

# Curso: Engenharia de Produção

DISCIPLINA: Desafios de Engenharia

Prof. Clayton J A Silva, MSc  
clayton.silva@professores.ibmec.edu.br



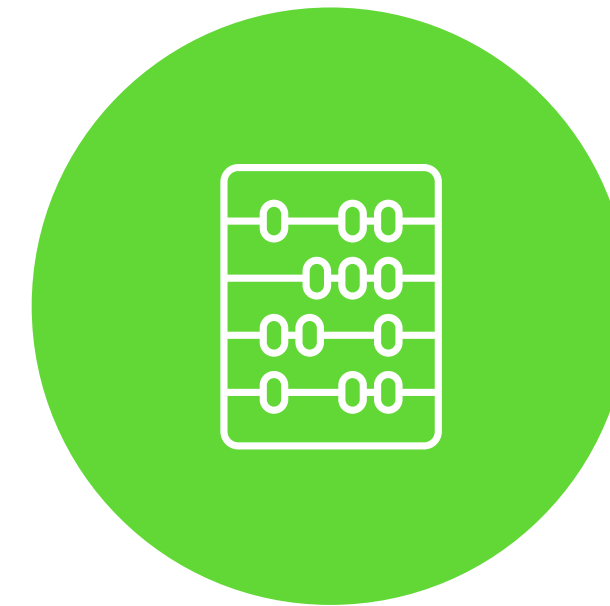
# O método da engenharia

1. Identificar e definir o problema
2. Identificar restrições e critérios para atingir o sucesso
3. Buscar soluções
4. Analisar cada solução potencial
5. Selecionar a melhor solução
6. Especificar a solução
7. Construir a solução

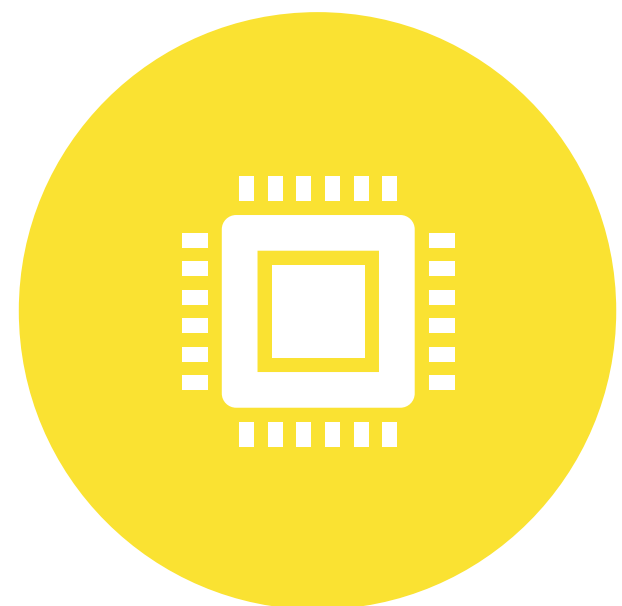
# Os modelos



modelos  
qualitativos



modelos  
quantitativos -  
matemáticos e  
estatísticos



modelos  
computacionais



modelos físicos

# Modelos matemáticos e estatísticos

Modelos quantitativos: expressam grandezas e as unidades de medida relacionadas com o problema

Otimização: A engenharia aponta a solução ótima

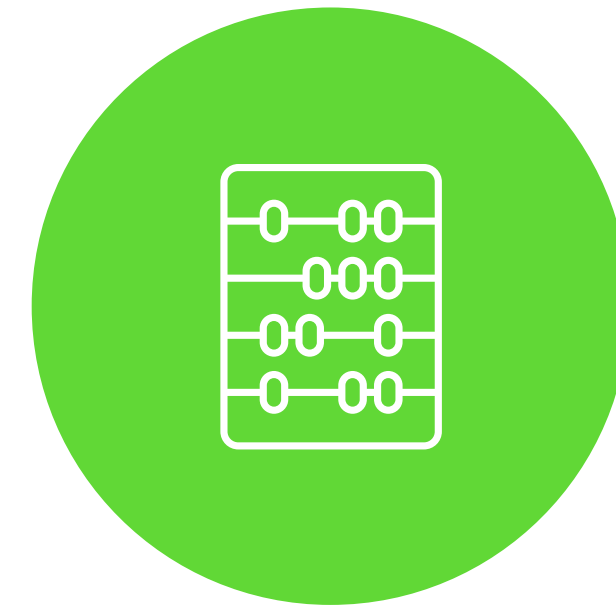
# O método da engenharia

1. Identificar e definir o problema
2. Identificar restrições e critérios para atingir o sucesso
3. Buscar soluções
4. Analisar cada solução potencial
5. **Selecionar a melhor solução: solução ÓTIMA**
6. Especificar a solução
7. Construir a solução

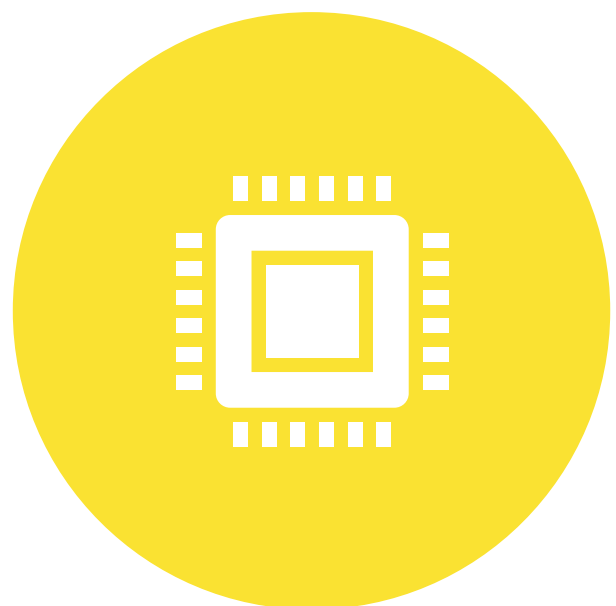
# Os modelos



modelos  
qualitativos



modelos  
quantitativos –  
matemáticos e  
estatísticos



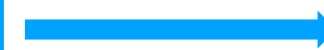
**modelos  
computacionais**



**modelos físicos**

# Solução ÓTIMA

Problemas de **engenharia**,  
de logística, de transporte e  
de outras ciências, quando  
se consegue construir  
**modelos quantitativos**  
das soluções



busca **minimizar ou**  
**maximizar** uma função  
através da escolha dos  
valores de variáveis.

# Espaço das soluções

- O **espaço N-dimensional** de cada solução contempla as **variáveis** e seus **respectivos valores** que a torna viável, embora normalmente imperfeita
- **Variáveis condicionantes**: restringem ou limitam os valores das variáveis do espaço de soluções
- **Variáveis conflitantes**: qualidade e custo; facilidade de uso e número de funções; potência e consumo; etc. Em geral, as soluções de engenharia não alcançam o grau máximo de otimização
- **Critérios** para a seleção da **solução mais vantajosa**



# Solução ÓTIMA

encontrar uma **solução** para **maximizar ou minimizar** uma **função** previamente definida como **índice de desempenho (ID)**, obtendo o melhor desempenho possível do sistema, sujeita às **variáveis de restrição** estabelecidas.

# Exemplo 1

- Uma empresa produz 2 produtos em uma de suas fábricas,  $P_1$  e  $P_2$ .
- O Departamento de Produção já sabe que, para o próximo mês, a fábrica terá disponível, para a fabricação dos 2 produtos, 4900 kg da matéria prima A e 4500 kg da matéria prima B.
- Cada unidade de  $P_1$ , para ser produzida consome 70 kg da matéria prima A e 90 kg da matéria prima B. Por sua vez, cada unidade de  $P_2$  utiliza 70 kg da matéria prima tipo A e 50 kg da matéria prima tipo B.
- Cada unidade de  $P_1$  gera um lucro de \$ 27 e de  $P_2$  gera o lucro de \$ 25.
- Quantas unidades produzir de  $P_1$  e  $P_2$  para obter o maior lucro possível?

# Solução ÓTIMA

encontrar uma solução (**quantidades a produzir**) para maximizar ou minimizar uma função previamente definida como índice de desempenho (ID) (**lucro**), obtendo o melhor desempenho possível do sistema, sujeita às variáveis de restrição estabelecidas (**disponibilidade de matéria prima**).

# Formulação: exemplo 1

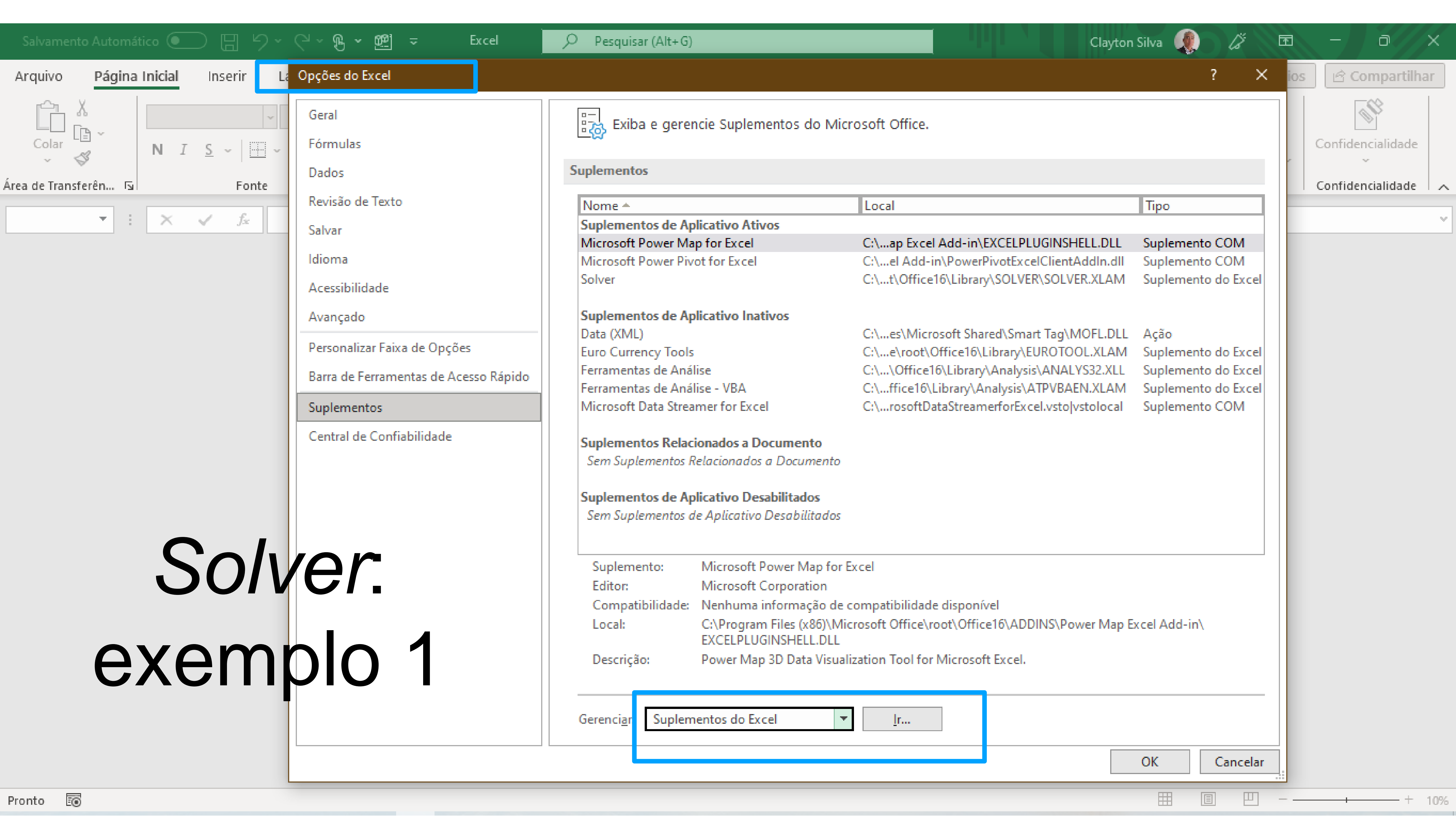
**Maximizar o lucro, *função objetivo***, dado por ( $f$ ):  $f = 27 x_1 + 25x_2$ ,

*onde  $x$  é a quantidade a produzir*

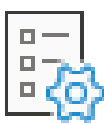
**Restrições:**

$$70x_1 + 70x_2 \leq 4900$$

$$90x_1 + 50x_2 \leq 4500$$



# Solver: exemplo 1



Exiba e gerencie Suplementos do Microsoft Office.

## Suplementos

Nome ^	Local	Tipo
<strong>Suplementos de Aplicativo Ativos</strong>		
Microsoft Power Map for Excel	C:\...ap Excel Add-in\EXCELPLUGINSHELL.DLL	Suplemento COM
Microsoft Power Pivot for Excel	C:\...el Add-in\PowerPivotExcelClientAddIn.dll	Suplemento COM
Solver	C:\...t\Office16\Library\SOLVER\SOLVER.XLAM	Suplemento do Excel
<strong>Suplementos de Aplicativo Inativos</strong>		
Data (XML)	C:\...es\Microsoft Shared\Smart Tag\MOFL.DLL	Ação
Euro Currency Tools	C:\...e\root\Office16\Library\EUROTOOL.XLAM	Suplemento do Excel
Ferramentas de Análise	C:\...Office16\Library\Analysis\ANALYS32.XLL	Suplemento do Excel
Ferramentas de Análise - VBA	C:\...ffice16\Library\Analysis\ATPVBAEN.XLAM	Suplemento do Excel
Microsoft Data Streamer for Excel	C:\...rosoftDataStreamerforExcel.vsto\vstolocal	Suplemento COM

## Suplementos Relacionados a Documento

Sem Suplementos Relacionados a Documento

## Suplementos de Aplicativo Desabilitados

Sem Suplementos de Aplicativo Desabilitados

Suplemento: Microsoft Power Map for Excel  
Editor: Microsoft Corporation  
Compatibilidade: Nenhuma informação de compatibilidade disponível  
Local: C:\Program Files (x86)\Microsoft Office\root\Office16\ADDINS\Power Map Excel Add-in\EXCELPLUGINSHELL.DLL  
Descrição: Power Map 3D Data Visualization Tool for Microsoft Excel.

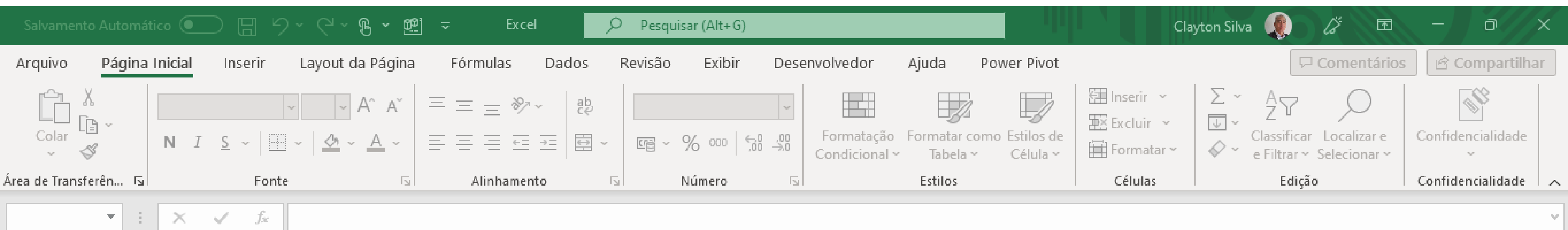
Gerenciar

Suplementos do Excel

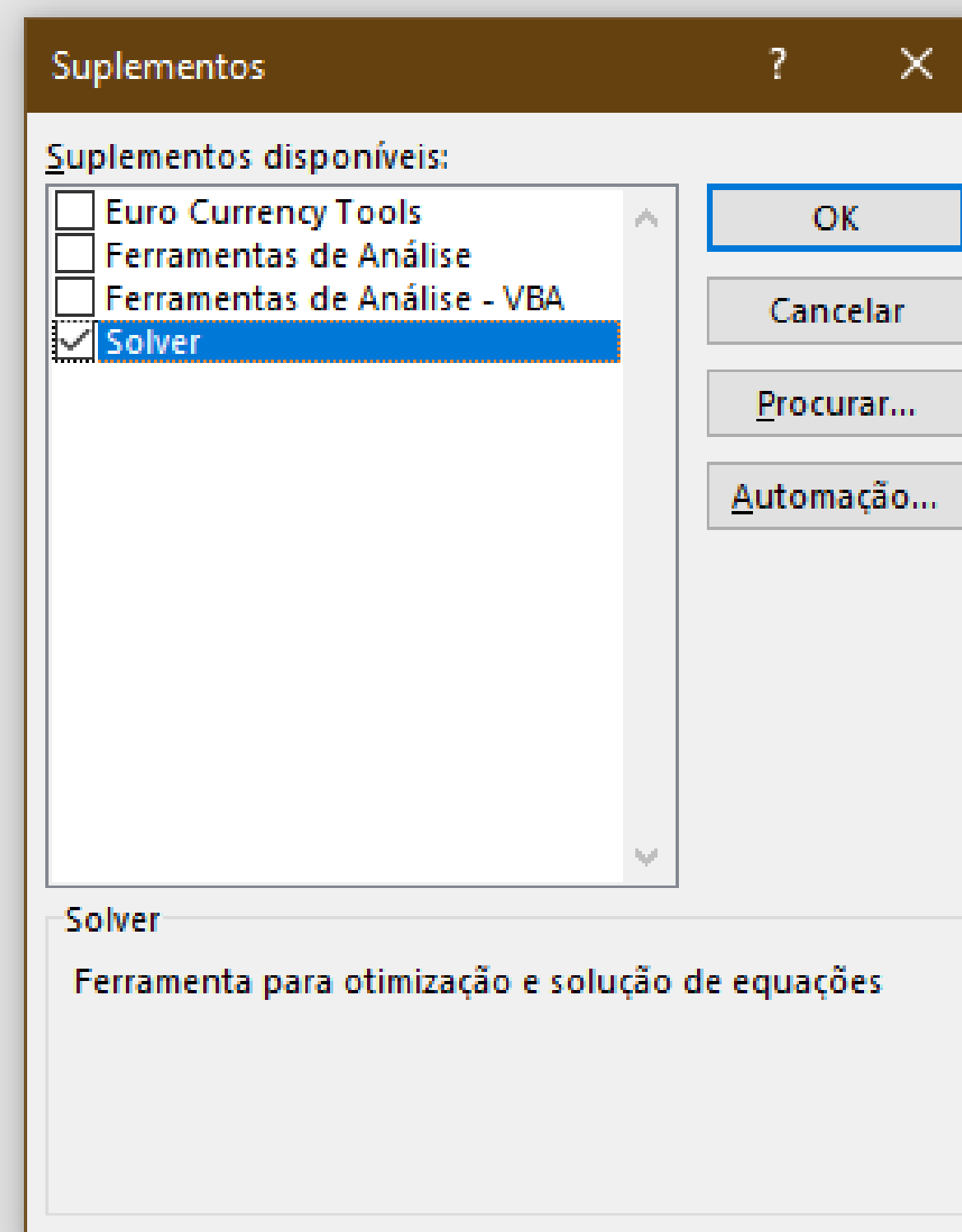
Ir...

OK

Cancelar



# Solver: exemplo 1



Salvamento Automático

Pasta1 - Excel

Clayton Silva

Arquivo

Página Inicial

Inserir

Desenhar

Layout da Página

Fórmulas

Dados

Revisão

Exibir

Desenvolvedor

Ajuda

Power Pivot

Comentários

Compartilhar

Obter e Transformar Dados

Consultas e Conexões

Tipos de Dados

Classificar e Filtrar

Ferramentas de Dados

Previsão

Análise

A1

A

B

C

D

E

F

G

H

I

J

K

L

M

N

O

P

Q

R

S

T

U

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

22

23

Planilha1

Pronto

Acessibilidade: tudo certo

100%

Solver

Ferramenta de teste de hipóteses que encontra o valor ideal de uma célula de destino, alterando os valores das células usadas para calcular a célula de destino

Solver

exemplo 1

Obter e Transformar Dados

Obter Dados

Consultas e Conexões

Atualizar Tudo

Propriedades

Editar Links

Tipos de Dados

Ações

	A	B	C	D	E	F	
1							
2			Q(P1)	L(P1)	Q(P2)	L(P2)	
3		Lucro		R\$ 27,00		R\$ 33,00	R\$
4							
5			Q(A/P1)	Q(P1)	Q(A/P2)	Q(P2)	TOTAL
6		Q(A)	70		70		
7			Q(B/P1)	Q(P1)	Q(B/P2)	Q(P2)	
8		Q(B)	90		50		
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							

Parâmetros do Solver

Definir Objetivo:

Para: ☒ Máx. ☐ Mín. ☐ Valor de: 0

Alterando Células Variáveis: \$C\$3:\$E\$3

Sujeito às Restrições:

Adicionar  
Alterar  
Excluir  
Redefinir Tudo  
Carregar/Salvar

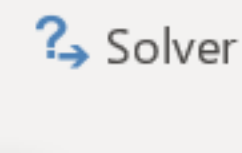
☒ Tornar Variáveis Irestritas Não Negativas

Selecionar um Método de Solução: GRG Não Linear

Método de Solução  
Selecione o mecanismo GRG Não Linear para Problemas do Solver suaves e não lineares. Selecione o mecanismo LP Simplex para Problemas do Solver lineares. Selecione o mecanismo Evolutionary para problemas do Solver não suaves.

Ajuda Resolver Fechar





## Análise

—

\$G\$3

 $f_x$ 

+

G13						
	A	B	C	D	E	F
1						
2			Q(P1)	L(P1)	Q(P2)	L(P2)
3		Lucro		R\$ 27,00		R\$ 33,00 R\$
4						
5			Q(A/P1)	Q(P1)	Q(A/P2)	Q(P2) TOTAL
6		Q(A)	70		70	
7			Q(B/P1)	Q(P1)	Q(B/P2)	Q(P2)
8		Q(B)	90		50	
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						

Parâmetros do Solver

Definir Objetivo:

Para: ☒ Máx. ☐ Mín. ☐ Valor de:

Alterando Células Variáveis:

Sujeito às Restrições: 

AdicionarAlterarExcluirRedefinir TudoCarregar/Salvar

☒ Tornar Variáveis Irrestritas Não Negativas

Selecionar um Método de Solução:

Método de Solução

Selecione o mecanismo GRG Não Linear para Problemas do Solver suaves e não lineares. Selecione o mecanismo LP Simplex para Problemas do Solver lineares. Selecione o mecanismo Evolutionary para problemas do Solver não suaves.

AjudaResolverFechar

	A	B	C	D	E	F	
1							
2			Q(P1)	L(P1)	Q(P2)	L(P2)	
3		Lucro		R\$ 27,00		R\$ 33,00	R\$
4							
5			Q(A/P1)	Q(P1)	Q(A/P2)	Q(P2)	TOTAL
6		Q(A)	70		70		
7			Q(B/P1)	Q(P1)	Q(B/P2)	Q(P2)	
8		Q(B)	90		50		
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							

Parâmetros do Solver

Definir Objetivo:

Para: ☒ Máx. ☐ Mín. ☐ Valor de:

Alterando Células Variáveis:

Sujeito às Restrições:

AdicionarAlterarExcluirRedefinir TudoCarregar/Salvar

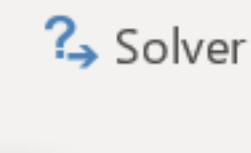
☒ Tornar Variáveis Irrestritas Não Negativas

Selecionar um Método de Solução:

Método de Solução

Selecione o mecanismo GRG Não Linear para Problemas do Solver suaves e não lineares. Selecione o mecanismo LP Simplex para Problemas do Solver lineares. Selecione o mecanismo Evolutionary para problemas do Solver não suaves.

AjudaResolverFechar



## Análise

✕

\$C\$3:\$E\$3

--	--

✕      ✓       $f_x$





ArquivoPágina InicialInserirDesenharLayout da PáginaFórmulas

Obter e Transformar Dados

Consultas e Conexões

Tipos de Dados

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2			Q(P1)	L(P1)	Q(P2)	L(P2)	
3		Lucro		R\$ 27,00		R\$ 33,00	R\$ -
4							
5			Q(A/P1)	Q(P1)	Q(A/P2)	Q(P2)	TOTAL
6		Q(A)	70		70		0
7			Q(B/P1)	Q(P1)	Q(B/P2)	Q(P2)	LIMI
8		Q(B)	90		50		0
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							

Parâmetros do Solver

Definir Objetivo:

Para: ☒ Máx. ☐ Mín. ☐ Valor de:

Alterando Células Variáveis:

Sujeito às Restrições:

AdicionarAlterarExcluirRedefinir TudoCarregar/Salvar

☒ Tornar Variáveis Irrestritas Não Negativas

Selecionar um Método de Solução:

Método de Solução

Selecione o mecanismo GRG Não Linear para Problemas do Solver suaves e não lineares. Selecione o mecanismo LP Simplex para Problemas do Solver lineares. Selecione o mecanismo Evolutionary para problemas do Solver não suaves.

AjudaResolverFechar



ArquivoPágina InicialInserirDesenharLayout da PáginaFórmulas

Obter e Transformar Dados

Consultas e Conexões

Tipos de Dados

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2			Q(P1)	L(P1)	Q(P2)	L(P2)	
3		Lucro		R\$ 27,00		R\$ 33,00	R\$ -
4							
5			Q(A/P1)	Q(P1)	Q(A/P2)	Q(P2)	TOTAL
6		Q(A)	70		70		0
7			Q(B/P1)	Q(P1)	Q(B/P2)	Q(P2)	LIMI
8		Q(B)	90		50		0
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
21							
22							

Parâmetros do Solver

Definir Objetivo:

Para: ☒ Máx. ☐ Mín. ☐ Valor de:

Alterando Células Variáveis:

Sujeito às Restrições:

AdicionarAlterarExcluirRedefinir TudoCarregar/Salvar

☒ Tornar Variáveis Irrestritas Não Negativas

Selecionar um Método de Solução:

Método de Solução

Selecione o mecanismo GRG Não Linear para Problemas do Solver suaves e não lineares. Selecione o mecanismo LP Simplex para Problemas do Solver lineares. Selecione o mecanismo Evolutionary para problemas do Solver não suaves.

AjudaResolverFechar



ArquivoPágina InicialInserirDesenharLayout da PáginaFórmulasDadosRevisãoExibirDesenvolvedorAjudaPower PivotCompartilharComentários

Obter e Transformar Dados

Consultas e Conexões

Tipos de Dados

Classificar e Filtrar

Ferramentas de Dados

Previsão

Análise

H6																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
----	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Adicionar Restrição

Referência de Célula: \$G\$6

Restrição: <= =\$H\$6

OKAdicionarCancelar







# Exemplo 2

- Para a produção de  $P_1$  a empresa terá disponível 80 homens.hora; e para a produção de  $P_2$  terá 60 homens.hora.
- São necessários 2 homens.hora para produzir cada item de  $P_1$  e 3 homens.hora para produzir cada item de  $P_2$ .
- Quantas unidades produzir de  $P_1$  e  $P_2$  para obter o maior lucro possível?

# Exemplo 2

**Maximizar** o lucro ( $f$ ):  $f = 27 x_1 + 25x_2$ ,

$x$  é a quantidade a produzir

**Restrições:**

$$70x_1 + 70x_2 \leq 4900$$

$$90x_1 + 50x_2 \leq 4500$$

$$2x_1 \leq 80$$

$$3x_2 \leq 60$$

# Exemplo 3

Em uma fazenda deseja-se fazer 10.000 kg de ração com o menor custo possível. De acordo com as recomendações do veterinário dos animais da fazenda, ração deve conter: 15% de proteína; um mínimo de 8% de fibra; no mínimo 1100 calorias por kg de ração e no máximo 2250 calorias por kg. Estão disponíveis 4 ingredientes cujas características técnico-econômicas

	Proteína	Fibra	Calorias/kg	Custo/kg
Cevada	6,9	6	1760	30
Aveia	8,5	11	1700	48
Soja	9	11	1056	44
Milho	27,1	14	1400	56

# Exemplo 3

**Minimizar** o custo ( $f$ ):  $f = 30 x_1 + 48x_2 + 44 x_3 + 56x_4$ ,

$x$  é a quantidade a usar

**Restrições:**

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 10000$$

$$6,9x_1 + 8,5x_2 + 9x_3 + 27,1x_4 \leq 1500$$

$$6x_1 + 11x_2 + 11x_3 + 14x_4 \leq 800$$

$$1,76x_1 + 1,7x_2 + 1,056x_3 + 1,4x_4 \geq 11000$$

$$1,76x_1 + 1,7x_2 + 1,056x_3 + 1,4x_4 \leq 22500$$



IBMEC.BR

 /IBMEC

 IBMEC

 @IBMEC\_OFICIAL

 @IBMEC

 **ibmec**