

Seminario:
MACBETH
Método, software y aplicaciones

Carlos A. Bana e Costa
IST / LSE

Madrid, 5 de marzo de 2010

<http://web.ist.utl.pt/carlosbana>



carlosbana@ist.utl.pt

c.bana@lse.ac.uk

Tel: +351 91 7888995

Carlos António Bana e Costa

[Home](#)

[Papers](#)

[Lectures](#)

[Research](#)

[Consulting](#)

[Contacts](#)

Professor of Decision and Information



DEG - Department of Engineering and Management

CEG-IST - Centre for Management Studies of IST

IST - Instituto Superior Técnico (School of Engineering of UTL)

UTL - Technical University of Lisbon

.....

Visiting Professor of Decision Sciences



LSE - London School of Economics and Political Science

Department of Management, Operational Research Group

.....



Co-author of the MACBETH Approach

BANA Consulting

Agenda

- Problemáticas
- Trampas más comunes
- El método MACBETH
- El caso REN
- El software M-MACBETH
- Discusión

Problemáticas



Problemática de la Toma de Decisiones (*decision-making*)

- **Complejidad + Incertidumbre**
⇒ **Inconsistencia**



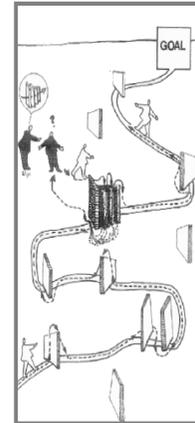
Indeed, our research over the past several years strongly suggests that, simply put, most leaders get decision making all wrong

D. Garvin & M. Roberto, HBR 2001
What you don't know about making decisions



*A major study of the behavior of 165 top executives in six companies reveals **decision-making weaknesses** which all management groups have in **some degree***

Chris Argyris, HBR 2001
Interpersonal barriers to decision making



Problemática del Apoyo a la Decisión (*decision-aiding*)

- **Facilitar el proceso de decisión aplicando métodos de Análisis de Decisiones...**

...Siguiendo un principio constructivista en el que el problema y la solución pertenecen al decisor y no al consultor

Edgar H Schein, 1999
Process Consultation Revisited: Building the Helping Relationship



Dear Sir,
*In the affair of so much importance to you, wherein you ask my advice, **I cannot ... advise you what to determine, but if you please I will tell you how***

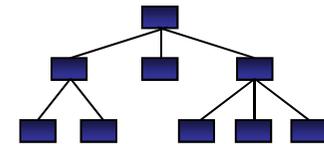


Benjamin Franklin
*Carta a Joseph Priestly, 1772
Moral and Prudential Algebra*

Trampas más comunes

- **Un método no es un decisor; los resultados de un modelo no son incuestionables.**

- Un indicador no es un criterio
- Medios no son fines; causas no son efectos
- Redundancia de criterios conduce a desajuste en los resultados
- Escases de datos sobre los desempeños en algún aspecto no implica que éste deba ser retirado del análisis



- Desempeño no es valor
- Subjetividad no es arbitrariedad



- **Atribuir pesos a los criterios sólo con base en la noción intuitiva de importancia relativa es el error crítico más común**
- Ordenar no es medir diferencia de valor; decir que A es mejor que B no permite concluir si A es poco o mucho mejor que B
- Sumar valores (puntuaciones) ordinales produce resultados globales arbitrarios

¿Evaluación relativa, evaluación absoluta o ambas? ¿Evaluación ordinal o cardinal?

Ejemplo: Evaluación de tres proyectos B1, B2 y B3

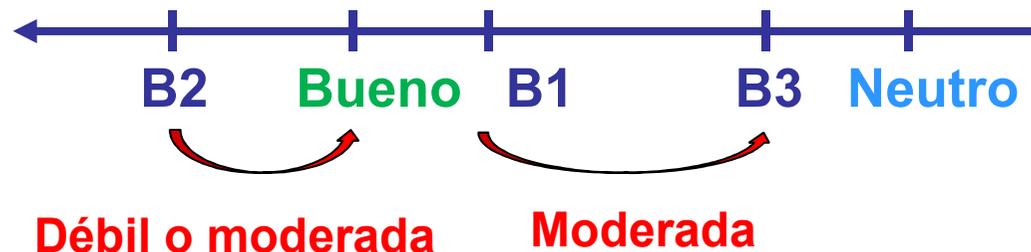
- **Evaluación relativa:** Queremos escojer el mejor o queremos ordenar los proyectos \Rightarrow Comparamos los proyectos entre si.

B2 preferible a B1 preferible a B3

- **Evaluación absoluta:** Queremos saber si los proyectos son suficientemente buenos \Rightarrow Comparamos cada proyecto com referencias de valor intrínseco

B2 \rightarrow Bueno \rightarrow B1 \rightarrow B3 \rightarrow Neutro

- **Evaluación cardinal:** Queremos saber no solo si um proyecto es mejor que otro (evaluación ordinal), sino también cuán mejor es \Rightarrow Evaluamos la diferencia de atractivo entre ellos



MACBETH



MACBETH es una metodología de apoyo a la toma de decisiones que:

- ✓ Permite evaluar opciones en múltiples criterios.
- ✓ Requiere únicamente juicios cualitativos sobre las diferencias de atractivo...

... para generar puntuaciones para las opciones en cada criterio y pesos para los criterios.

- ✓ MACBETH utiliza siete categorías semánticas de diferencia de atractivo.

extrema
m. fuerte
fuerte
moderada
débil
muy débil
nula

De ahí el origen de la designación **MACBETH** (Medir el Atractivo a través de una Técnica de Evaluación Basada en Categorías).

Masuring
attractiveness by a
categorical
based
evaluation
technique

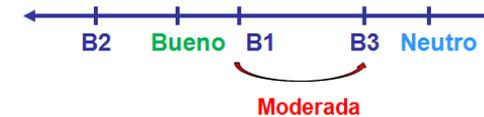
Juicios MACBETH

Comparación de los proyectos de dos en dos...

... evaluando cualitativamente la diferencia de atractivo entre ellos...

extrema
m. fuerte
fuerte
moderada
débil
muy débil
nula

... escogiendo una de las categorías MACBETH (por ejemplo: diferencia 'moderada' entre B1 y B3)...



... o una secuencia de categorías en caso de duda o desacuerdo (por ejemplo: diferencia 'débil o moderada' entre B2 y Neutro)



Cada vez que se expresa un juicio, MACBETH comprueba la consistencia de todos los juicios emitidos

	B2	Bueno	B1	B3	Neutro	
B2	nula	deb-mod	?	?	m. fuerte	
Bueno		nula	muy débil	?	fuerte	
B1	?		nula	moderada	moderada	
B3	?	?		nula	débil	
Neutro					nula	

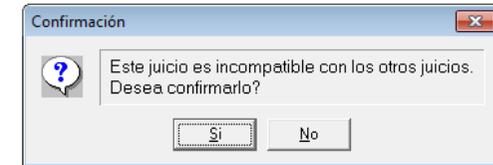
Juicios consistentes

Resolución de inconsistencias

En caso de inconsistencia...

	B2	Bueno	B1	B3	Neutro	extrema
B2	nula	deb-mod	?	?	m. fuerte	m. fuerte
Bueno		nula	muy débil	fuerte	fuerte	fuerte
B1	?		nula	moderada	moderada	moderada
B3	?			nula	débil	débil
Neutro					nula	nula

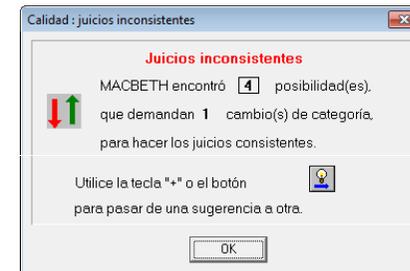
Juicios inconsistentes



... se presentan sugerencias para la revisión de los juicios...

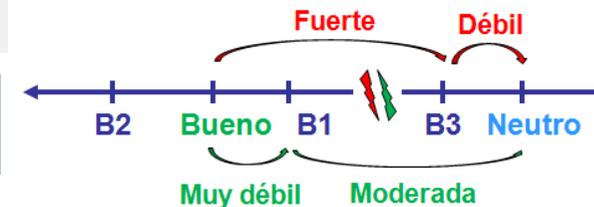
	B2	Bueno	B1	B3	Neutro	
B2	nula	deb-mod	?	?	m. fuerte	
Bueno		nula	↑ muy débil	↓ fuerte	fuerte	
B1	?		nula	moderada	↑ moderada	
B3	?			nula	↓ débil	
Neutro					nula	

Juicios inconsistentes
Sugerencia 1 de 4 : 1 modificación(es)



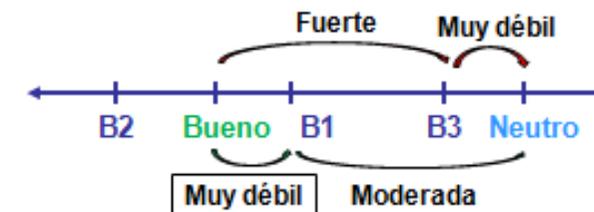
... para resolver la inconsistencia

Problemas	Dif.	Pares	Pares	Dif.
1	fuerte débil	Bueno - B3 B3 - Neutro	> B1 - Neutro ≥ Bueno - B1	moderada muy débil



	B2	Bueno	B1	B3	Neutro	extrema
B2	nula	deb-mod	?	?	m. fuerte	m. fuerte
Bueno		nula	muy débil	fuerte	fuerte	fuerte
B1	?		nula	moderada	moderada	moderada
B3	?			nula	muy débil	débil
Neutro					nula	nula

Juicios consistentes



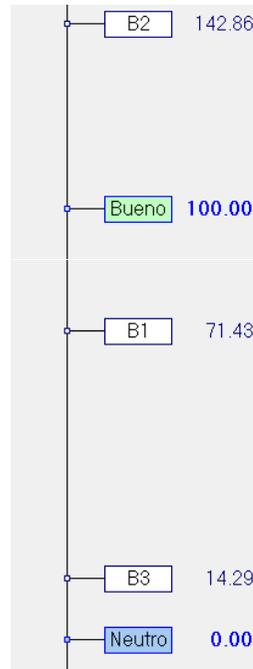
Escala de puntuación

A partir de un conjunto consistente de juicios cualitativos...

... se genera la escala básica MACBETH de puntuación.

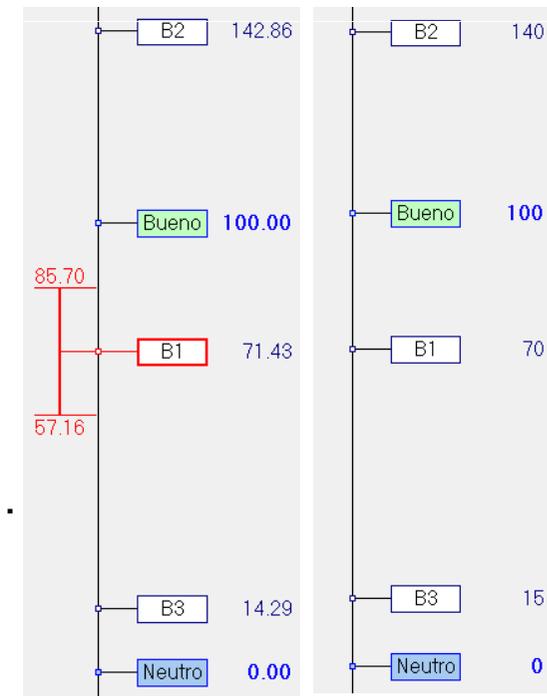
	Escala actual	MACBETH anclada	MACBETH de base
B2	142.86	142.86	10.00
Bueno	100.00	100.00	7.00
B1	71.43	71.43	5.00
B3	14.29	14.29	1.00
Neutro	0.00	0.00	0.00

0 nula	0.00
1 muy débil	15.00 • 30.00
2 débil	•
3 moderada	35.00 • 70.00
4 fuerte	85.00 • 125.00
5 m. fuerte	140.00 • 140.00



	B2	Bueno	B1	B3	Neutro
B2	nula	deb-mod	moderada	fuerte	m. fuerte
Bueno		nula	muy débil	fuerte	fuerte
B1			nula	moderada	moderada
B3				nula	muy débil
Neutro					nula

Juicios consistentes



Cada puntuación debe ser validada y puede ser ajustada...
... dentro de un intervalo compatible con los juicios...

... para construir una escala de intervalos.

El Sistema de Apoyo a la Decisión M-MACBETH

M - M A C B E T H

M-MACBETH : D:\7 - Inovação no Apoio à Decisão\REN\linhasNovasDia22_ComNiveisIntermediosComCusto.mcb

Ficheiro Opções Ponderação Janelas Personalizar Ajuda

125%

Árvore

AVALIAÇÃO DE PROPOSTAS PARA A CONSTRUÇÃO DE LINHAS NOVAS

- Custo**
- Benefícios**
 - Condicionais ao fornecimento
 - Mais-valias
 - Plano de equipamentos
 - Metodologia e pontos críticos para execução
 - Plano de mão-de-obra
 - Programa de execução

Termómetro global

- Bom em tudo 100.00
- Prop2 72.12
- Prop4 63.79
- Prop3 56.01
- Prop5 12.96
- Prop1 3.59
- Neutro em tudo 0.00

Tabela de performances

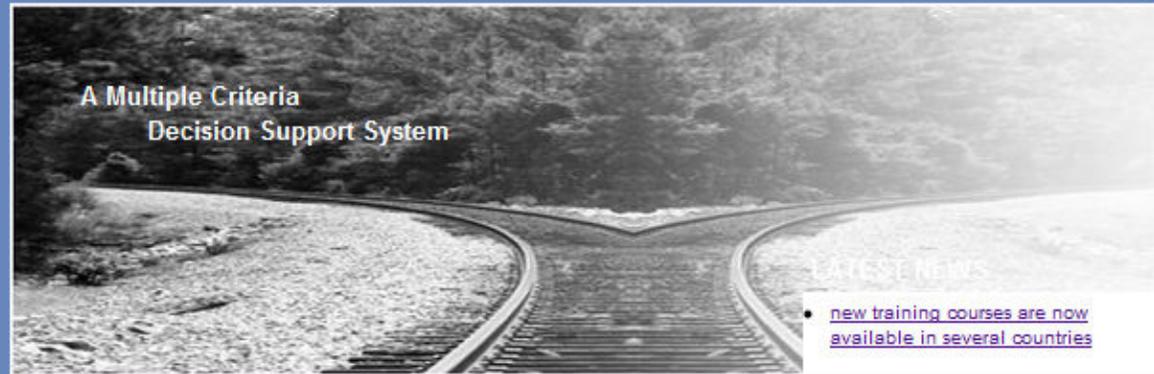
Opções	Custo	CondForn	Mais-valias	PlanoEq	MPCE	Plano M-O	ProgExec
Prop1	1.21	N1=Bom	N2=Bom	N1	N5=Neutro	N6	N4
Prop2	1.15	N3	N1	N2=Bom	N2=Bom	N1	N2
Prop3	1.13	N2=Neutro	N4=Neutro	N5	N5=Neutro	N4	N3=Neutro
Prop4	1.16	N4	N3	N2++	N1	N2=Bom	N1=Bom
Prop5	1.23	N1=Bom	N1	N3	N2=Bom	N1	N3=Neutro

Tabela de pontuações

Opções	Global	Custo	CondForn	Mais-valias	PlanoEq	MPCE	Plano M-O	ProgExec
Bom em tudo	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Prop2	72.12	83.33	-166.67	120.00	100.00	100.00	133.33	50.00
Prop4	63.79	66.67	-233.33	20.00	130.00	127.00	100.00	100.00
Prop3	56.01	116.67	0.00	0.00	-70.00	0.00	22.22	0.00
Prop5	12.96	-50.00	100.00	120.00	45.00	100.00	133.33	0.00
Prop1	3.59	-16.67	100.00	100.00	145.00	0.00	-33.33	-33.33
Neutro em tudo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pesos :		0.5000	0.0650	0.0350	0.0650	0.1100	0.1000	0.1250

Bar Chart Data:

Opção	Valor
Custo	50.0
ProgExec	12.5
MPCE	11.0
Plano M-O	10.0
PlanoEq	6.5
CondForn	6.5
MaisValias	3.5



home

MACBETH (Measuring Attractiveness by a Categorical Based Evaluation Technique) is an interactive approach that requires only qualitative judgements about differences to help a decision maker or a decision-advising group quantify the relative attractiveness of options. It employs an initial, interactive, questioning procedure that compares two elements at a time, requesting only a qualitative preference judgement.

As judgements are entered into the software, it automatically verifies their consistency. A numerical scale is generated that is entirely consistent with all the decision maker's judgements. Through a similar process weights are generated for criteria.

The M-MACBETH software provides tools to facilitate:

- Complete model structuring
- Management of complex problems involving qualitative value scores and weights
- Interactive sensitivity and robustness analyses

the designers of MACBETH are:

Carlos Bana e Costa
Technical University of

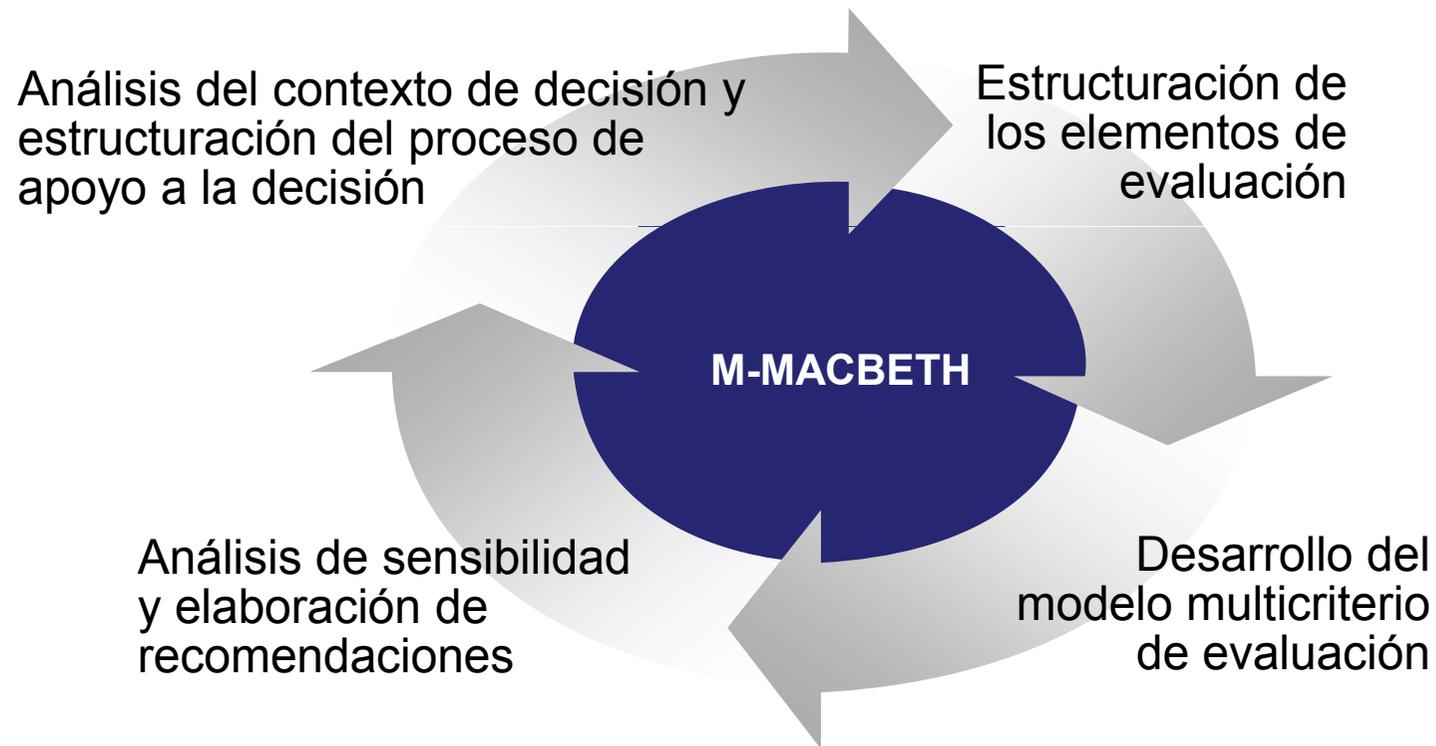
Jean Marie De Corte
University of Mons

Jean-Claude Vansnick
University of Mons

Applications

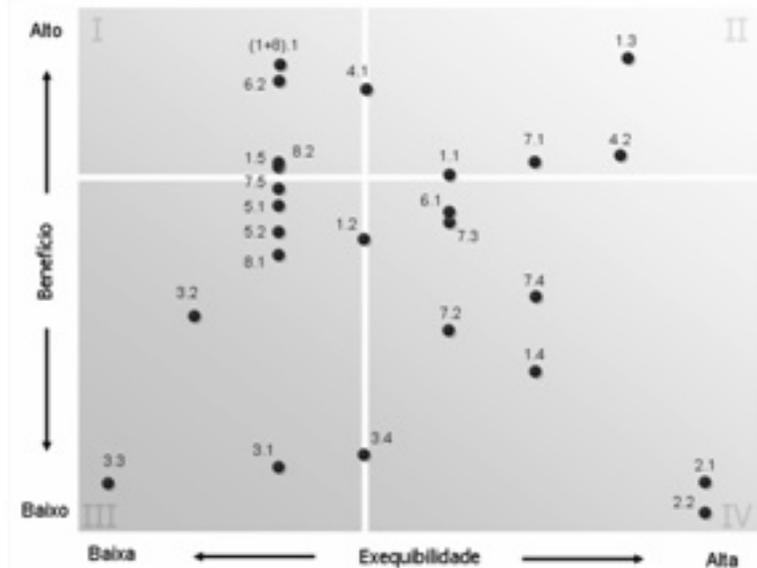
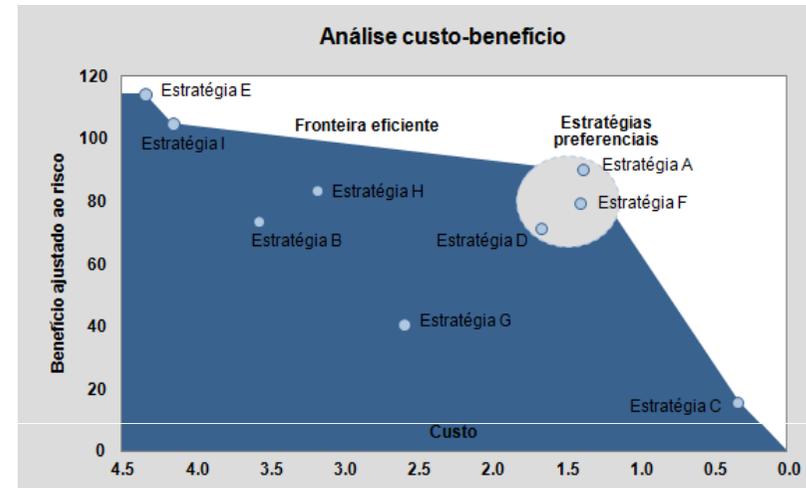
- Strategic plan development
- Resource allocation
- Alternative site location comparison for major infrastructures
- Participative evaluation of Social, economic and environmental impacts for major infrastructures
- Horizontal and vertical conflict resolution in the implementation of public policies.
- Cost, Benefit and risk analysis of projects and programs
- Performance evaluation for employees
- Performance evaluation for suppliers
- Public call for tenders' evaluation
- Development of risk models and scenario analysis

Fases del proceso MACBETH de apoyo a la decisión



Aplicaciones MACBETH

- Evaluación de propuestas en concursos públicos
- Evaluación de proyectos, políticas y estrategias
- Priorización de proyectos
- Asignación de recursos
- Análisis de riesgo
- Evaluación del desempeño de equipos
proveedores
personal civil
militares
- Localización de infraestructuras
- ...



Desarrollo del proceso socio-tecnico de evaluación

Conferencia de Decisión

**Evaluación y aprendizaje en grupo;
interactividad**



El programa lineal para determinar la Escala Básica MACBETH

- Sea A un conjunto finito de $n > 2$ estímulos (opciones reales – proyectos, etc.; o ficticias: niveles de desempeño, etc.) que designaremos genéricamente por opciones, en que:

la opción a^+ es tanto o más atractiva que cualquier otra opción y la opción a^- es tanto o menos atractiva que cualquier otra opción.

- Asumamos que el evaluador emite un conjunto de juicios utilizando para ello las siete categorías semánticas MACBETH (C_k , $k=0, \dots, 6$) de diferencia de atractivo:

extrema
m. fuerte
fuerte
moderada
débil
muy débil
nula

C_6
 C_5
 C_4
 C_3
 C_2
 C_1
 C_0

- La comparación entre dos opciones cualesquiera a y b de A , tal que a es al menos tan atractiva como b , será denotada:
 - $(a,b) \in C_k$ ($k=0, \dots, 6$) cuando la diferencia de atractivo entre a y b sea asignada a una única categoría C_k

Ejemplo 1

Juicios del evaluador

	B2	Bueno	B1	B3	Neutro
B2	nula	débil	moderada	fuerte	m. fuerte
Bueno		nula	muy débil	fuerte	fuerte
B1			nula	moderada	moderada
B3				nula	muy débil
Neutro					nula

extrema	C_6
m. fuerte	C_5
fuerte	C_4
moderada	C_3
débil	C_2
muy débil	C_1
nula	C_0

$(\text{Bueno}, B1) \in C_1 ; (B3, \text{Neutro}) \in C_1$

$(B2, \text{Bueno}) \in C_2$

$(B1, B3) \in C_3 ; (B2, B1) \in C_3 ; (B1, \text{Neutro}) \in C_3$

$(B2, B3) \in C_4 ; (\text{Bueno}, B3) \in C_4 ; (\text{Bueno}, \text{Neutro}) \in C_4$

$(B2, \text{Neutro}) \in C_5$

Formulación mas sencilla del problema lineal MACBETH

para el caso donde cada par de opciones es asignado a una única categoría C_k ($k=0, \dots, 6$)

La Escala Básica MACBETH correspondiente al conjunto de juicios emitidos por un evaluador puede obtenerse a través del siguiente programa lineal, donde $v(a)$ representa la puntuación asignada a la opción a :

Min $[v(a^+) - v(a^-)]$ (Deseamos que los juicios de una misma categoría sean tan cercanos uno de otro como sea posible. Para ello, minimizamos la suma de todas las diferencias de valor, es decir, la máxima diferencia de valor entre dos opciones.

Sujeto a:

1. $v(a^-) = 0$ (asignación arbitraria)
2. $\forall (a, b) \in C_0: v(a) - v(b) = 0$
3. $\forall (a, b) \in C_k$ con $k \in \{1, 2, 3, 4, 5, 6\} : v(a) - v(b) \geq k$
4. $\forall (a, b) \in C_k$ y $\forall (c, d) \in C_{k'}$ con $k, k' \in \{1, 2, 3, 4, 5, 6\}$ y $k > k'$:
 $[v(x) - v(y)] - [v(w) - v(z)] \geq k - k'$.

Cuando el problema es infactible, el conjunto de juicios es inconsistente.

Ejemplo 1

	B2	Bueno	B1	B3	Neutro
B2	nula	débil	moderada	fuerte	m. fuerte
Bueno		nula	muy débil	fuerte	fuerte
B1			nula	moderada	moderada
B3				nula	muy débil
Neutro					nula

Restricciones:

1) y 2)

$$v(B2) > v(\text{Bueno}) > v(B1) > v(B3) > v(\text{Neutro}) = 0$$

3)

$$(Bueno, B1) \in C_1 \quad v(\text{Bueno}) - v(B1) \geq 1$$

$$(B3, \text{Neutro}) \in C_1 \quad v(B3) - v(\text{Neutro}) \geq 1$$

$$(B2, \text{Bueno}) \in C_2 \quad v(B2) - v(\text{Bueno}) \geq 2$$

$$(B1, B3) \in C_3 \quad v(B1) - v(B3) \geq 3$$

$$(B2, B1) \in C_3 \quad v(B2) - v(B1) \geq 3$$

$$(B1, \text{Neutro}) \in C_3 \quad v(B1) - v(\text{Neutro}) \geq 3$$

$$(B2, B3) \in C_4 \quad v(B2) - v(B3) \geq 4$$

$$(Bueno, B3) \in C_4 \quad v(\text{Bueno}) - v(B3) \geq 4$$

$$(Bueno, \text{Neutro}) \in C_4 \quad v(\text{Bueno}) - v(\text{Neutro}) \geq 4$$

$$(B2, \text{Neutro}) \in C_5 \quad v(B2) - v(\text{Neutro}) \geq 5$$

4) Por ejemplo:

$$[v(B2) - v(\text{Neutro})] - [v(B2) - v(\text{Bueno})] \geq 5 - 3 = 2$$

$$\text{o } [v(B1) - v(B3)] - [v(B2) - v(\text{Bueno})] \geq 3 - 2 = 1$$

Ejemplo 1

Escala Básica MACBETH

$$v(B2) = 10$$

$$v(\text{Bueno}) = 7$$

$$v(B1) = 5$$

$$v(B3) = 1$$

$$v(\text{Neutro}) = 0$$

	B2	Bueno	B1	B3	Neutro	Escala actual
B2	nula 0	débil 3	moderada 5	fuerte 9	m. fuerte 10	10
Bueno		nula 0	muy débil 2	fuerte 6	fuerte 7	7
B1			nula 0	moderada 4	moderada 5	5
B3				nula 0	muy débil 1	1
Neutro					nula 0	0

Juicios consistentes

Categorías

0 nula	0.00
1 muy débil	1.00 — 2.00
2 débil	3.00 — 3.00
3 moderada	4.00 — 5.00
4 fuerte	6.00 — 9.00
5 m. fuerte	10.00 — 10.00

Cuando el problema es factible,
la solución óptima no es necesariamente única,
lo que significa que puede existir más de una puntuación
para al menos un nivel $x \in X \setminus \{x^-, x^+\}$.

Para poder proponer una Escala Básica MACBETH que sea única,
MACBETH toma el promedio de las soluciones del programa lineal.

Ejemplo

(en Bana e Costa, C.A., De Corte, J.M., Vansnick, J.C. (2005):
On the mathematical foundations of MACBETH)

	a1	a2	a3	a4	a5	a6		Macbeth basic
a1	no	very weak	weak	moderate	moderate	strong	a1	8.00
a2		no	very weak	moderate	moderate	moderate	a2	6.50
a3			no	weak	moderate	moderate	a3	5.00
a4				no	very weak	very weak	a4	2.00
a5					no	very weak	a5	1.00
a6						no	a6	0.00

Figure 10.5. Matrix of judgements and basic MACBETH scale.

Soluciones óptimas múltiples: $\forall x \in [6, 7], (8, x, 5, 2, 1, 0)$

Escala Básica MACBETH: $(8, 6.5, 5, 2, 1, 0)$

Formulación mas general del problema lineal MACBETH

- Cuando exista indecisión o conflicto en la emisión de los juicios, es decir, cuando la diferencia de atractivo entre a y b sea asignada a varias categorías, digamos de C_i a C_s , la comparación entre dos opciones cualesquiera a y b de A, tal que a es al menos tan atractiva como b, será denotada :
 - $(a,b) \in C_i \cup \dots \cup C_s$ ($i,s = 1, \dots, 6$ con $i < s$).

La Escala Básica MACBETH correspondiente al conjunto de juicios emitidos por un evaluador puede obtenerse a través del siguiente programa lineal, donde $v(a)$ representa la puntuación asignada a la opción a:

Min $v(a^+)$.

Sujeto a:

1. $v(a^-) = 0$
2. $\forall (a,b) \in C_0: v(a) - v(b) = 0$
3. $\forall (a,b) \in C_i \cup \dots \cup C_s$ con $i,s \in \{1,2,3,4,5,6\}$ y $i \leq s: v(a) - v(b) \geq i$
4. $\forall (a,b) \in C_i \cup \dots \cup C_s$ y $\forall (c,d) \in C_{i'} \cup \dots \cup C_{s'}$ con $i,s,i',s' \in \{1,2,3,4,5,6\}$,
 $i \leq s, i' \leq s'$ y $i > s'$:
 $[v(a) - v(b)] - [v(c) - v(d)] \geq i - s'$.

Ejemplo 2

Juicios del evaluador

	B2	Bueno	B1	B3	Neutro
B2	nula	deb-mod	moderada	fuerte	m. fuerte
Bueno		nula	muy débil	fuerte	fuerte
B1			nula	moderada	moderada
B3				nula	muy débil
Neutro					nula

Juicios consistentes

extrema	C_6
m. fuerte	C_5
fuerte	C_4
moderada	C_3
débil	C_2
muy débil	C_1
nula	C_0

$(\text{Bueno}, B1) \in C_1 ; (B3, \text{Neutro}) \in C_1$

$(B2, \text{Bueno}) \in C_2 \cup C_3$

$(B1, B3) \in C_3 ; (B2, B1) \in C_3 ; (B1, \text{Neutro}) \in C_3$

$(B2, B3) \in C_4 ; (\text{Bueno}, B3) \in C_4 ; (\text{Bueno}, \text{Neutro}) \in C_4$

$(B2, \text{Neutro}) \in C_5$

Restricciones 4) Por ejemplo: $[v(B2)-v(\text{Neutro})] - [v(B2)-v(\text{Bueno})] \geq 5 - 3 = 2$

Más no mas ~~$[v(B1)-v(B3)] - [v(B2)-v(\text{Bueno})] \geq 3 - 2 = 1$~~

Formulación MACBETH con umbrales (categorías definidas como intervalos reales)

En

Bana e Costa, C.A., Lourenço, J.C., Chagas, M.P., Bana e Costa, J.C. (2008),
“Development of reusable bid evaluation models for the Portuguese Electric
Transmission Company”, *Decision Analysis*, 5, 1 (22-42).

Formulación con umbrales (categorías definidas como intervalos reales)

extreme
v. strong
strong
moderate
weak
very weak
no



si a y b son indiferentes (diferencia nula) :

$$v(a) - v(b) = 0$$

Si $(a, b) \in C_k$ y $(c, d) \in C_{k'}$ ($k > k'$) :

$$[v(a) - v(b)] > [v(c) - v(d)]$$

Esto es $[v(a) - v(b)] - [v(c) - v(d)] > 0$

“ó” $[v(a) - v(b)] - [v(c) - v(d)] \geq 1$

Nota sobre “ó”:

Existe una solución que respeta la desigualdad estricta si y sólo si

existe una solución que respeta la desigualdad no estricta

Formulación con umbrales (categorías definidas como intervalos reales)

extreme
v. strong
strong
moderate
weak
very weak
no



si a y b son indiferentes (diferencia nula) :

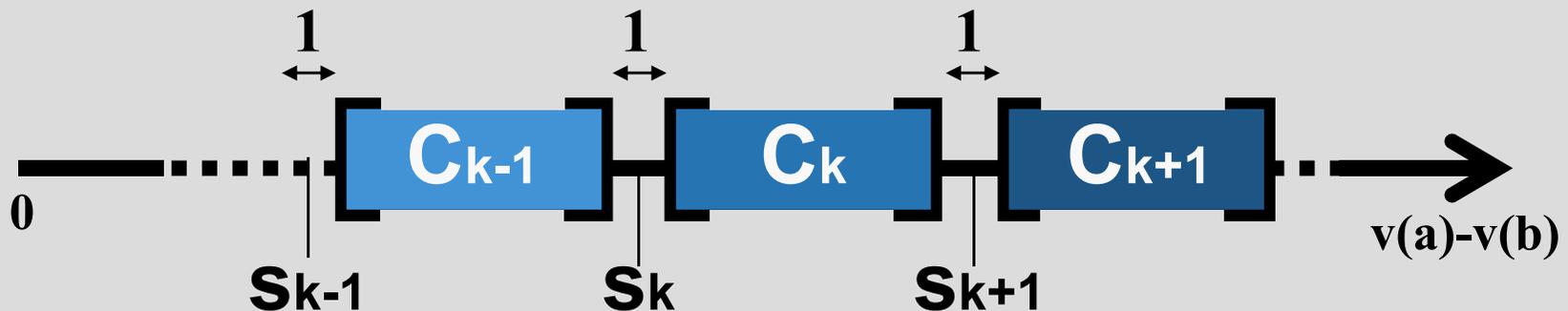
$$v(a) - v(b) = 0$$

Si $(a, b) \in C_k$ y $(c, d) \in C_{k'}$ ($k > k'$) :

$$[v(a) - v(b)] > [v(c) - v(d)]$$

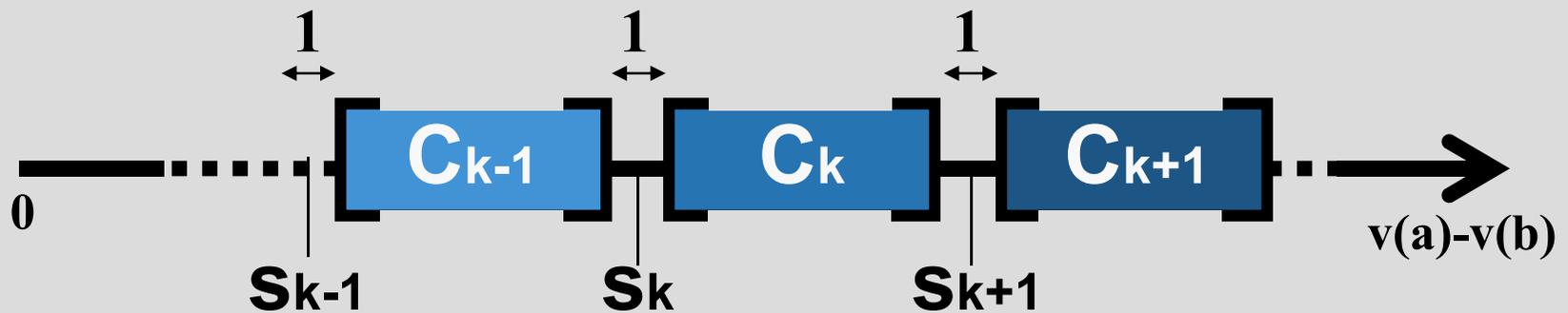
Esto es $[v(a) - v(b)] - [v(c) - v(d)] > 0$

“ó” $[v(a) - v(b)] - [v(c) - v(d)] \geq 1$



extreme
v. strong
strong
moderate
weak
very weak
no

Formulación con umbrales



$(a, b) \in C_k$ ($k = 1, \dots, 5$):

$$[v(a) - v(b)] \geq S_k + 1/2$$

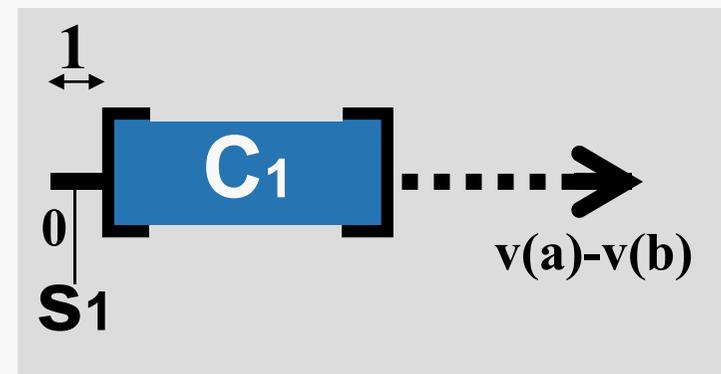
y $[v(a) - v(b)] \leq S_{k+1} - 1/2$

$(a, b) \in C_6$: $[v(a) - v(b)] \geq S_6 + 1/2$

Además $S_1 \geq 1/2$ porque:

Para $(a, b) \in C_1$:

$[v(a) - v(b)] \geq S_1 + 1/2$ y $v(a) - v(b) \geq 1$ implica $S_1 \geq 1/2$





Caso real de aplicación

Development of reusable bid evaluation models for the Portuguese Electric Transmission Company

Publicado em 2008: *Decision Analysis*, 5(1), 22-42.



Carlos A. Bana e Costa

CEG-IST, Centre for Management Studies of IST, Technical University of Lisbon,
Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisbon, Portugal, carlosbana@ist.utl.pt & Department of
Management - Operational Research Group, London School of Economics,
Houghton Street, London WC2A 2AE, UK, c.bana@lse.ac.uk

João C. Lourenço

CEG-IST, Centre for Management Studies of IST, Technical University of Lisbon,
Av. Rovisco Pais, 1049-001 Lisbon, Portugal, joao.lourenco@ist.utl.pt

Manuel P. Chagas

University of Chicago, Graduate School of Business, Full-Time MBA Program,
5807 South Woodlawn Avenue, Chicago, IL 60637, MChagas@chicagogsb.edu

João C. Bana e Costa

BANA Consulting, Lda., R. Prof. Bento Jesus Caraça, 33, 1600-600 Lisbon, Portugal,
joao@bana-consulting.pt



El cliente

Empresa responsable del transporte de energía eléctrica en Portugal



El problema

Todas las semanas, REN lanza concursos para:



- Construcción de:
 - Líneas nuevas
 - Instalaciones eléctricas
- Repotenciación de líneas existentes
- Provisión de:
 - Equipos
 - Subestaciones
- Desarrollo de proyectos de ingeniería.



El problema

La administración de REN pidió nuestra colaboración para analizar el sistema de evaluación de propuestas existente.

Diagnóstico: Suma jerárquica arbitraria de promedios de puntuaciones directas, utilizando una tabla de evaluación de propuestas donde:

- Las puntuaciones son tratadas como pesos y los pesos son tratados como puntuaciones.
- Los pesos de los criterios se basan en juicios de importancia directos:

“The most common critical mistake” (Keeney, 1992)

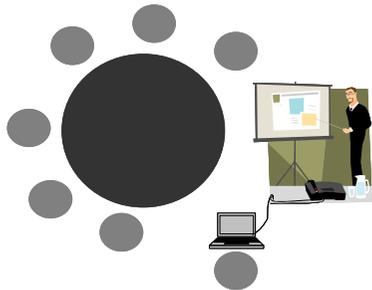
Terapia: reconstruir completamente el sistema de evaluación.



Aspectos clave para la construcción de modelos

- La modelación de las preferencias no debe depender de cada conjunto específico de propuestas. Una vez construido y validado, el nuevo modelo debe pasar a ser utilizado repetidamente.
- Los ingenieros de REN que analizan las propuestas, ya no asignan directamente una puntuación numérica a cada criterio, sino que analizan únicamente los desempeños de las propuestas en cada criterio.

El enfoque



Enfoque sociotécnico multicriterio: MACBETH y Conferencias de Decisión

- Grupo de decisores:
6 directores ejecutivos de REN
- Equipo de consultores:
Facilitador: Carlos Bana e Costa
1.º analista: João Carlos Lourenço
2.º analista: João Bana e Costa
- *Software: M-MACBETH*

M-MACBETH





Tareas para la construcción del modelo

- Definir una familia de criterios de evaluación.
- Definir un descriptor de desempeños para cada criterio, incluyendo dos niveles referenciales para la ponderación.
- Construir una escala de valor para cada criterio.
- Definir los pesos de los criterios.
- Validar el modelo utilizando casos anteriores.



Discusión de los criterios de evaluación

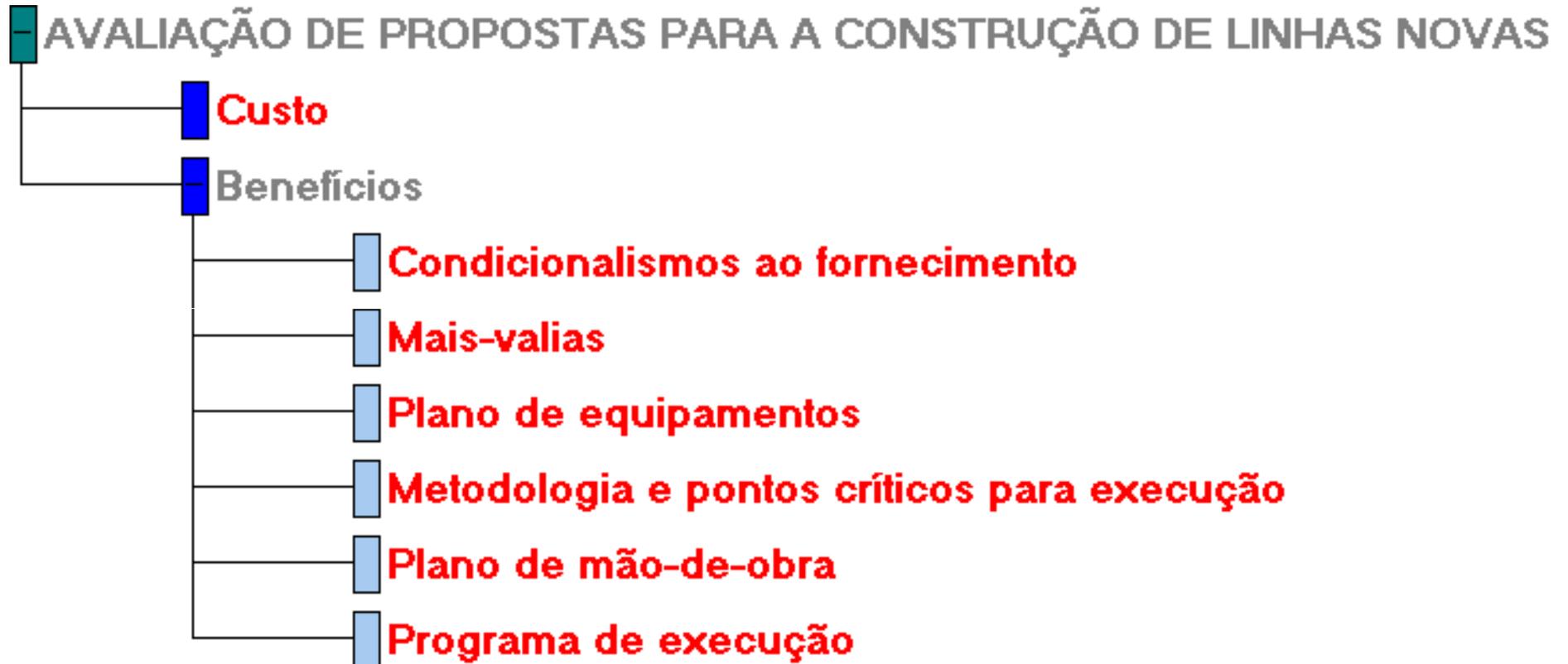
Resultados de la discusión:

Los criterios de beneficio no son comunes a todos los tipos de concursos.

Implicación:

Se debe construir un modelo diferente para cada tipo de concurso (4 modelos diferentes).

Definição de los criterios de evaluación



Construcción de un descriptor

1. Definir dos niveles de desempeño referenciales:
“Bueno” y “Neutro”

Niveles de referencia para el criterio “Plano de equipamientos”

Afectação temporal por tipo de equipamento	Bom
Afectação apenas por tipo de equipamento (sem afectação temporal)	Neutro

2. Aumentar más niveles, a modo de cubrir el abanico de desempeños factibles

Descriptor para el criterio “Plano de equipamientos”

-	+	Nível qualitativo	Abreviado
1		Afectação temporal por tipo de equipamento e actividade	N1
2		Afectação temporal por tipo de equipamento	N2=Bom
3		Afectação por tipo de equipamento e actividade (sem afectação temporal)	N3
4		Afectação apenas por tipo de equipamento (sem afectação temporal)	N4=Neutro
5		Não apresenta	N5

3. Describir cuidadosamente cada nivel de desempeño, de forma clara y no ambígua

Construcción de una función de valor

1. Definir y discutir los juicios cualitativos de diferencia de atractivo entre niveles...

Plano de equipamentos

	N1	N2=Bom	N3	N4=Neutro	N5	
N1	I	moderada	fort-mfort	mt. forte	mfort-extr	extrema
N2=Bom		I	↓ fort-mfort	↑ moderada	mt. forte	mt. forte
N3			I	moderada	mt. forte	forte
N4=Neutro				I	mt. forte	moderada
N5					I	fraca
						mt. fraca
						nula

Julgamentos inconsistentes
Sugestão 1 de 2 : 1 modificação(ões)

Plano de equipamentos

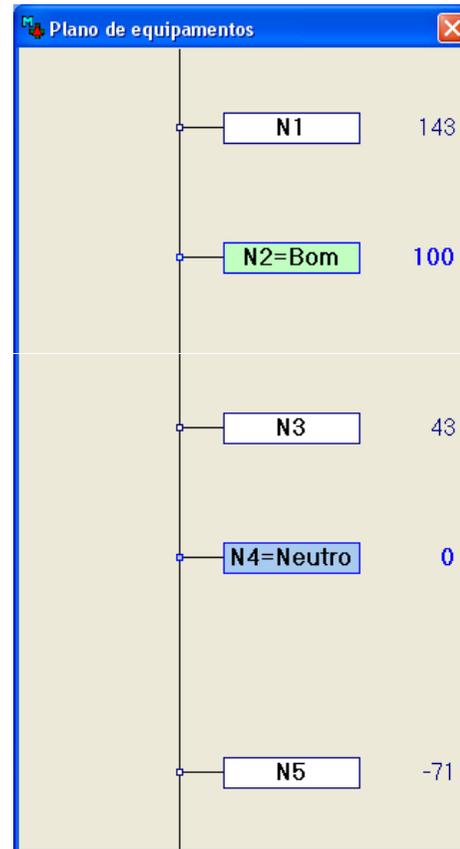
	N1	N2=Bom	N3	N4=Neutro	N5	
N1	I	moderada	fort-mfort	mt. forte	mfort-extr	extrema
N2=Bom		I	fort-mfort	mt. forte	mt. forte	mt. forte
N3			I	moderada	mt. forte	forte
N4=Neutro				I	mt. forte	moderada
N5					I	fraca
						mt. fraca
						nula

Julgamentos consistentes

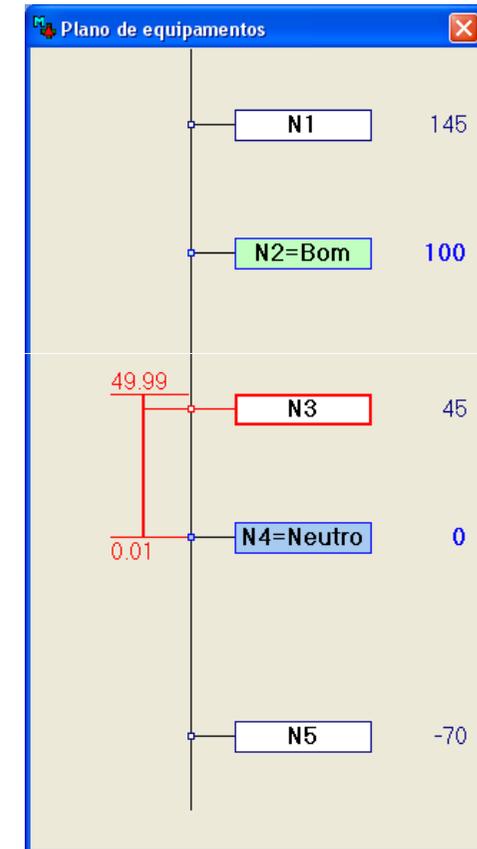
...discutir y resolver los juicios inconsistentes, cuando sea necesario

Construcción de una función de valor

2. Discutir la escala de valor MACBETH



... y si es necesario ajustarla, para obtener una escala de intervalos

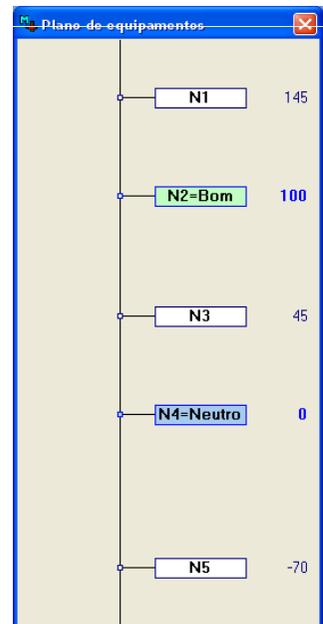


Ponderación de los criterios

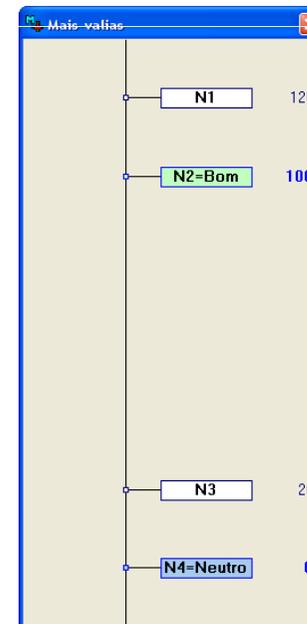
Niveles de referencia “Bueno” y “Neutro”...

CondForn	Mais-valias	PlanoEq	MPCE	Plano M-O	ProgExec
N1=Bom	N1	N1	N1	N1	N1=Bom
N2=Neutro	N2=Bom	N2=Bom	N2=Bom	N2=Bom	N2
N3	N3	N3	N3	N3	N3=Neutro
N4	N4=Neutro	N4=Neutro	N4	N4	N4
		N5	N5=Neutro	N5=Neutro	
			N6	N6	
			N7		

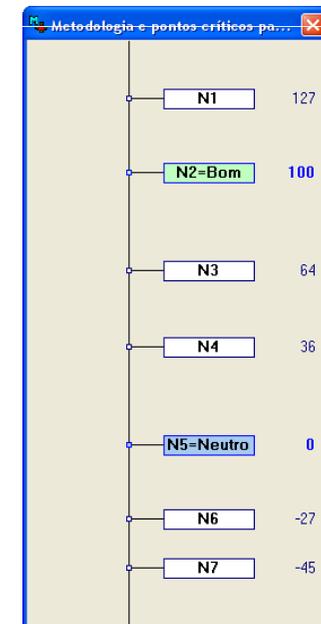
Definen los puntos de anclaje necesarios para la determinación sustantiva de los pesos



...



...



Ponderación de los criterios - Procedimiento *Swing Weighting* cualitativo

1. Ordenar las diferencias de impacto “Bueno – Neutro” de acuerdo con su atractivo global

Referências de ponderação

Referências globais	CondForn	Mais-valias	PlanoEq	MPCE	Plano M-O	ProgExec
[ProgExec]	N1=Bom	N1	N1	N1	N1	N1=Bom
[MPCE]	N2=Neutro	N2=Bom	N2=Bom	N2=Bom	N2=Bom	N2
[Plano M-O]	N3	N3	N3	N3	N3	N3=Neutro
[PlanoEq]	N4	N4=Neutro	N4=Neutro	N4	N4	N4
[CondForn]			N5	N5=Neutro	N5=Neutro	
[MaisValias]				N6	N6	
Neutro em tudo				N7		

2. Juzgar cualitativamente el atractivo global de cada diferencia de impactos “Bueno – Neutro”

Ponderação (AVALIAÇÃO DE PROPOSTAS PARA A CONSTRUÇÃO DE LINHAS NOVAS)

	[ProgExec]	[MPCE]	[Plano M-O]	[PlanoEq]	[CondForn]	[MaisValias]	Neutro em tudo	
[ProgExec]	I	P	P	P	P	P	mfort-extr	extrema
[MPCE]		I	P	P	P	P	mt. forte	mt. forte
[Plano M-O]			I	P	P	P	mt. forte	forte
[PlanoEq]				I	I	P	forte	moderada
[CondForn]				I	I	P	forte	fraca
[MaisValias]						I	moderada	mt. fraca
Neutro em tudo							I	nula

Julgamentos consistentes

Ponderación de los criterios - Procedimiento *Swing Weighting* cualitativo

3. Comparar cualitativamente la diferencia de impacto “Bueno – Neutro” más importante, con cada una de las otras
4. Comparar cualitativamente cada dos diferencias de impacto “Bueno-Neutro” consecutivas en el ranking

Ponderação (AVALIAÇÃO DE PROPOSTAS PARA A CONSTRUÇÃO DE LINHAS NOVAS)

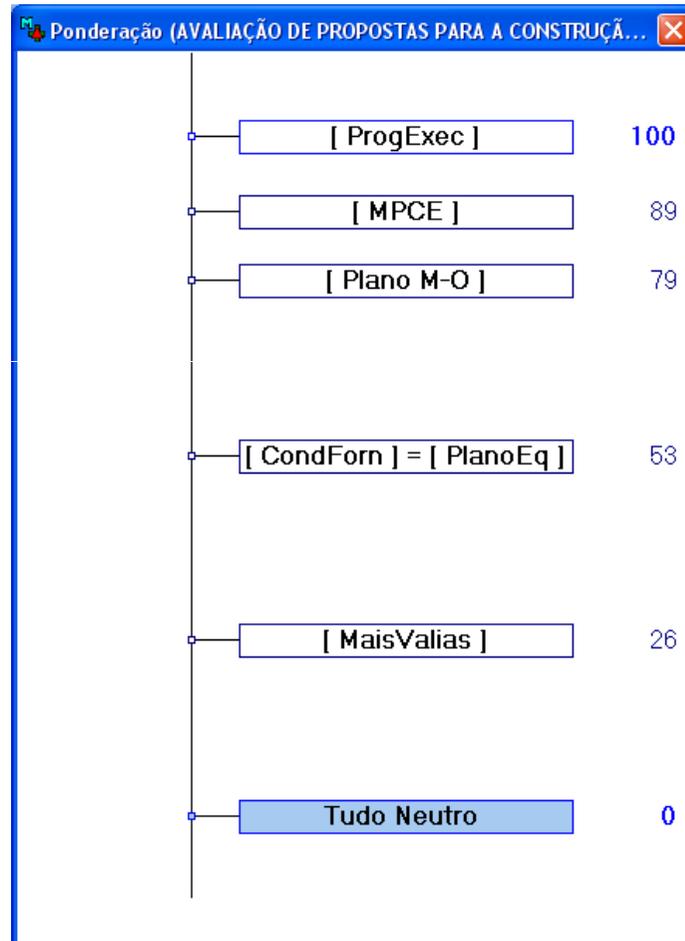
	[ProgExec]	[MPCE]	[Plano M-O]	[PlanoEq]	[CondForn]	[MaisValias]	Neutro em tudo	
[ProgExec]	I	fraca	fraca	forte	forte	mt. forte	mfort-extr	extrema
[MPCE]		I	fraca	P	P	P	mt. forte	mt. forte
[Plano M-O]			I	moderada	P	P	mt. forte	forte
[PlanoEq]				I	I	P	forte	moderada
[CondForn]				I	I	moderada	forte	fraca
[MaisValias]						I	moderada	mt. fraca
Neutro em tudo							I	nula

Julgamentos consistentes

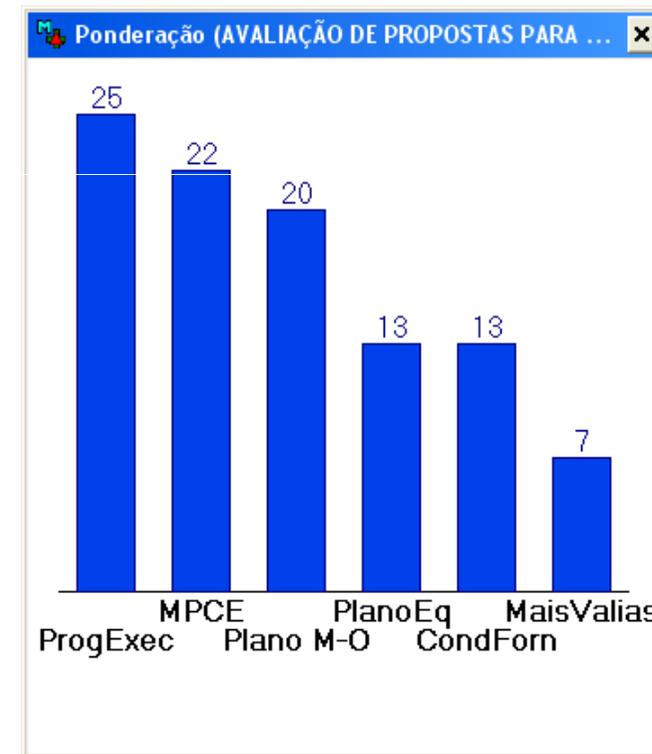
5. Si se desea, completar la matriz de juicios

Ponderación de los criterios - Procedimiento *Swing Weighting* cualitativo

6. Discutir y ajustar los pesos de la escala MACBETH en base 100



... o los pesos MACBETH normalizados



Función de valor del criterio Costo

De acuerdo con la administración de REN

- El costo “Neutro” debe ser igual al costo esperado
- La función de valor del criterio Costo debe ser lineal

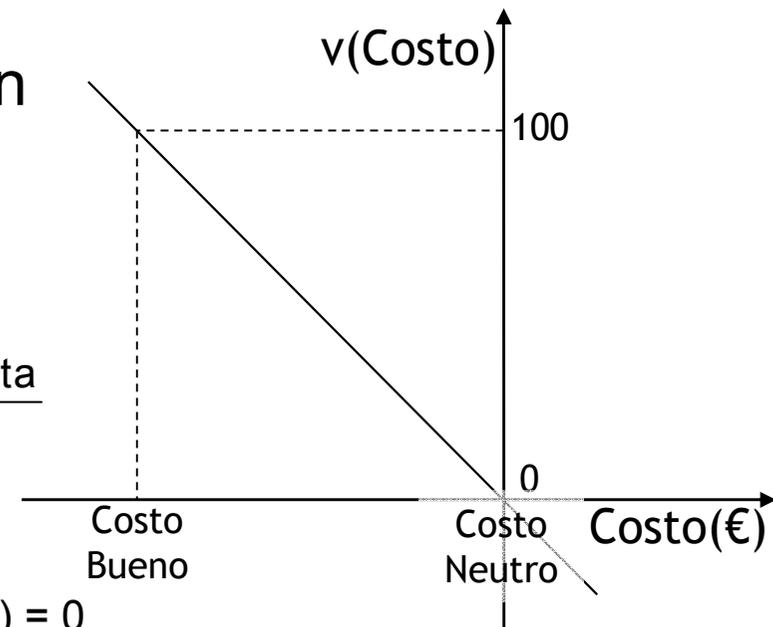
De lo cual resulta la siguiente función de valor para el criterio Costo:

$$v(\text{costo de la propuesta}) = 100 \times \frac{\text{Costo Neutro} - \text{Costo de la propuesta}}{\text{Costo Neutro} - \text{Costo Bueno}}$$

en que:

Costo Neutro = Costo esperado y $v(\text{Costo Neutro}) = 0$

Costo Bueno = x , a definir, y $v(\text{Costo Bueno}) = 100$





Discusión de *trade-off* entre el Costo y los Beneficios

Decisión estratégica tomada por la administración de REN

- Los pesos del Costo y de los Beneficios deben ser iguales (50%)

Implicaciones operacionales

Definir el Costo “Bueno” consistente con las decisiones de la administración haciendo un trade-off costo/beneficio apropiado

(costo Neutro, beneficios en el nivel Bueno)

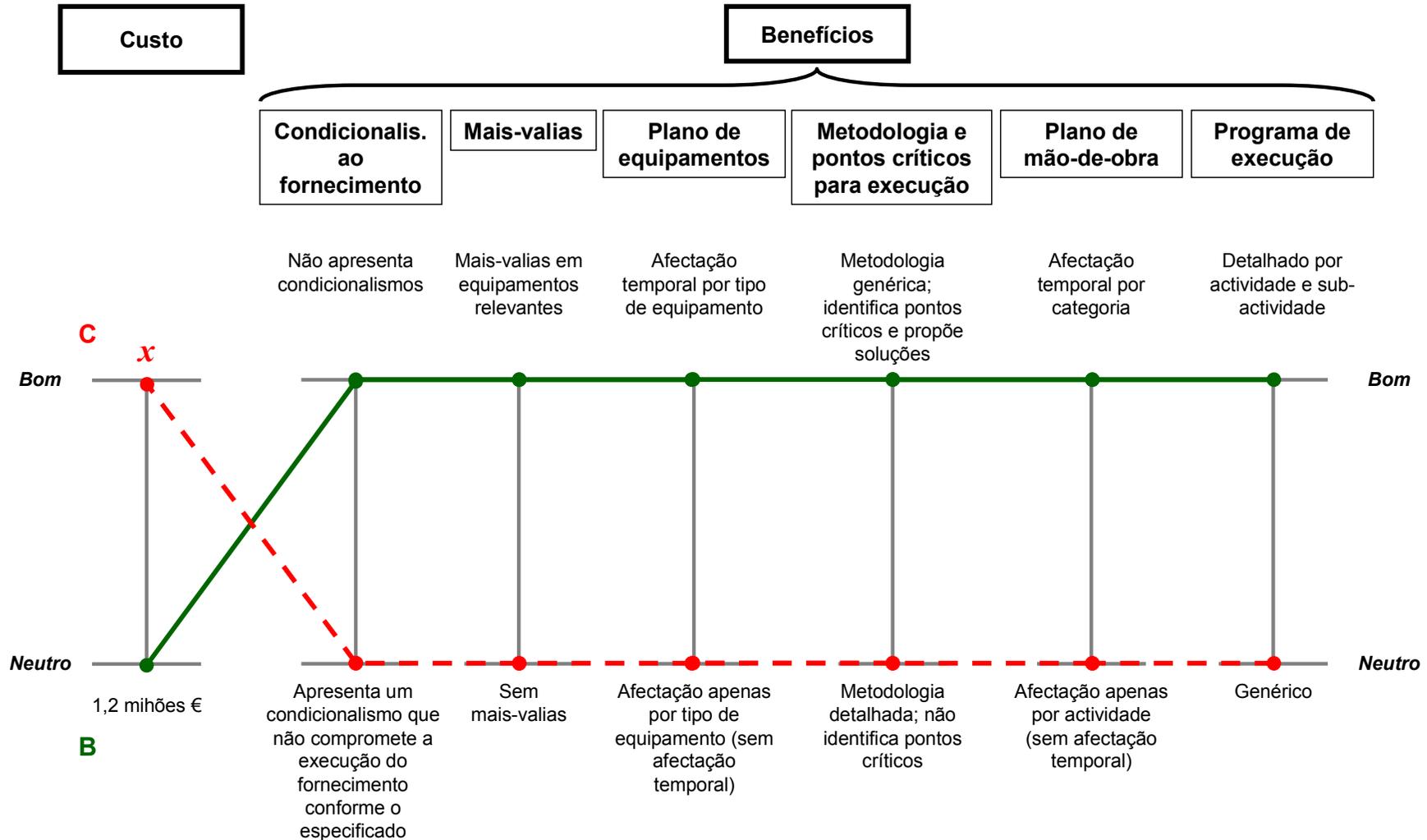
indiferente a

(**x euros**, beneficios en el nivel Neutro)

Valor de **x euros** = 100;

Valor el costo Neutro = 0

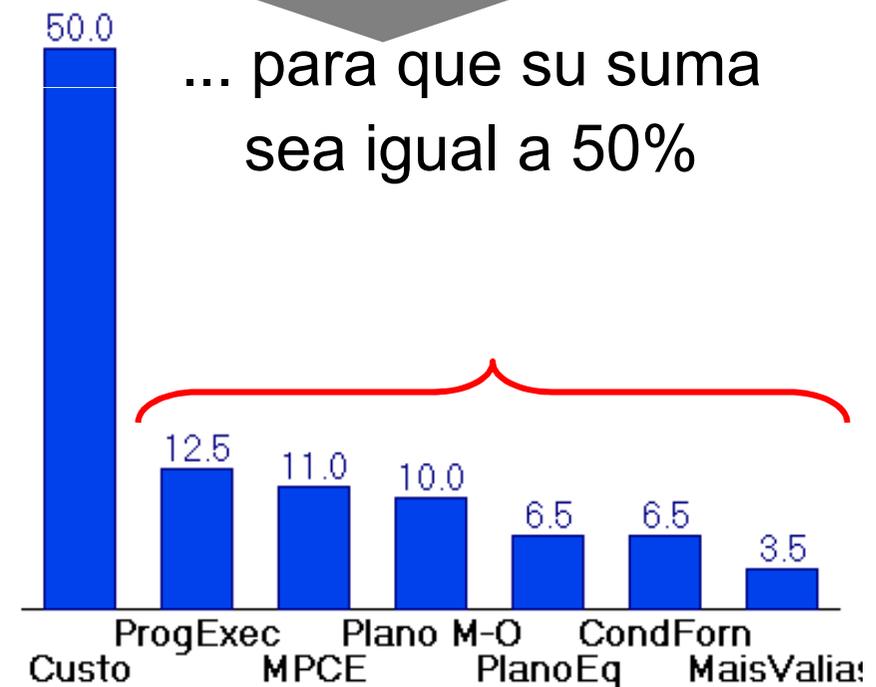
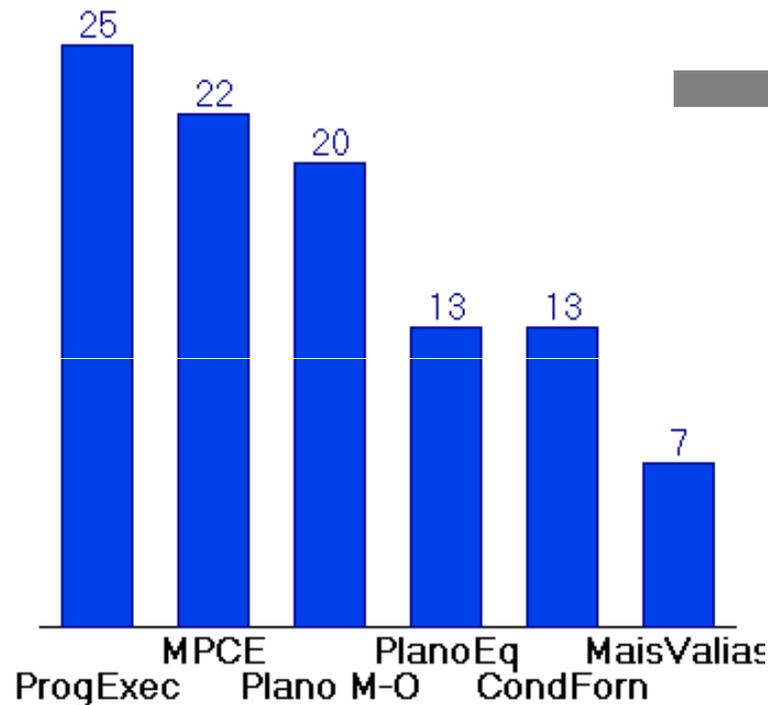
Discusión de *trade-off* entre el Costo y los Beneficios



x = Custo Bom é 5% inferior ao Custo Neutro (=1,2 milhões €) = 1,14 milhões €

Definición de los pesos finales

Normalizar los pesos de los criterios de beneficio...

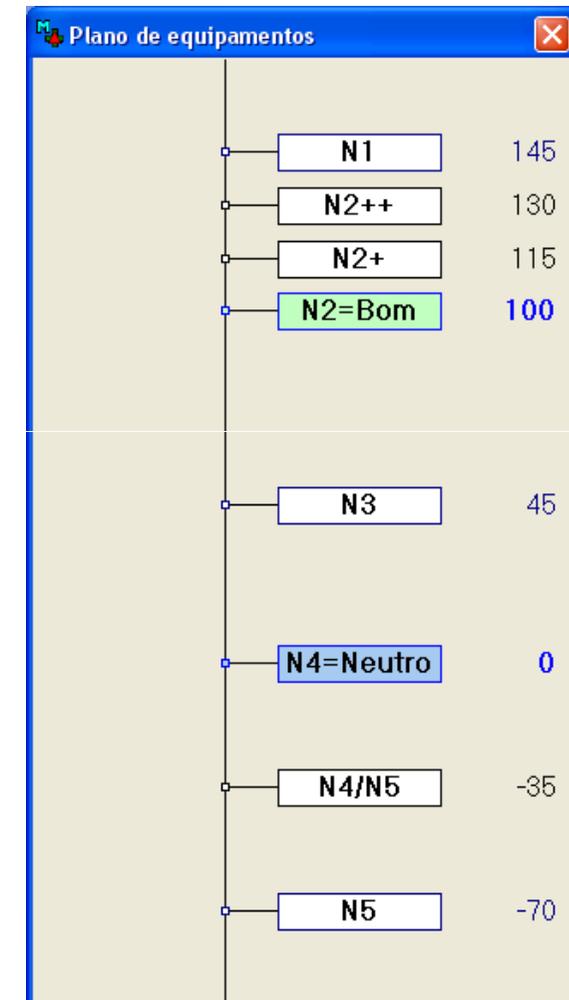


Validación la adecuación (*requisitness*) del modelo

- Fueron introducidos niveles de desempeño intermedios para permitir dudas en la evaluación del desempeño de las propuestas

Níveis de performance :

-	+	Nível qualitativo	Abreviado
1		Afectação temporal por tipo de equipamento e actividade	N1
2		N2++	N2++
3		N2+	N2+
4		Afectação temporal por tipo de equipamento	N2=Bom
5		Afectação por tipo de equipamento e actividade (sem afectação temporal)	N3
6		Afectação apenas por tipo de equipamento (sem afectação temporal)	N4=Neutro
7		N4/N5	N4/N5
8		Não apresenta	N5



Utilización del modelo

1. Análisis de las propuestas

-	+	Nome	Nome abreviado
1		Proposta 1	Prop1
2		Proposta2	Prop2
3		Proposta3	Prop3
4		Proposta4	Prop4
5		Proposta5	Prop5

Buttons: Inserir, Remover, Propriedades, Performances

2. Introdução, de los desempeños de las propuestas en el modelo

Opções	Custo	CondForn	Mais-valias	PlanoEq	MPCE	Plano M-O	ProgExec
Prop1	?	?	?	?			
Prop2	?	?	?	?			
Prop3	?	?	?	?			
Prop4	?	?	?	?			
Prop5	?	?	?	?			

Nova performance

Performance de Prop1 em Custo

OK

Cancelar

Nova performance

Performance de Prop1 em PlanoEq

OK

Cancelar

N1
N2++
N2+
N2=Bom
N3
N4=Neutro
N4/N5
N5



Análisis de los resultados del modelo

M-MACBETH : D:\Ficheiros\ISTAULAS\Seminários\2007 - Inovação no Apoio à Decisão\REN\linhasNovasDia22_ComNiveisIntermediosComCusto.mcb

Ficheiro Opções Ponderação Janelas Personalizar Ajuda

Árvore

AVALIAÇÃO DE PROPOSTAS PARA A CONSTRUÇÃO DE LINHAS NOVAS

- Custo
- Benefícios
 - Condicionais ao fornecimento
 - Mais-valias
 - Plano de equipamentos
 - Metodologia e pontos críticos para execução
 - Plano de mão-de-obra
 - Programa de execução

Termómetro global

- Bom em tudo 100.00
- Prop2 72.12
- Prop4 63.79
- Prop3 56.01
- Prop5 12.96
- Prop1 3.59
- Neutro em tudo 0.00

Tabela de performances

Opções	Custo	CondForn	Mais-valias	PlanoEq	MPCE	Plano M-O	ProgExec
Prop1	1.21	N1=Bom	N2=Bom	N1	N5=Neutro	N6	N4
Prop2	1.15	N3	N1	N2=Bom	N2=Bom	N1	N2
Prop3	1.13	N2=Neutro	N4=Neutro	N5	N5=Neutro	N4	N3=Neutro
Prop4	1.16	N4	N3	N2++	N1	N2=Bom	N1=Bom
Prop5	1.23	N1=Bom	N1	N3	N2=Bom	N1	N3=Neutro

Tabela de pontuações

Opções	Global	Custo	CondForn	Mais-valias	PlanoEq	MPCE	Plano M-O	ProgExec
Bom em tudo	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
Prop2	72.12	83.33	-166.67	120.00	100.00	100.00	133.33	50.00
Prop4	63.79	66.67	-233.33	20.00	130.00	127.00	100.00	100.00
Prop3	56.01	116.67	0.00	0.00	-70.00	0.00	22.22	0.00
Prop5	12.96	-50.00	100.00	120.00	45.00	100.00	133.33	0.00
Prop1	3.59	-16.67	100.00	100.00	145.00	0.00	-33.33	-33.33
Neutro em tudo	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Pesos :		0.5000	0.0650	0.0350	0.0650	0.1100	0.1000	0.1250