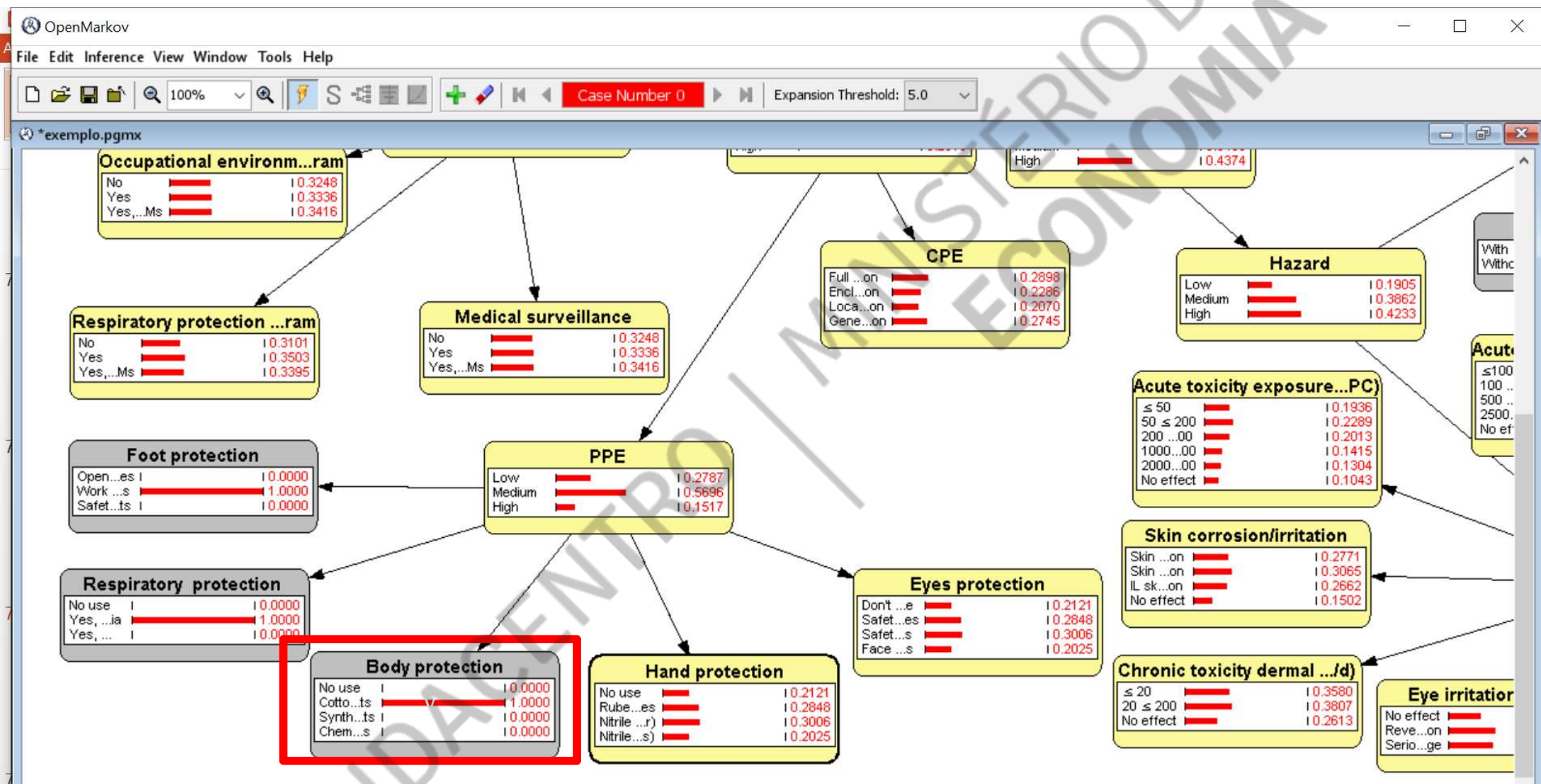


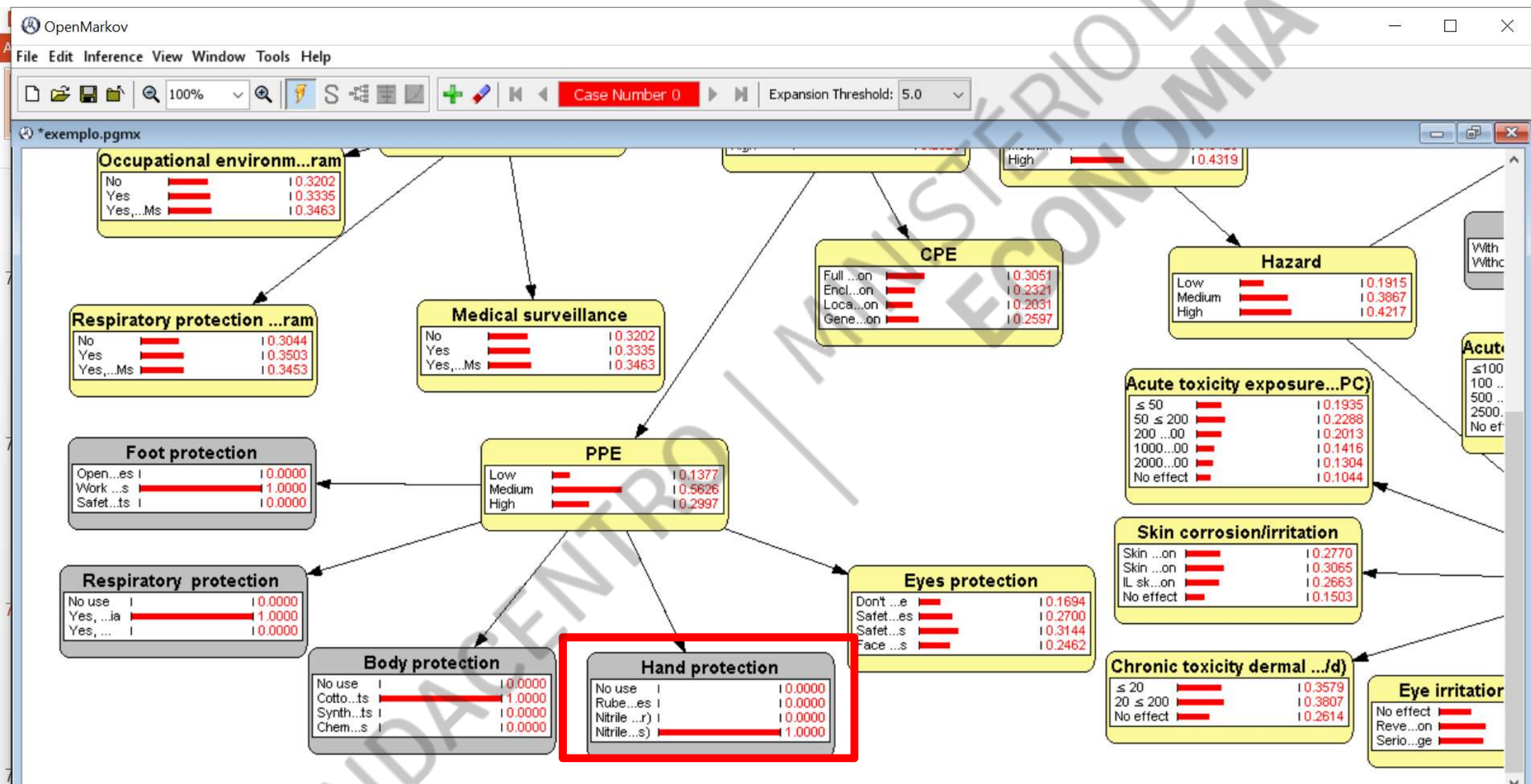
MEDIDAS DE CONTROLE ADOTADAS

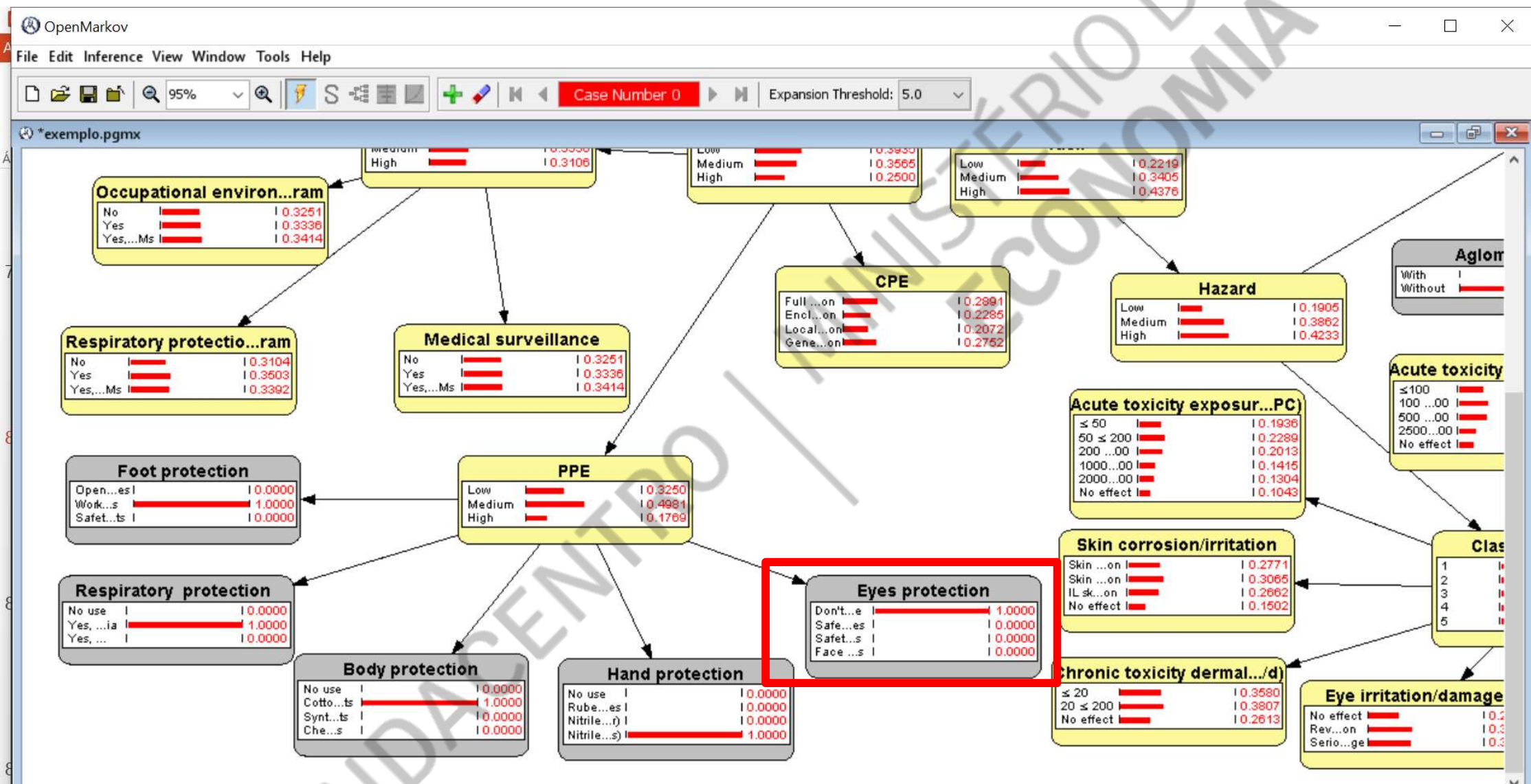
EPI



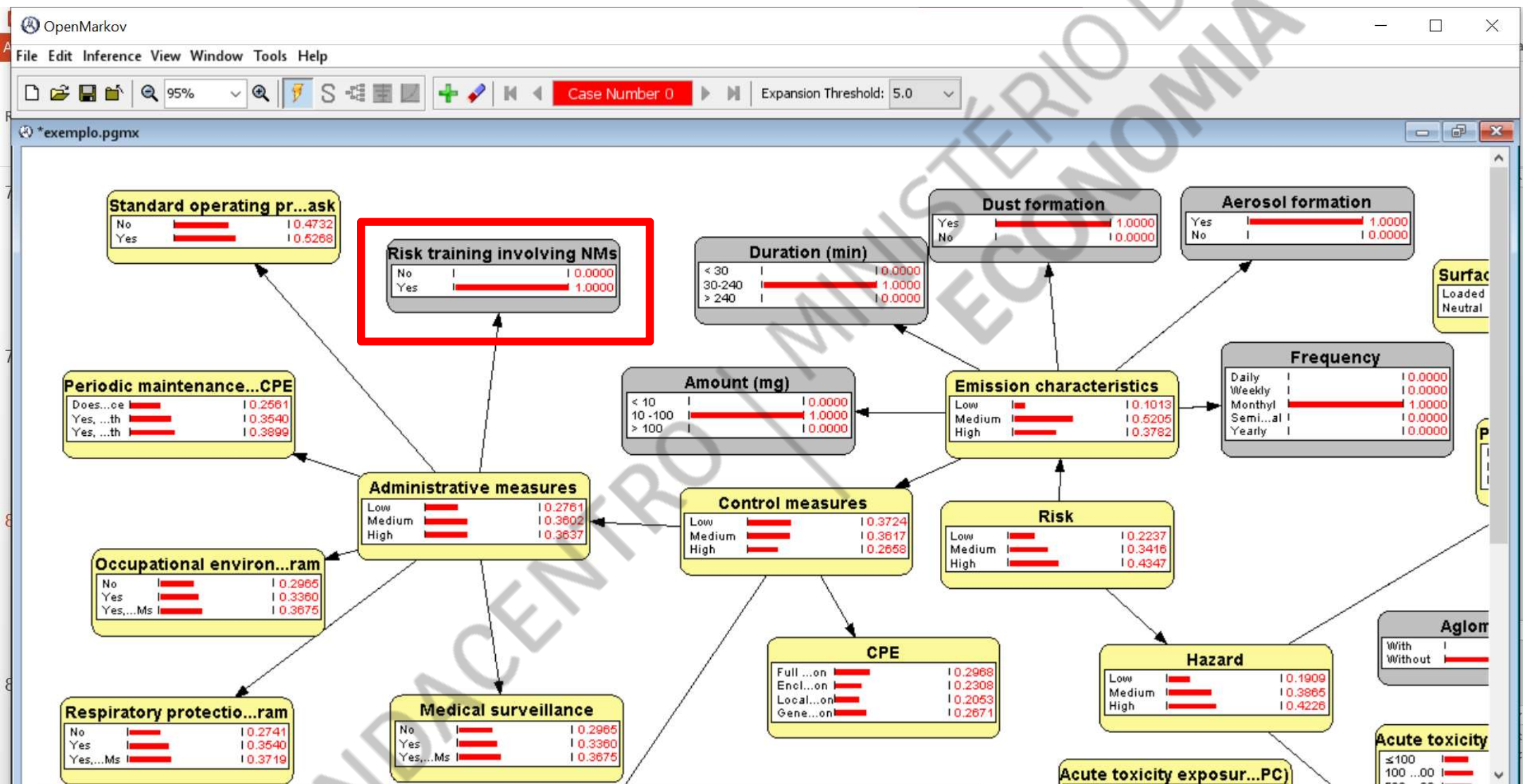


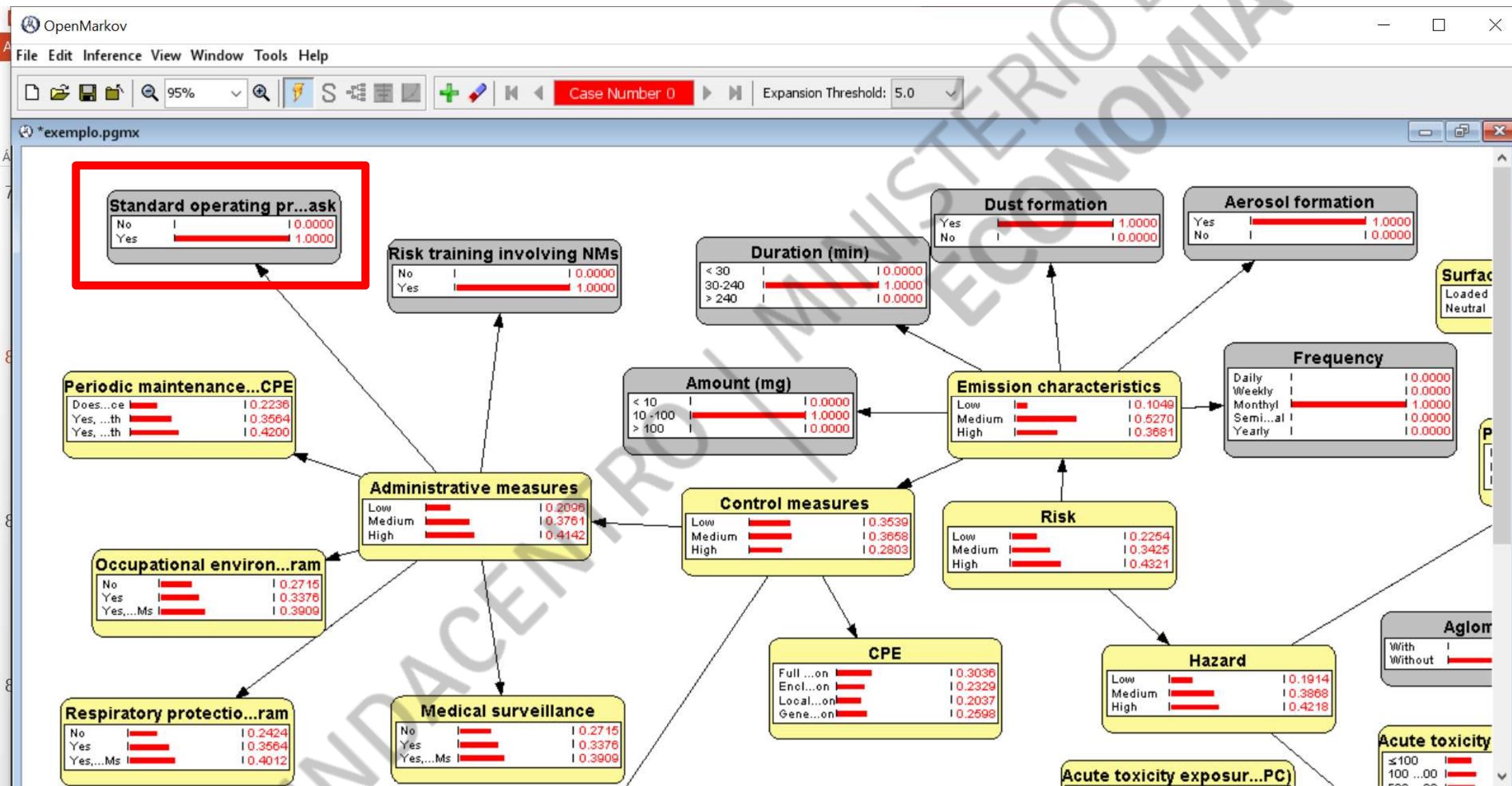


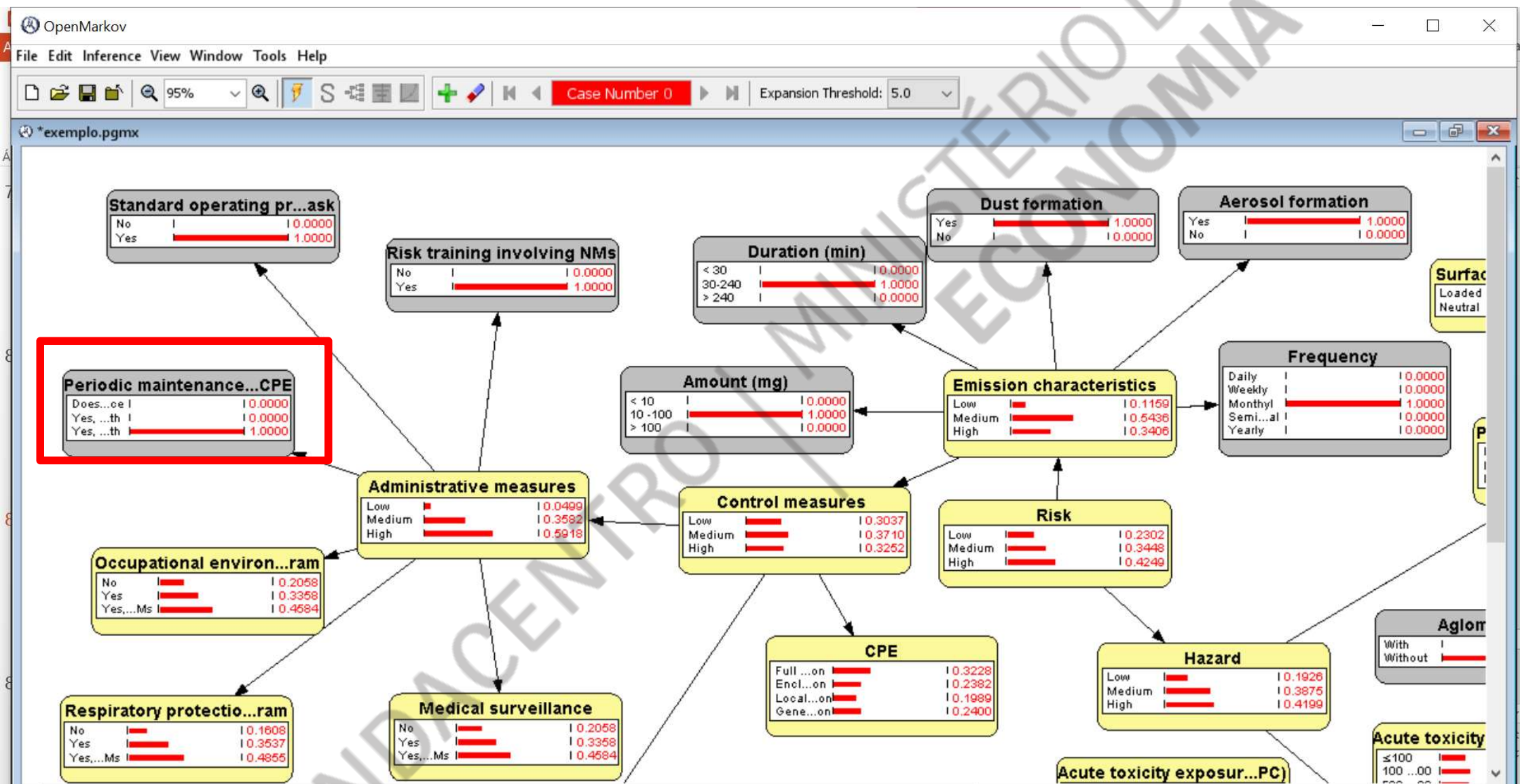


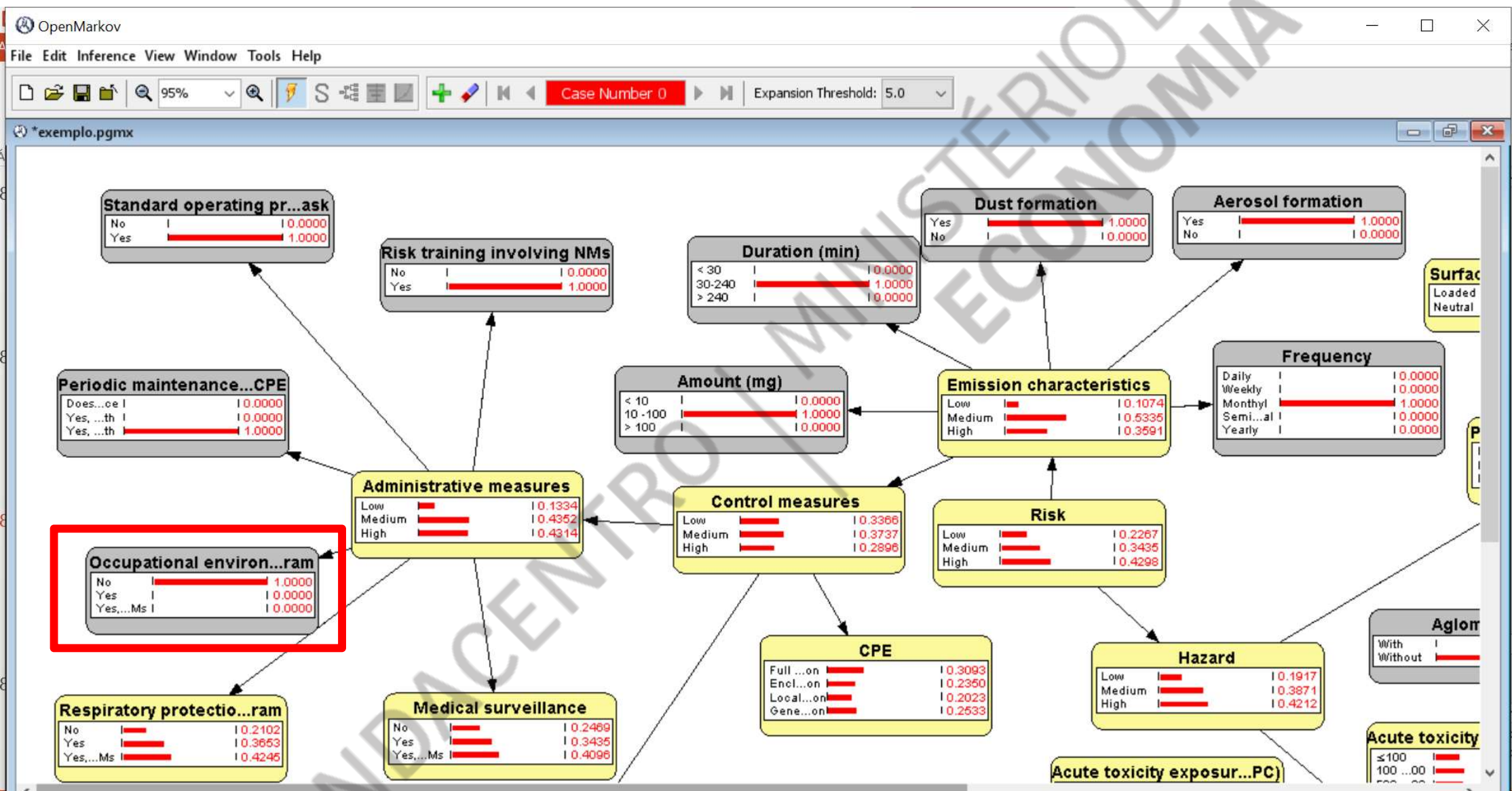


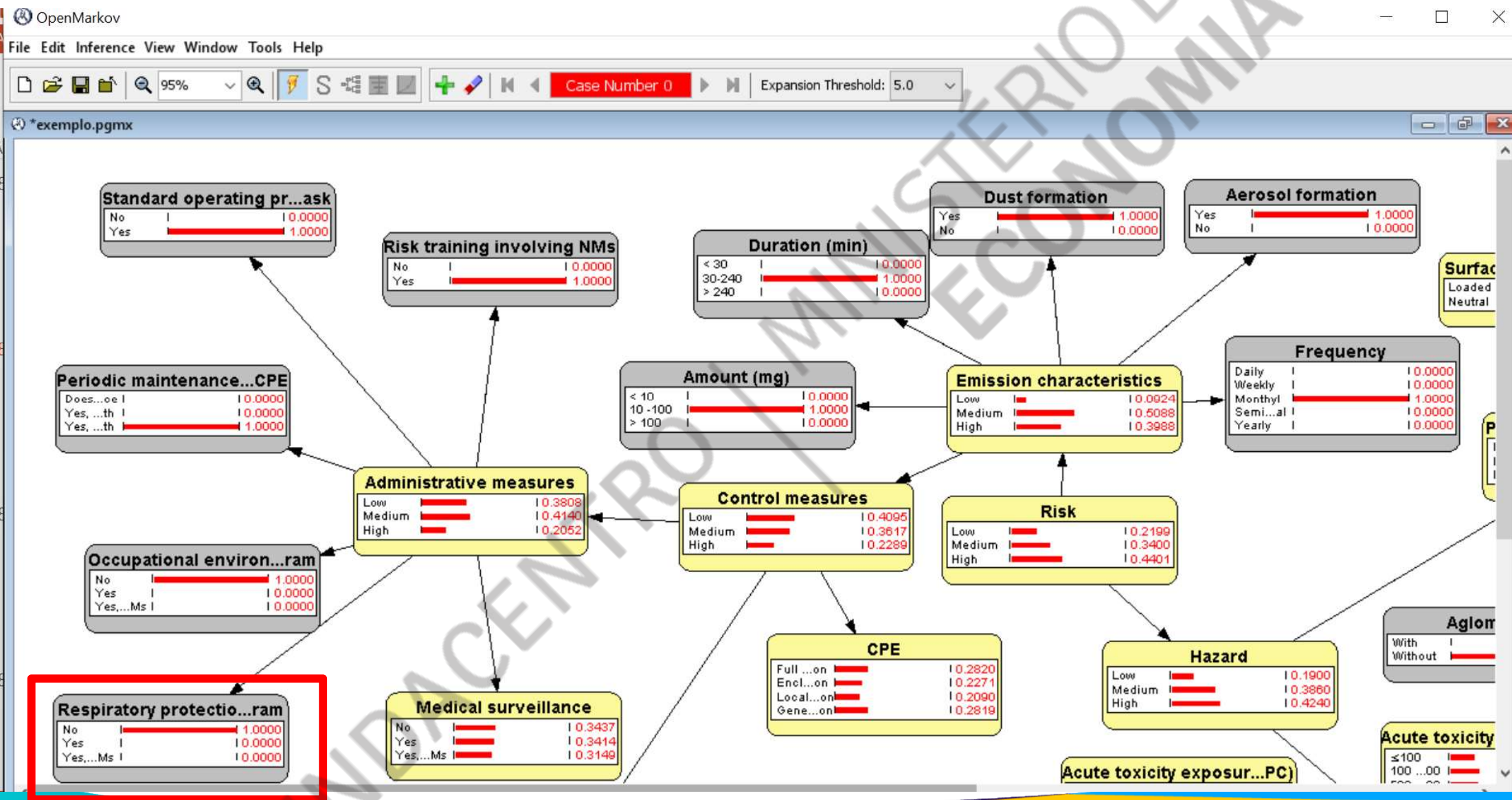
Medidas administrativas

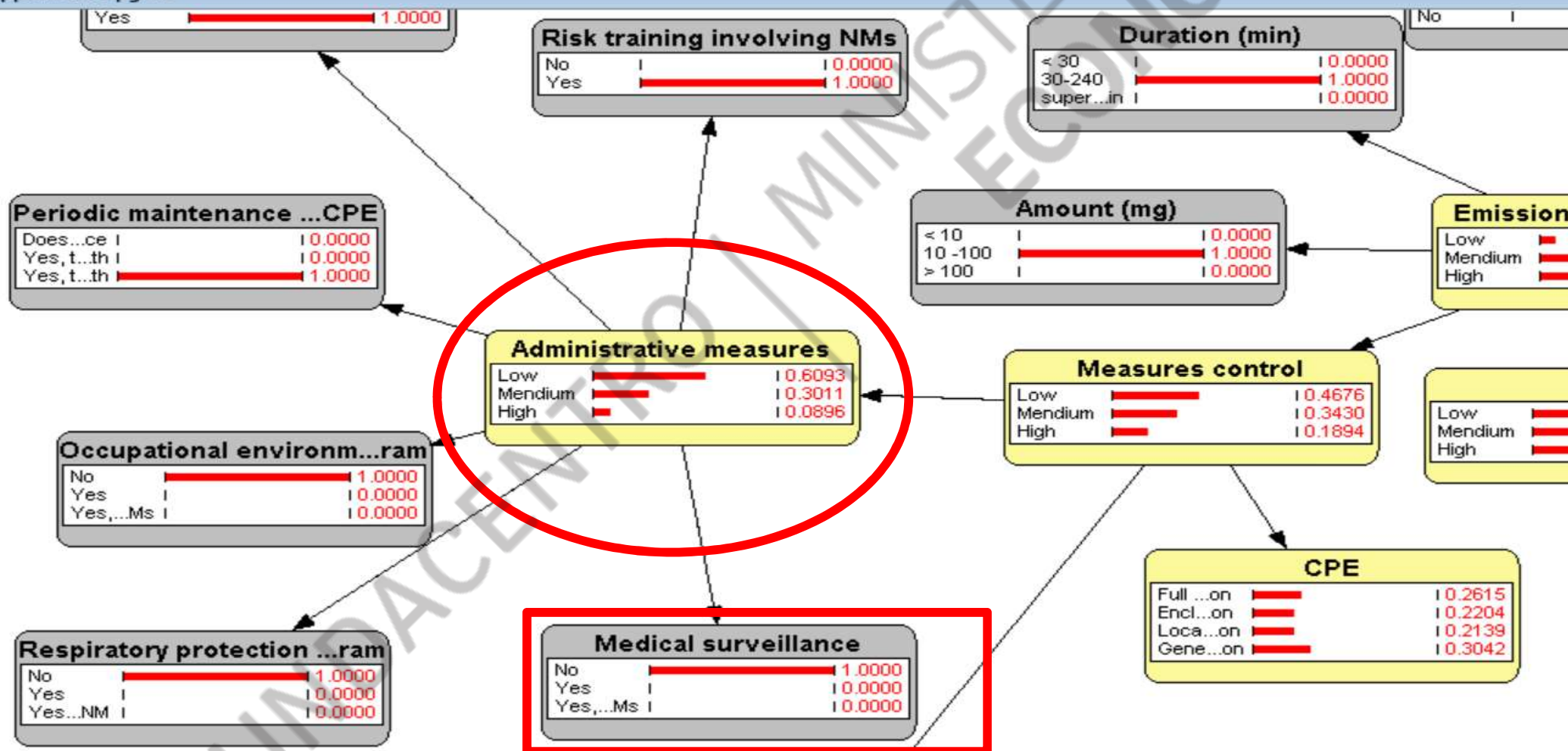




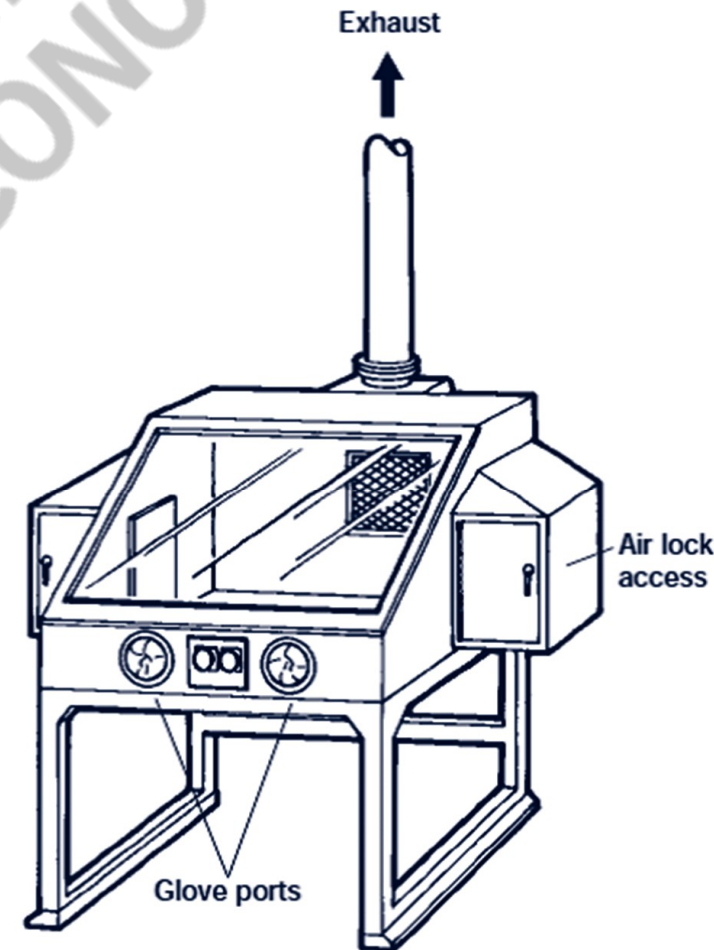


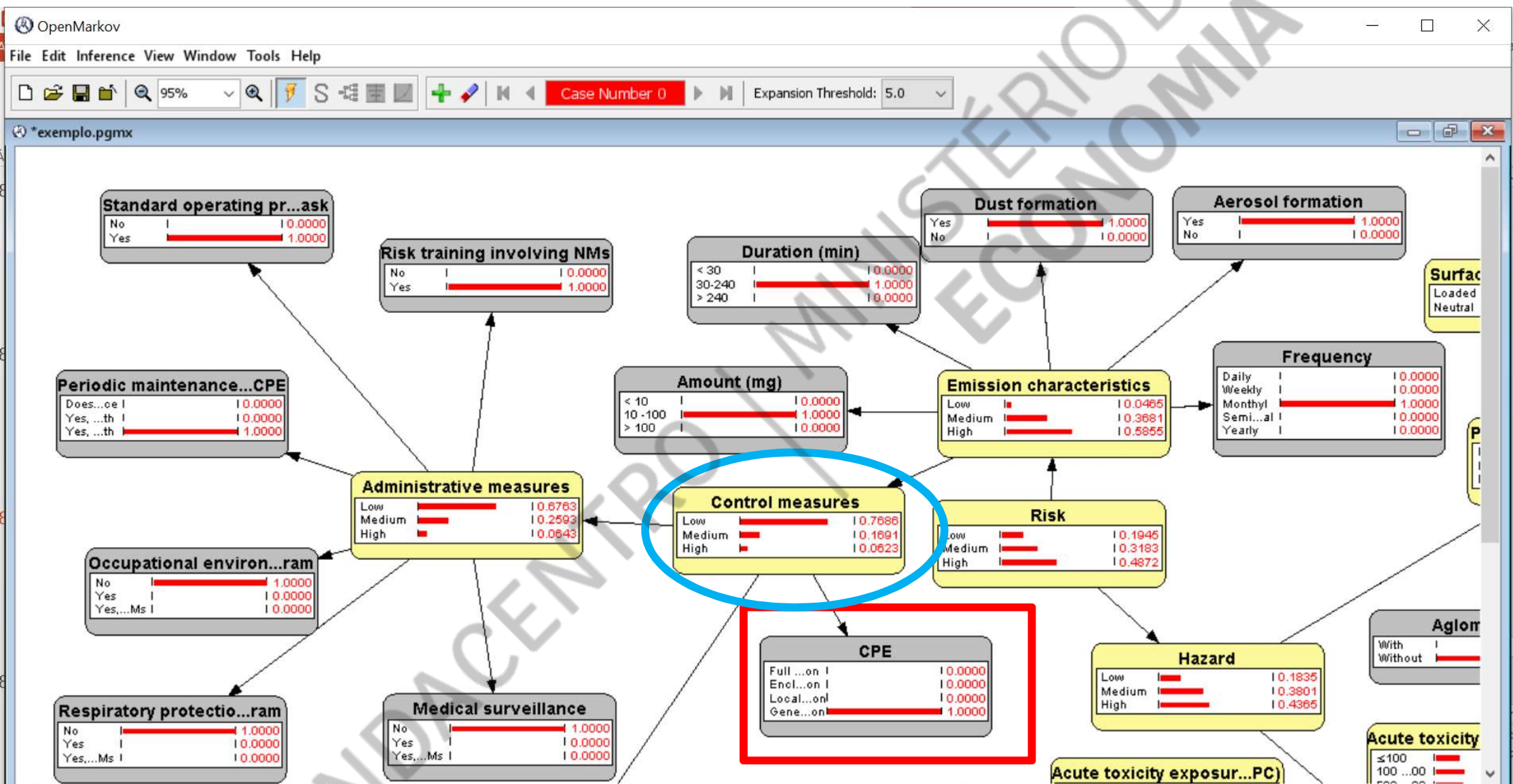


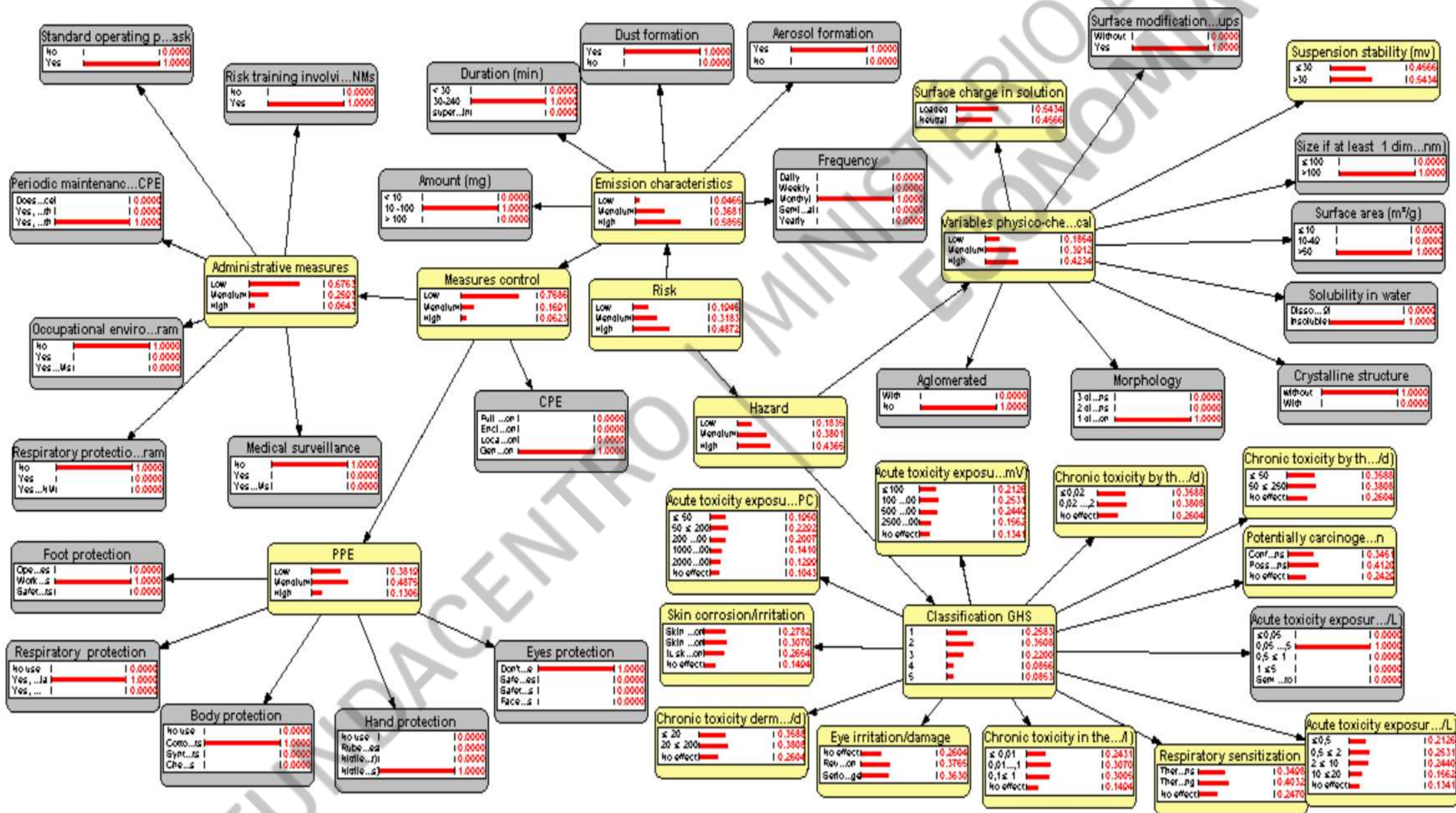




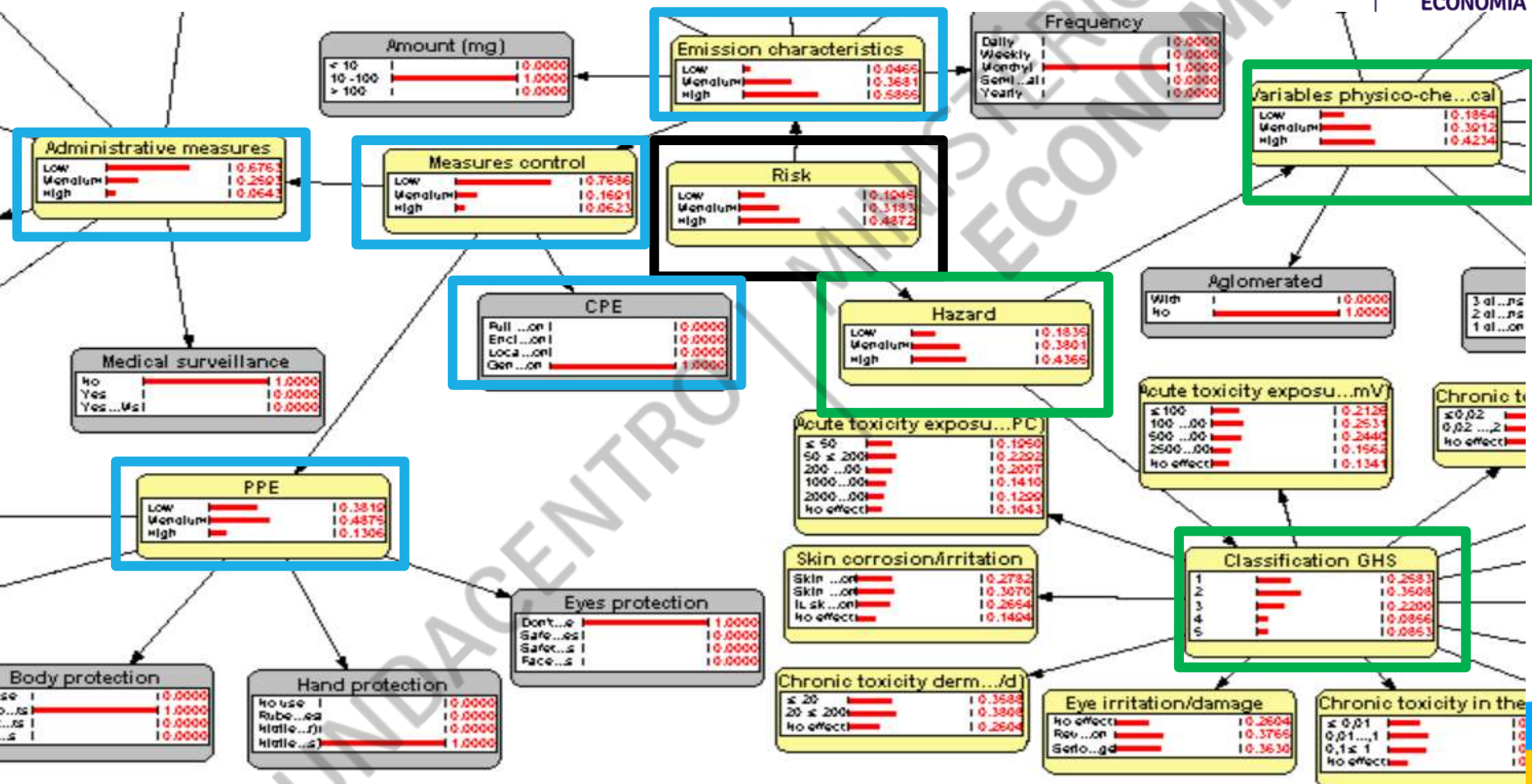
EPC





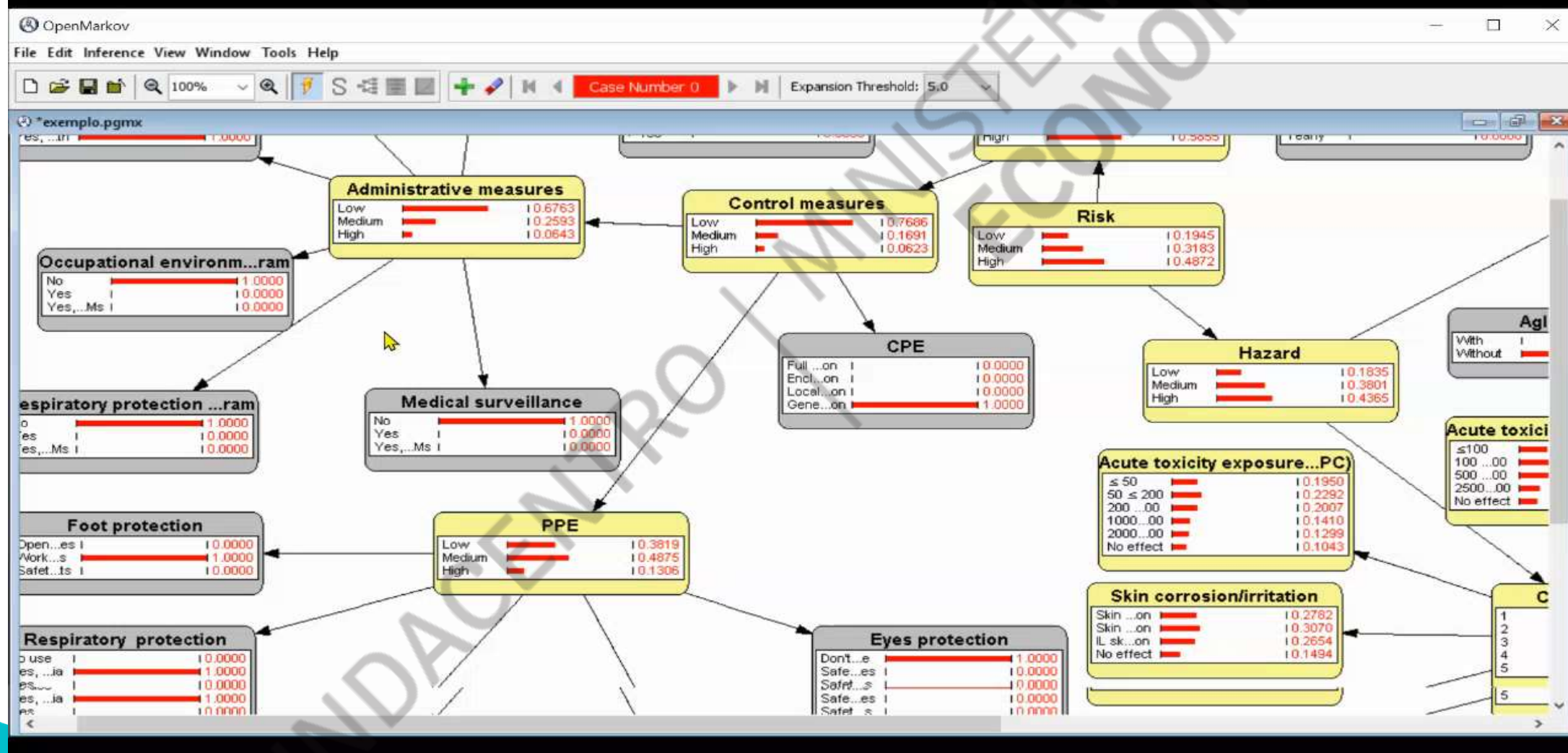


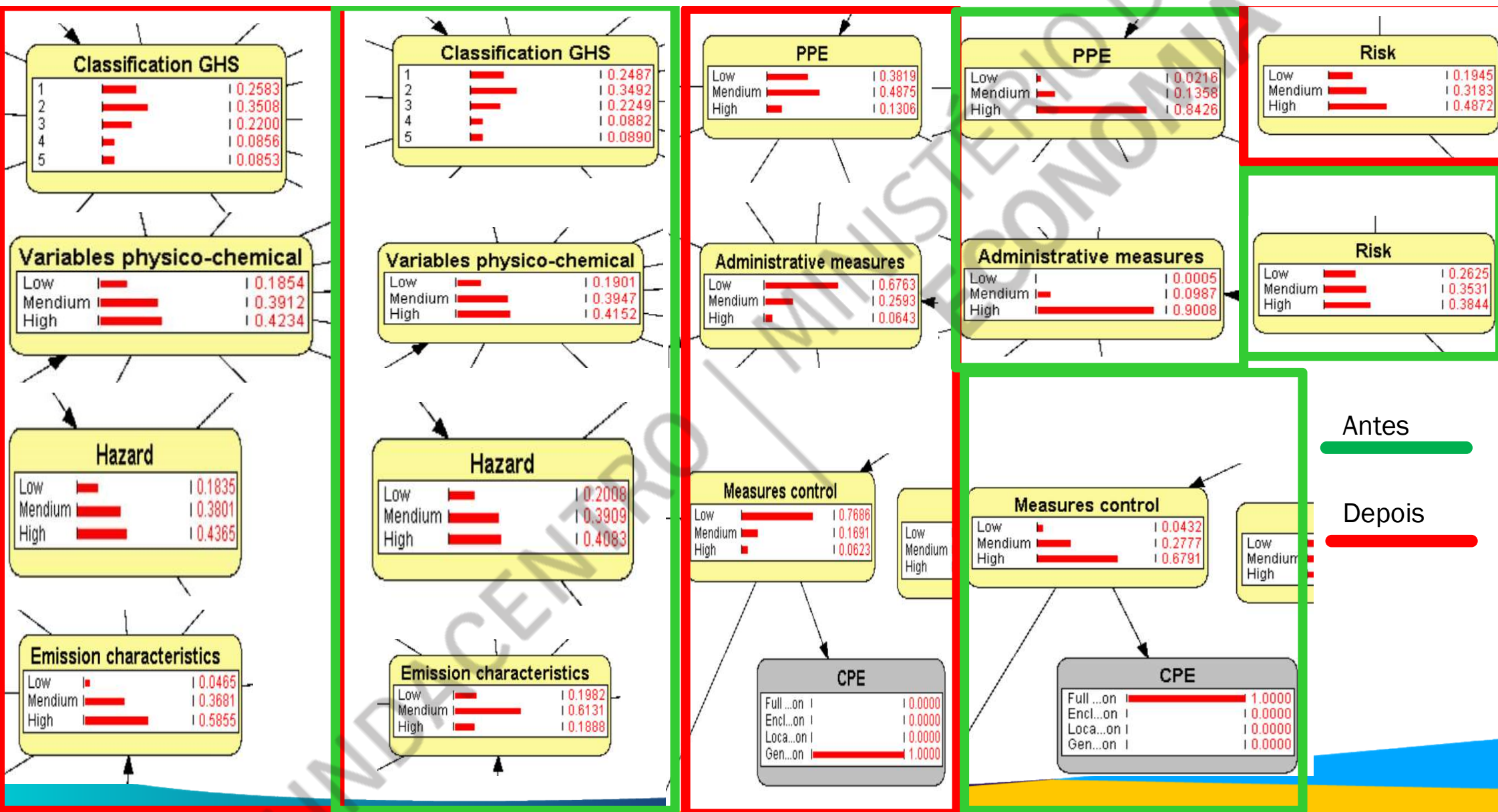
Resultados



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 , **NÃO** temos ainda um método perfeito.

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

4ª 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@fundacentro.gov.br

