

Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP
Departamento de Engenharia de Sistemas
Eletrônicos

ISSN 1517-3542

BT/PSI/0217

**Otimização de Investimentos em Redes
Celulares (Serviços de Valor Agregado)**

P. J. G. Guimarães
F. A M. Cipparrone

São Paulo – 2002

1298814

FICHA CATALOGRÁFICA

Guimarães, P. J. G.

Otimização de investimentos em redes celulares (serviços de valor agregado) / P.J.G. Guimarães, F.A.M. Cipparrone. – São Paulo : EPUSP, 2002.

15 p. – (Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, Departamento de Engenharia de Sistemas Eletrônicos, BT/PSI/0217)

1. Telefonia celular [Otimização] 2. Custo econômico 3. Investimentos I. Cipparrone, Flávio Almeida de Magalhães II. Universidade de São Paulo. Escola Politécnica. Departamento de Engenharia de Sistemas Eletrônicos III. Título IV. Série
ISSN 1517-3542

CDU 621.38456

338.06

332.6

**OTIMIZAÇÃO DE INVESTIMENTOS EM REDES CELULARES
(SERVIÇOS DE VALOR AGREGADO)
Guimarães, P.J.G. e Cipparrone, F.A.M**

Sumário

Este trabalho sugere a escolha de investimentos em plataformas para prover serviços de valor agregado através da maximização do lucro proveniente dos serviços prestados. A maximização do lucro é calculada através de Programação Inteira. Ainda, baseado nos resultados, indica um caminho de migração tecnológica (1XRTT ou GPRS) para um operador celular.

1.0 Introdução

A grande maioria das operadoras do Sistema Móvel Celular no Brasil optaram, na digitalização de suas redes ou no início de sua operação, pelo padrão TDMA IS-136.

Este padrão tecnológico, assim como os demais existentes quando esta decisão foi tomada, não contemplava a transmissão de dados por pacotes, característica vital para a evolução da telefonia móvel em direção à integração de rede e Internet Móvel.

Os padrões IS-95 e GSM oferecem atualmente uma evolução, o 1XRTT e o GPRS, que possibilitam a transmissão de dados por pacotes, porém o TDMA IS-136 não evoluiu da mesma forma.

Assim, companhias que hoje operam uma rede TDMA encontram uma grande dificuldade para oferecer novos serviços de dados a seus assinantes pois precisam migrar sua rede atual para uma das duas opções disponíveis no mercado, 1XRTT ou GPRS, a um alto custo de implantação destas redes.

Este trabalho tem por objetivo escolher, através do método de programação linear, qual o melhor investimento em plataformas de telecomunicações para que a migração tecnológica seja a mais lucrativa possível.

2.0 Definição do Problema

São analisados investimentos em implantação de seis serviços considerados estratégicos para Operadoras *Wireless*.

2.1 Serviços

- 1) *Multmdia Message Service* (MMS) : Serviço de envio de mensagens com fotos, desenhos, pequenos *clips* ou animações e músicas.
- 2) *Virtual Private Network* (VPN): Acesso a redes corporativas/intranet.
- 3) *Location Based Services* (LBS): Baseado na localização do assinante oferece serviços de apoio, emergência, guia de trânsito, etc.
- 4) *Mobile Shopping* (MSH): Escolha de produtos e compra através de lojas virtuais

- 5) *Games* (GAM): Oferece grande variedade de jogos e também jogos interativos ou em rede.
- 6) *Informação* (INF): Notícias on-line, programação de teatro, cinema, etc.

2.2 Objetivo

O objetivo deste trabalho é definir:

- Em quais plataformas entre os serviços listados a operadora deve investir.
- Quando, dentro do período analisado, estes investimentos devem ser feitos.
- Qual o número de assinantes ótimo para cada serviço.
- Escolher a tecnologia de Rede Básica (GPRS ou 1XRTT)

Observando-se as restrições de **demandas e disponibilidade de recursos**.

3.0 Dados do Problema

3.1 Período de Investimentos

2003 a 2006

3.2 Custos

Cada serviço tem despesas de investimentos (CAPEX) e custos de operação e manutenção (OPEX).

O CAPEX se subdivide em custos fixos e custos por assinante.

O custo fixo deve ser contabilizado uma única vez, na implantação do serviço, já o custo por assinante deve ser contabilizado sempre que houver expansão do número de assinantes.

O OPEX deve ser contabilizado ano a ano, para cada serviço implantado.

Antes de implantar qualquer serviço deve-se ter uma rede básica GPRS ou 1XRTT que servirá como meio de transporte destes serviços.

Todos os custos estão resumidos nas tabelas 1 e 2 :

	C. Fixo	C. Variável
Rede Básica: GPRS	\$20.500.000	\$100/Ass
Rede Básica: 1XRTT	\$15.000.000	\$120/Ass

Tabela 1: Rede Básica

A rede básica é o primeiro investimento a ser feito pois ela é o “meio de transporte” dos serviços. Pode-se escolher entre o GPRS ou 1XRTT

Tabela 2: Serviços de Valor Agregado

	MMS		VPN		LBS	
	CAPEX	OPEX	CAPEX	OPEX	CAPEX	OPEX
Desenvolvedores/Conteúdo		15%		0%		10%
Aquisição de Cliente (MKT/Sales)	\$20/Ass		\$60/Ass		\$10/Ass	
Plataforma	\$ 500.000 + \$6/Ass		\$200.000 + \$10/Ass		\$350.000 + \$5/Ass	
Custos de Operação		\$800.000		\$500.000		\$500.000

	Mobile Shopping		Games		Informação	
	CAPEX	OPEX	CAPEX	OPEX	CAPEX	OPEX
Desenvolvedores/Conteúdo		15%		25%		25%
Aquisição de Cliente (MKT/Sales)	\$10/Ass		\$5/Ass		\$0/Ass	
Plataforma	\$1.000.000 + \$3/Ass		\$500.000 + \$3/Ass		\$50.000	
Custos de Operação		\$1.000.000		\$1.200.000		\$100.000

3.3 Demanda

O departamento de Marketing deve levantar o número máximo de assinantes para cada serviço, a cada ano, como apresentados na tabela 3.

Tabela 3: Demanda máxima, em número de assinantes, para cada serviço

	2003	2004	2005	2006
MMS	600.000	660.000	726.000	798.600
VPN	40.000	43.500	47.175	51.034
LBS	400.000	440.000	484.000	532.400
Mobile Shopping	500.000	600.000	720.000	864.000
Games	500.000	600.000	720.000	864.000
Informações	300.000	330.000	363.000	399.000

Roaming: Existe ainda uma demanda de assinantes que são visitantes (*Roaming*) no sistema, vindos de outras operadoras. Este pagam uma tarifa mais cara por estarem fora de sua área de serviço.

Estima-se que o número de assinantes em *roaming* seja de:

- 10% do total de assinantes, caso opte-se por GPRS
- 5% do total de assinantes, caso opte-se por 1XRTT

Para o CDMA a demanda de roaming é menor pois a planta mundial desta tecnologia é menor.

Total de Assinantes: O número total de assinantes ao final do período é dado pela soma dos assinantes de cada serviço:

$$\text{Total de assinantes} = \text{MMS} + \text{VPN} + \text{LBS} + \text{MSH} + \text{GAM} \quad (1)$$

Notar que o serviço INF não é contabilizado pois foi avaliado que nenhum usuário tem interesse em assinar este serviço independente dos outros, por outro lado, todos os assinantes dos outros serviços estão propensos a assinar também o serviço INF.

3.4 Receitas

As receitas provêm da venda de *Mega Bytes* do serviço. Desta forma, é dado, na Tabela 4, a utilização média por assinante, e na Tabela 5, o preço do MB para cada serviço.

Tabela 4: Utilização média por assinante (MB)

	2003	2004	2005	2006
MMS	120	132	145	159
VPN	240	240	240	240
LBS	20	24	28	33
Mobile Shopping	100	110	121	133
Games	250	275	220	176
Informações	10	17	28	36

Tabela 5 : Preços do MB para cada serviço

Preços/MB assinante (R\$)	2003	2004	2005	2006
MMS	\$1,00	\$0,95	\$0,76	\$0,61
VPN	\$1,50	\$1,50	\$1,50	\$1,50
LBS	\$3,00	\$2,85	\$2,71	\$2,57
Mobile Shopping	\$3,00	\$2,00	\$1,00	\$0,50
Games	\$1,00	\$1,05	\$1,10	\$1,16
Informações	\$3,00	\$3,00	\$3,00	\$3,00

Preço Roaming: O dobro dos preços da tabela 5

3.5 Orçamento

Deseja-se investir, no máximo, os valores dados na Tabela 6, mais 5% da renda do ano anterior.

Tabela 6: Recursos disponíveis para investimento

	2003	2004	2005	2006
Disponível para CAPEX/OPEX	\$25.500.000	\$8.000.000	\$4.000.000	\$2.000.000

Adicionalmente aos valores acima, 5% do total recolhido no ano anterior.

Exemplo: Em 2004 pode-se despendar, entre investimento e manutenção, \$4 milhões mais 5% do que foi recebido em 2003 com a venda de serviços.

4.0 Solução

Neste problema foi utilizado **programação inteira** para considerar-se os custos fixos das plataformas e manutenção.

Desta forma, definiu-se variáveis Y_i , que podem assumir apenas os valores 0 ou 1 que multiplicará os custos fixos.

Para decidir se a Rede Básica deve ser GPRS ou 1XRTT, o problema foi resolvido para cada uma das redes, e então, se fez a opção pela rede mais lucrativa no período analisado.

4.1 Variáveis de Decisão

MMS03, MMS04, MMS05 e MMS06: Número de assinantes do serviço Multimídia Message em 2003, 2004, 2005 e 2006, respectivamente.

Ymms03, Ymms04, Ymms05 e Ymms06: Ymms0i assume 1 se MMS0i > 0, 0 caso contrário.

VPN03, VPN04, VPN05 e VPN06: Número de assinantes do serviço Virtual Private Network em 2003, 2004, 2005 e 2005, respectivamente.

Yvpn03, Yvpn04, Yvpn05 e Yvpn06: Yvpn0i assume 1 se VPN0i > 0, 0 caso contrário.

LBS03, LBS04, LBS05 e LBS06: Número de assinantes do serviço Location Based Services em 2003, 2004, 2005 e 2006, respectivamente.

Ylbs03, Ylbs04, Ylbs05 e Ylbs06: Ylbs0i assume 1 se LBS0i > 0, 0 caso contrário.

MSH03, MSH04, MSH05 e MSH06: Número de assinantes do serviço Mobile Shopping em 2003, 2004, 2005 e 2006, respectivamente.

Ymsh03, Ymsh04, Ymsh05 e Ymsh06: Ymsh0i assume 1 se MSH0i > 0, 0 caso contrário.

GAM03, GAM04, GAM05 e GAM06: Número de assinantes do Games em 2003, 2004, 2005 e 2006, respectivamente.

Ygam03, Ygam04, Ygam05 e Ygam06: Ygam0i assume 1 se GAM0i > 0, 0 caso contrário.

INF03, INF04, INF05 e INF06: Número de assinantes do serviço Informações em 2003, 2004, 2005 e 2006, respectivamente.

Yinf03, Yinf04, Yinf05 e Yinf06: Yinf0i assume 1 se INF0i > 0, 0 caso contrário

4.2 Função Objetivo

Neste problema deseja-se maximizar os lucros, portanto:

$$\text{Máx } z = \text{Receitas} - \text{Custos} \quad (2)$$

Receitas: Provêm da venda de MB de dados, expressa por:

$$\sum MB_i * \$P_i * \text{assinantes} \quad (3)$$

Onde:

MB_i é a média de utilização anual em MB por assinante para o serviço i

$\$P_i$ é o preço cobrado por MB do serviço i

Existem dois preços, o normal e o “roaming”. Com os dados fornecidos pode-se calcular o preço médio do serviço considerando os assinantes visitantes.

As Tabelas 7 e 8 abaixo apresentam a receita média por assinante, para cada tecnologia, já considerando os assinantes em “roaming”.

$$\text{Preço médio/assinante (GPRS)} = 0,9 (MB_i * \$P_i) + 0,1 (2 * MB_i * \$P_i) \quad (4)$$

(Foi dado que 10% dos assinantes são visitantes e, portanto, pagam o dobro do preço)

Tabela 7: Valor médio recebido, por assinante, com rede GPRS

	2003	2004	2005	2006
MMS	\$132	\$138	\$121	\$107
VPN	\$396	\$396	\$396	\$396
LBS	\$66	\$75	\$83	\$93
MSH	\$330	\$242	\$133	\$73
GAM	\$275	\$318	\$266	\$225
INF	\$33	\$56	\$92	\$119

$$\text{Preço médio/assinante (1XRTT)} = 0,95 (MB_i * \$P_i) + 0,05 (2 * MB_i * \$P_i) \quad (5)$$

(Neste caso, 5% dos assinantes são visitantes e, portanto, pagam o dobro do preço)

Tabela 8: Valor médio recebido, por assinante, com rede 1XRTT

	2003	2004	2005	2006
MMS	\$126	\$132	\$116	\$102
VPN	\$378	\$378	\$378	\$378
LBS	\$63	\$72	\$80	\$89
MSH	\$315	\$231	\$127	\$70
GAM	\$263	\$303	\$254	\$214
INF	\$32	\$54	\$88	\$113

Custos:

Todos os custos foram indicados nas Tabela 1 e 2

Custos de desenvolvedores ou provedores de conteúdo (porcentagem da receita recebida);

Custo da Plataforma (Custo fixo e custo/assinante);

Aquisição de Assinante (custo/assinante);

Custo de Operação (custo fixo); e

Custo de Rede básica (Custo fixo e custo/assinante).

Função Objetivo (Exemplo com GPRS)

Aqui será apresentada a formulação para apenas 1 serviço (MMS). Para os demais serviços a formulação é idêntica **(Veja formulação completa na seção 5.0).**

Máx $z = 132\text{MMS03} + 138\text{MMS04} + 121\text{MMS05} + 107\text{MMS06}$ (Receitas)
- $0,15 * (132\text{MMS03} + 138\text{MMS04} + 121\text{MMS05} + 107\text{MMS06})$ (Custo Desenvolvimento./Conteúdo)
- $500000\text{Ymms06} - 6\text{MMS06}$ (Custo da Plataforma de Serviço)
- 800000Ymms06 (Custo de Operação)
- 20MMS06 (Custo de Aquisição de Cliente)
- 100MMS06 (Custo variável da Rede Básica)
+ (formulação idêntica para demais serviços)

4.3 Restrições

Novamente será apresentada as restrições para um único serviço, para os demais a formulação é idêntica **(Veja formulação completa na seção 5.0).**

$\text{MMS04} - \text{MMS03} \geq 0$
 $\text{MMS05} - \text{MMS04} \geq 0$
 $\text{MMS06} - \text{MMS05} \geq 0$

O Número de assinantes não pode diminuir. Esta restrição indica que a operadora não pode “tirar o serviço do ar”, mesmo que ele deixe de ser interessante.

$600000\text{Ymms03} - \text{MMS03} \geq 0$
 $660000\text{Ymms04} - \text{MMS04} \geq 0$
 $726000\text{Ymms05} - \text{MMS05} \geq 0$
 $986000\text{Ymms06} - \text{MMS06} \geq 0$

Estabelece a relação entre Ymms e MMS ao mesmo tempo que limita a quantidade de assinante (demanda).

Restrição de Orçamento 2003

$500000\text{Ymms03} + 6\text{MMS03}$ (Custo da Plataforma)
+ 800000Ymms03 (Custo de Operação)
+ 20MMS03 (Custo de aquisição de clientes)
+ 100MMS03 (Custo variável da rede básica)
+ custos dos outros serviços ≤ 5000000 (Já descontado custo fixo da rede básica)

Onde : Custos de outros serviços é uma formulação idêntica para os serviços VPN, LBS, etc.

Restrição de Orçamento 2004 em diante

A diferença com relação a 2003 é o aproveitamento dos investimentos do ano anterior, assim, uma plataforma comprada em 2003, serve também para 2004 em diante. Também, no lado direito da inequação entra 5% da receita do ano anterior

$500000(\text{Ymms04} - \text{Ymms03}) + 6(\text{MMS04} - \text{MMS03})$ (Custo da Plataforma)
+ 800000Ymms04 (Custo de Operação)
+ $20(\text{MMS04} - \text{MMS03})$ (Custo de aquisição de clientes)
+ $100(\text{MMS04} - \text{MMS03})$ (Custo variável da rede básica)
+ (custos dos outros serviços) $\leq 8000000 + 0,05(132\text{MMS03} + \text{outros serviços})$

5.0 Formulação Utilizando o LINDO

As tabelas 9 a 12 fornecem os coeficientes utilizados na descrição para o LINDO.

Tabela 9: Receita/assinante, já descontados os custos de desenvolvimento, para GPRS.

	2003	2004	2005	2006
MMS	\$112	\$117	\$103	\$91
VPN	\$396	\$396	\$396	\$396
LBS	\$59	\$68	\$75	\$84
MSH	\$281	\$206	\$113	\$62
GAM	\$206	\$238	\$200	\$168
INF	\$25	\$42	\$69	\$89

Tabela 10: Receita/assinante, já descontados os custos de desenvolvimento, para 1XRTT.

	2003	2004	2005	2006
MMS	\$107	\$112	\$98	\$87
VPN	\$378	\$378	\$378	\$378
LBS	\$57	\$65	\$72	\$80
MSH	\$268	\$196	\$108	\$59
GAM	\$197	\$227	\$191	\$161
INF	\$24	\$40	\$66	\$85

Tabela 11: Reinvestimento de Receitas GPRS (Adicional de recursos para 2004 em diante)

	2004	2005	2006
MMS	\$6,6	\$6,9	\$6,1
VPN	\$19,8	\$19,8	\$19,8
LBS	\$3,3	\$3,8	\$4,2
MSH	\$16,5	\$12,1	\$6,7
GAM	\$13,8	\$15,9	\$13,3
INF	\$1,7	\$2,8	\$4,6

Tabela 12: Reinvestimento de Receitas 1XRTT

	2004	2005	2006
MMS	\$6,3	\$6,6	\$5,8
VPN	\$18,9	\$18,9	\$18,9
LBS	\$3,2	\$3,6	\$4,0
MSH	\$15,8	\$11,6	\$6,4
GAM	\$13,1	\$15,2	\$12,7
INF	\$1,6	\$2,7	\$4,4

Formulação do Lindo para Rede GPRS

max 112MMS03 + 396VPN03 + 59LBS03 + 281MSH03 + 206GAM03 + 25INF03
- 800000Ymms03 - 500000Yvpn03 - 500000Ylbs03 - 1000000Ymsh03 - 1200000Ygam03 - 100000Yinf03
+ 117MMS04 + 396VPN04 + 68LBS04 + 206MSH04 + 238GAM04 + 42INF04
- 800000Ymms04 - 500000Yvpn04 - 500000Ylbs04 - 1000000Ymsh04 - 1200000Ygam04 - 100000Yinf04
+ 103MMS05 + 396VPN05 + 75LBS05 + 113MSH05 + 200GAM05 + 69INF05
- 800000Ymms05 - 500000Yvpn05 - 500000Ylbs05 - 1000000Ymsh05 - 1200000Ygam05 - 100000Yinf05
+ 91MMS06 + 396VPN06 + 84LBS06 + 62MSH06 + 168GAM06 + 89INF06
- 800000Ymms06 - 500000Yvpn06 - 500000Ylbs06 - 1000000Ymsh06 - 1200000Ygam06 - 100000Yinf06
- 500000Ymms06 - 200000Yvpn06 - 350000Ylbs06 - 1000000Ymsh06 - 500000Ygam06 - 50000Yinf06
- 26MMS06 - 70VPN06 - 15LBS06 - 13MSH06 - 8GAM06 - 100MMS06 - 100VPN06 - 100LBS06
- 100MSH06 - 100GAM06
s.t.
2) MMS04 - MMS03 >= 0
3) MMS05 - MMS04 >= 0
4) MMS06 - MMS05 >= 0
5) 600000Ymms03 - MMS03 >= 0
6) 660000Ymms04 - MMS04 >= 0
7) 726000Ymms05 - MMS05 >= 0
8) 798000Ymms06 - MMS06 >= 0
9) VPN04 - VPN03 >= 0
10) VPN05 - VPN04 >= 0
11) VPN06 - VPN05 >= 0
12) 40000Yvpn03 - VPN03 >= 0
13) 43500Yvpn04 - VPN04 >= 0
14) 47175Yvpn05 - VPN05 >= 0
15) 51034Yvpn06 - VPN06 >= 0
16) LBS04 - LBS03 >= 0
17) LBS05 - LBS04 >= 0
18) LBS06 - LBS05 >= 0
19) 400000Ylbs03 - LBS03 >= 0
20) 440000Ylbs04 - LBS04 >= 0
21) 484000Ylbs05 - LBS05 >= 0
22) 532400Ylbs06 - LBS06 >= 0
23) MSH04 - MSH03 >= 0
24) MSH05 - MSH04 >= 0
25) MSH06 - MSH05 >= 0
26) 500000Ymsh03 - MSH03 >= 0
27) 600000Ymsh04 - MSH04 >= 0
28) 720000Ymsh05 - MSH05 >= 0
29) 864000Ymsh06 - MSH06 >= 0
30) GAM04 - GAM03 >= 0
31) GAM05 - GAM04 >= 0
32) GAM06 - GAM05 >= 0
33) 500000Ygam03 - GAM03 >= 0
34) 600000Ygam04 - GAM04 >= 0
35) 720000Ygam05 - GAM05 >= 0
36) 864000Ygam06 - GAM06 >= 0
37) INF04 - INF03 >= 0
38) INF05 - INF04 >= 0
39) INF06 - INF05 >= 0
40) 300000Yinf03 - INF03 >= 0
41) 330000Yinf04 - INF04 >= 0
42) 363000Yinf05 - INF05 >= 0

43) $399000Y_{inf06} - INF06 \geq 0$
 44) $INF03 - MMS03 - VPN03 - LBS03 - MSH03 - GAM03 \leq 0$
 45) $INF04 - MMS04 - VPN04 - LBS04 - MSH04 - GAM04 \leq 0$
 46) $INF05 - MMS05 - VPN05 - LBS05 - MSH05 - GAM05 \leq 0$
 47) $INF06 - MMS06 - VPN06 - LBS06 - MSH06 - GAM06 \leq 0$
 48) $500000Y_{mms03} + 800000Y_{mms03} + 26MMS03 + 200000Y_{vpn03} + 500000Y_{vpn03} + 70VPN03$
 $+ 350000Y_{lbs03} + 500000Y_{lbs03} + 15LBS03 + 1000000Y_{msh03} + 1000000Y_{msh03} + 13MSH03$
 $500000Y_{gam03} + 1200000Y_{gam03} + 8GAM03 + 50000Y_{inf03} + 100000Y_{inf03} + 100MMS03 + 100VPN03$
 $+ 100LBS03 + 100MSH03 + 100GAM03 \leq 5000000$
 49) $500000Y_{mms04} - 500000Y_{mms03} + 800000Y_{mms04} + 26MMS04 - 26MMS03 + 200000Y_{vpn04} - 200000Y_{vpn03}$
 $+ 500000Y_{vpn04} + 70VPN04 - 70VPN03 + 350000Y_{lbs04} - 350000Y_{lbs03} + 500000Y_{lbs04} + 15LBS04 - 15LBS03$
 $+ 1000000Y_{msh04} - 1000000Y_{msh03} + 1000000Y_{msh04} + 13MSH04 - 13MSH03 + 500000GAM04 - 500000GAM03$
 $+ 1200000Y_{gam04} + 8GAM04 - 8GAM03 + 50000Y_{inf04} - 50000Y_{inf03} + 100000Y_{inf04} + 100MMS04 - 100MMS03$
 $+ 100VPN04 - 100VPN03 + 100LBS04 - 100LBS03 + 100MSH04 - 100MSH03 + 100GAM04 - 100GAM03 - 6.6MMS03$
 $- 19.8VPN03 - 3.3LBS03 - 16.5MSH03 - 13.8GAM03 - 1.7INF03 \leq 8000000$
 50) $500000Y_{mms05} - 500000Y_{mms04} + 800000Y_{mms05} + 26MMS05 - 26MMS04 + 200000Y_{vpn05} - 200000Y_{vpn04}$
 $+ 500000Y_{vpn05} + 70VPN05 - 70VPN04 + 350000Y_{lbs05} - 350000Y_{lbs04} + 500000Y_{lbs05} + 15LBS05 - 15LBS04$
 $+ 1000000Y_{msh05} - 1000000Y_{msh04} + 1000000Y_{msh05} + 13MSH05 - 13MSH04 + 500000GAM05 - 500000GAM04$
 $+ 1200000Y_{gam05} + 8GAM05 - 8GAM04 + 50000Y_{inf05} - 50000Y_{inf04} + 100000Y_{inf05} + 100MMS05 - 100MMS04$
 $+ 100VPN05 - 100VPN04 + 100LBS05 - 100LBS04 + 100MSH05 - 100MSH04 + 100GAM05 - 100GAM04 - 6.9MMS04$
 $- 19.8VPN04 - 3.8LBS04 - 12.1MSH04 - 15.9GAM04 - 2.8INF04 \leq 4000000$
 51) $500000Y_{mms06} - 500000Y_{mms05} + 800000Y_{mms06} + 26MMS06 - 26MMS05 + 200000Y_{vpn06} - 200000Y_{vpn05}$
 $+ 500000Y_{vpn06} + 70VPN06 - 70VPN05 + 350000Y_{lbs06} - 350000Y_{lbs05} + 500000Y_{lbs06} + 15LBS06 - 15LBS05$
 $+ 1000000Y_{msh06} - 1000000Y_{msh05} + 1000000Y_{msh06} + 13MSH06 - 13MSH05 + 500000GAM06 - 500000GAM05$
 $+ 1200000Y_{gam06} + 8GAM06 - 8GAM05 + 50000Y_{inf06} - 50000Y_{inf05} + 100000Y_{inf06} + 100MMS06 - 100MMS05$
 $+ 100VPN06 - 100VPN05 + 100LBS06 - 100LBS05 + 100MSH06 - 100MSH05 + 100GAM06 - 100GAM05$
 $- 6.1MMS05 - 19.8VPN05 - 4.2LBS05 - 6.7MSH05 - 13.3GAM05 - 4.6INF05 \leq 2000000$
 END
 int Ymms03
 int Ymms04
 int Ymms05
 int Ymms06
 int Yvpn03
 int Yvpn04
 int Yvpn05
 int Yvpn06
 int Ylbs03
 int Ylbs04
 int Ylbs05
 int Ylbs06
 int Ymsh03
 int Ymsh04
 int Ymsh05
 int Ymsh06
 int Ygam03
 int Ygam04
 int Ygam05
 int Ygam06
 int Yinf03
 int Yinf04
 int Yinf05
 int Yinf06

Resultados para GPRS

1) 0.7923103E+08

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
YMMS03	0.000000	6505504.500000
YMMS04	0.000000	3579866.500000
YMMS05	0.000000	-56971476.000000
YMMS06	0.000000	-99499.039062
YVPN03	1.000000	3767010.000000
YVPN04	1.000000	-10842485.000000
YVPN05	1.000000	-10334012.000000
YVPN06	1.000000	-10816995.000000
YLBS03	0.000000	4165584.000000
YLBS04	1.000000	2277066.750000
YLBS05	1.000000	1992536.250000
YLBS06	1.000000	851513.000000
YMSH03	0.000000	-4457638.500000
YMSH04	0.000000	-87945624.000000
YMSH05	0.000000	4511536.000000
YMSH06	0.000000	-16587790.000000
YGAM03	0.000000	*****
YGAM04	0.000000	4576796.000000
YGAM05	0.000000	3307989.500000
YGAM06	0.000000	1702136.000000
YINF03	0.000000	-8155164.500000
YINF04	1.000000	434266.593750
YINF05	1.000000	187832.890625
YINF06	1.000000	150178.000000
MMS03	0.000000	204.229721
VPN03	25294.117188	0.000000
LBS03	0.000000	237.287155
MSH03	0.000000	0.000000
GAM03	0.000000	0.000000
INF03	0.000000	0.000000
MMS04	0.000000	0.000000
VPN04	43500.000000	0.000000
LBS04	33963.683594	0.000000
MSH04	0.000000	0.000000
GAM04	0.000000	528470.625000
INF04	77463.679688	0.000000
MMS05	0.000000	0.000000
VPN05	47175.000000	0.000000
LBS05	65115.945312	0.000000
MSH05	0.000000	0.000000
GAM05	0.000000	877270.500000
INF05	112290.945312	0.000000
MMS06	0.000000	36.980938
VPN06	51034.000000	0.000000
LBS06	65115.945312	0.000000
MSH06	0.000000	0.000000
GAM06	0.000000	830.192261
INF06	112330.304688	0.000000
YINF	0.000000	175665.796875

Formulação do LINDO para Rede 1XRTT

max 107MMS03 + 378VPN03 + 57LBS03 + 268MSH03 + 197GAM03 + 24INF03
- 800000Ymms03 - 500000Yvpn03 - 500000Ylbs03 - 1000000Ymsh03 - 1200000Ygam03 - 100000Yinf03
+ 112MMS04 + 378VPN04 + 65LBS04 + 196MSH04 + 227GAM04 + 40INF04
- 800000Ymms04 - 500000Yvpn04 - 500000Ylbs04 - 1000000Ymsh04 - 1200000Ygam04 - 100000Yinf04
+ 98MMS05 + 378VPN05 + 72LBS05 + 108MSH05 + 191GAM05 + 66INF05
- 800000Ymms05 - 500000Yvpn05 - 500000Ylbs05 - 1000000Ymsh05 - 1200000Ygam05 - 100000Yinf05
+ 87MMS06 + 378VPN06 + 80LBS06 + 59MSH06 + 161GAM06 + 85INF06
- 800000Ymms06 - 500000Yvpn06 - 500000Ylbs06 - 1000000Ymsh06 - 1200000Ygam06 - 100000Yinf06
- 500000Ymms06 - 200000Yvpn06 - 350000Ylbs06 - 1000000Ymsh06 - 500000Ygam06 - 50000Yinf06
- 26MMS06 - 70VPN06 - 15LBS06 - 13MSH06 - 8GAM06 - 120MMS06 - 120VPN06 - 120LBS06
- 120MSH06 - 120GAM06

s.t

- 2) MMS04 - MMS03 >= 0
- 3) MMS05 - MMS04 >= 0
- 4) MMS06 - MMS05 >= 0
- 5) 600000Ymms03 - MMS03 >= 0
- 6) 660000Ymms04 - MMS04 >= 0
- 7) 726000Ymms05 - MMS05 >= 0
- 8) 986000Ymms06 - MMS06 >= 0
- 9) VPN04 - VPN03 >= 0
- 10) VPN05 - VPN04 >= 0
- 11) VPN06 - VPN05 >= 0
- 12) 40000Yvpn03 - VPN03 >= 0
- 13) 43500Yvpn04 - VPN04 >= 0
- 14) 47175Yvpn05 - VPN05 >= 0
- 15) 51034Yvpn06 - VPN06 >= 0
- 16) LBS04 - LBS03 >= 0
- 17) LBS05 - LBS04 >= 0
- 18) LBS06 - LBS05 >= 0
- 19) 400000Ylbs03 - LBS03 >= 0
- 20) 440000Ylbs04 - LBS04 >= 0
- 21) 484000Ylbs05 - LBS05 >= 0
- 22) 532400Ylbs06 - LBS06 >= 0
- 23) MSH04 - MSH03 >= 0
- 24) MSH05 - MSH04 >= 0
- 25) MSH06 - MSH05 >= 0
- 26) 500000Ymsh03 - MSH03 >= 0
- 27) 600000Ymsh04 - MSH04 >= 0
- 28) 720000Ymsh05 - MSH05 >= 0
- 29) 864000Ymsh06 - MSH06 >= 0
- 30) GAM04 - GAM03 >= 0
- 31) GAM05 - GAM04 >= 0
- 32) GAM06 - GAM05 >= 0
- 33) 500000Ygam03 - GAM03 >= 0
- 34) 600000Ygam04 - GAM04 >= 0
- 35) 720000Ygam05 - GAM05 >= 0
- 36) 864000Ygam06 - GAM06 >= 0
- 37) INF04 - INF03 >= 0
- 38) INF05 - INF04 >= 0
- 39) INF06 - INF05 >= 0
- 40) 300000Yinf03 - INF03 >= 0
- 41) 330000Yinf04 - INF04 >= 0
- 42) 363000Yinf05 - INF05 >= 0
- 43) 399000Yinf06 - INF06 >= 0

44) INF03 - MMS03 - VPN03 - LBS03 - MSH03 - GAM03<=0
 45) INF04 - MMS04 - VPN04 - LBS04 - MSH04 - GAM04<=0
 46) INF05 - MMS05 - VPN05 - LBS05 - MSH05 - GAM05<=0
 47) INF06 - MMS06 - VPN06 - LBS06 - MSH06 - GAM06<=0
 48) 500000Ymms03 + 800000Ymms03 + 26MMS03 + 200000Yvpn03 + 500000Yvpn03 + 70VPN03
 + 350000Ylbs03 + 500000Ylbs03 + 15LBS03 + 1000000Ymsh03 + 1000000Ymsh03 + 13MSH03
 500000Ygam03 + 1200000Ygam03 + 8GAM03 + 50000Yinf03 + 100000Yinf03 + 120MMS03 + 120VPN03
 + 120LBS03 + 120MSH03 + 120GAM03<=10500000

49) 500000Ymms04-500000Ymms03 + 800000Ymms04 + 26MMS04 - 26MMS03 + 200000Yvpn04-200000Yvpn03
 + 500000Yvpn04 + 70VPN04-70VPN03 + 350000Ylbs04 - 350000Ylbs03 + 500000Ylbs04 + 15LBS04-15LBS03
 + 1000000Ymsh04 - 1000000Ymsh03 + 1000000Ymsh04 + 13MSH04 - 13MSH03 + 500000GAM04 - 500000GAM03
 + 1200000Ygam04 + 8GAM04 - 8GAM03 + 50000Yinf04 - 50000Yinf03 + 100000Yinf04 + 120MMS04 - 120MMS03
 +120VPN04 - 120VPN03 + 120LBS04 - 120LBS03 + 120MSH04 - 120MSH03 + 120GAM04 - 120GAM03 -6.3MMS03
 - 18.9VPN03 - 3.2LBS03 - 15.8MSH03 - 13.1GAM03 -1.6INF03 <= 8000000

50) 500000Ymms05-500000Ymms04 + 800000Ymms05 + 26MMS05 - 26MMS04 + 200000Yvpn05-200000Yvpn04
 + 500000Yvpn05 + 70VPN05-70VPN04 + 350000Ylbs05 - 350000Ylbs04 + 500000Ylbs05 + 15LBS05-15LBS04
 + 1000000Ymsh05 - 1000000Ymsh04 + 1000000Ymsh05 + 13MSH05 - 13MSH04 + 500000GAM05 - 500000GAM04
 + 1200000Ygam05 + 8GAM05 - 8GAM04 + 50000Yinf05 - 50000Yinf04 + 100000Yinf + 120MMS05 - 120MMS04
 +120VPN05 - 120VPN04 + 120LBS05 - 120LBS04 + 120MSH05 - 120MSH04 + 120GAM05 - 120GAM04 -6.6MMS04
 - 18.9VPN04 - 3.6LBS04 - 11.6MSH04 - 15.2GAM04 - 2.7INF04<= 4000000

51) 500000Ymms06-500000Ymms05 + 800000Ymms06 + 26MMS06 - 26MMS05 + 200000Yvpn06-200000Yvpn05
 + 500000Yvpn06 + 70VPN06-70VPN05 + 350000Ylbs06 - 350000Ylbs05 + 500000Ylbs06 + 15LBS06-15LBS05
 + 1000000Ymsh06 - 1000000Ymsh05 + 1000000Ymsh06 + 13MSH06 - 13MSH05 + 500000GAM06 - 500000GAM05
 + 1200000Ygam06 + 8GAM06 - 8GAM05 + 50000inf06 - 50000inf05 + 100000Yinf06 + 120MMS06 - 120MMS05
 +120VPN06 - 120VPN05 + 120LBS06 -120LBS05 +120MSH06 - 120MSH05 + 120GAM06 - 120GAM05
 - 5.8MMS05 - 18.9VPN05 - 4.0LBS05 -6.4MSH05 -12.7GAM05 - 4.4INF05<= 2000000

END

int Ymms03
 int Ymms04
 int Ymms05
 int Ymms06
 int Yvpn03
 int Yvpn04
 int Yvpn05
 int Yvpn06
 int Ylbs03
 int Ylbs04
 int Ylbs05
 int Ylbs06
 int Ymsh03
 int Ymsh04
 int Ymsh05
 int Ymsh06
 int Ygam03
 int Ygam04
 int Ygam05
 int Ygam06
 int Yinf03
 int Yinf04
 int Yinf05
 int Yinf06

Resultados para 1XRTT

OBJECTIVE FUNCTION VALUE

1) 0.1013021E+09

VARIABLE	VALUE	REDUCED COST
YMMS03	0.000000	8533270.000000
YMMS04	0.000000	4839571.500000
YMMS05	0.000000	-46632372.000000
YMMS06	0.000000	1302210.000000
YVPN03	0.000000	4912332.000000
YVPN04	1.000000	2761315.000000
YVPN05	1.000000	-12446621.000000
YVPN06	1.000000	-8876718.000000
YLBS03	0.000000	5473614.000000
YLBS04	0.000000	3112538.000000
YLBS05	1.000000	1557272.750000
YLBS06	1.000000	851445.000000
YMSH03	0.000000	12069791.000000
YMSH04	0.000000	6927521.500000
YMSH05	0.000000	-63990480.000000
YMSH06	0.000000	2003400.000000
YGAM03	1.000000	13657453.000000
YGAM04	1.000000	5503243.000000
YGAM05	1.000000	2693460.250000
YGAM06	1.000000	1702040.000000
YINF03	1.000000	1019885.250000
YINF04	1.000000	575677.875000
YINF05	1.000000	162227.515625
YINF06	1.000000	150170.000000
MMS03	0.000000	386.984436
VPN03	0.000000	235.443024
LBS03	0.000000	406.940521
MSH03	0.000000	143.272675
GAM03	67578.125000	0.000000
INF03	67578.125000	0.000000
MMS04	0.000000	178.282593
VPN04	36803.804688	0.000000
LBS04	0.000000	203.259903
MSH04	0.000000	57.620525
GAM04	67578.125000	0.000000
INF04	104381.929688	0.000000
MMS05	0.000000	0.000000
VPN05	47175.000000	0.000000
LBS05	10988.203125	0.000000
MSH05	0.000000	0.000000
GAM05	67578.125000	0.000000
INF05	125741.328125	0.000000
MMS06	0.000000	59.248199
VPN06	51034.000000	0.000000
LBS06	10988.203125	0.000000
MSH06	0.000000	74.226097
GAM06	67578.125000	0.000000
INF06	125767.593750	0.000000
YINF	0.000000	124455.023438

6.0 Sumário dos Resultados

Resultados com Rede Básica GPRS

Tabela 13 – Resumo dos Resultados (GPRS)

	2003	2004	2005	2006
Multimídia Messaging	0	0	0	0
Virtual Private Network	25.294	43.500	47.175	51.034
Location Based Service	0	33.965	65.115	65.115
Mobile Shopping	0	0	0	0
Games	0	0	0	0
Informações	0	77.463	112.290	112.330

Este resultado leva a um lucro no período de:

Lucro no período = \$ 79.231.000 – \$ 20.500.000 = \$58.731.000 (Subtraindo o custo fixo da rede básica)

Resultados com Rede Básica 1XRTT

Tabela 14: Resumo dos Resultados (1XRTT)

	2003	2004	2005	2006
Multimídia Messaging	0	0	0	0
Virtual Private Network	0	36.803	47.175	51.034
Location Based Service	0	0	10.988	10.988
Mobile Shopping	0	0	0	0
Games	67.578	67.578	67.578	67.578
Informações	67.578	104.381	125.741	125.767

Este resultado leva a um lucro no período de:

Lucro no período = \$ 101.302.000 – \$ 15.500.000 = \$85.802.000 (Subtraindo o custo fixo da rede básica)

7.0 Conclusão

Os resultados analisados sugerem a implantação de uma rede 1XRTT com os serviços e cronograma de implantação dado pela Tabela 14, pois este resultado é o que fornece maior lucro no período.

Este trabalho representa apenas uma análise de caso, portanto, qualquer alteração no período de análise ou dos dados de entrada exige uma nova formulação ou, quando possível, uma análise de sensibilidade.

O período analisado deve ser próximo do “ciclo de vida” das plataformas, pois, desta forma, garante-se a coerência da análise.

Neste trabalho considerou-se como número total de assinantes a soma dos assinantes de cada serviço, porém, normalmente um cliente assina mais de um serviço, o que diminui o investimento em Rede Básica, porém, uma ampla pesquisa de mercado seria necessário para se prever o comportamento do assinante.

8.0 Bibliografia

- [1] Winston, Wayne L., “Introduction to Mathematical Programming”, Duxbury Press, Second Edition, 1997

BOLETINS TÉCNICOS - TEXTOS PUBLICADOS

- BT/PSI/0001 – Observabilidade Topológica de Osawa em Redes não Lineares – ARMANDO HANDAYA, FLÁVIO A. M. CIPPARRONE
- BT/PSI/0002 – Desenvolvimento de uma Microbalança de Quartzo para Detectar Gases – ROBERTO CHURA CHAMBI, FRANCISCO JAVIER RAMIREZ FERNANDEZ
- BT/PSI/0003 – Sistema para Desenvolvimento de Sensores Inteligentes – ANTONIO CARLOS GASPARETTI, FRANCISCO JAVIER RAMIREZ FERNANDEZ
- BT/PSI/0004 – A 1.6GHz Dual Modulus Prescaler Using the Extended True Single-Phase Clock CMOS Circuit Technique (E-TSPC) – JOÃO NAVARRO SOARES JÚNIOR, WILHELMUS ADRIANUS M. VAN NOIJE
- BT/PSI/0005 – Modelamento em Linguagem VHDL de uma Unidade de Policiamento para Redes Locais ATM – ÉDSON TAKESHI NAKAMURA, MARIUS STRUM
- BT/PSI/0006 – Otimização das Operações Coletivas para um Aglomerado de 8 Computadores usando uma Rede Ethernet 10 Mbps baseada em Hub – MARTHA TORRES, SERGIO TAKEO KOFUJI
- BT/PSI/0007 – Short Temporal Coherence Optical Source With External Fiber Optics Cavity – CARMEM LÚCIA BARBOSA, JOSÉ KEBLER DA CUNHA PINTO
- BT/PSI/0008 – Hydrogenated Carbon Films Used as Mask in Wafer Processing With Integrated Circuits: Post-Processing – JUAN M. JARAMILLO O., RONALDO D. MANSANO, EDGAR CHARRY R.
- BT/PSI/0009 – Redes Neurais em VLS – ANTONIO RAMIREZ HIDALGO, FRANCISCO JAVIER RAMIREZ FERNANDEZ
- BT/PSI/0010 – Caracterização de Filmes Obtidos a Partir da Deposição por Plasma de Hexametildissilazana – SANDRINO NOGUEIRA, MARIA LÚCIA PEREIRA DA SILVA
- BT/PSI/0011 – InterFace: A Real Time Facial Animation System – JOSÉ DANIEL RAMOS WEY, MARCELO KNORICH ZUFFO
- BT/PSI/0012 – Análise de Desempenho Dinâmico de Sistemas de Transmissão em Corrente Contínua Multiterminais Série Utilizando GTO – MARIA APARECIDA DOS SANTOS, WALDIR PÓ
- BT/PSI/0013 – Estudo de Dispositivos Miniaturizados para Controle do Escoamento de Fluidos – ELIPHAS WAGNER SIMÕES, ROGÉRIO FURLAN
- BT/PSI/0014 – Projeto de um Sistema de Sinalização de Tronco E1: Um Estudo de Caso usando o Ambiente Ptolemy – OSCAR W. PEÑA GUILARTE, MARIUS STRUM
- BT/PSI/0015 – Obtenção de Filmes de Nitreto de Silício por Deposição Química Assistida por Plasma Acoplado Indutivamente – LUÍS DE S. ZAMBOM, ROGÉRIO FURLAN, RONALDO D. MANSANO
- BT/PSI/0016 – Obtenção de Oxinitretos de Porta por Processamento Térmico Rápido Visando a Fabricação de Circuitos Integrados MOS – LEANDRO ZEIDAN TOQUETTI, SEBASTIÃO G. SANTOS FILHO
- BT/PSI/0017 – Characterization of Silicon Oxide Thin Films Deposited by TEOS PECVD – ANA NEILDE R. DA SILVA, NILTON I. MORIMOTO
- BT/PSI/0018 – Estudo e Caracterização de Filmes Sapos para a Passivação de Dispositivos de Potência – EDUARDO DOS SANTOS FERREIRA, NILTON ITIRO MORIMOTO
- BT/PSI/0019 – Simulação, Funcional e Elétrica, de Diodos Controlados por Porta Visando Demonstrar a sua Aplicabilidade como Sensor de Radiação Luminosa – HUGO PUERTAS DE ARAÚJO, SEBASTIÃO GOMES DOS SANTOS FILHO
- BT/PSI/0020 – Graded-Channel Fully-Depleted Silicon-on-Insulator Nmosfet for Reducing the Parasitic Bipolar Effects – MARCELO ANTONIO PAVANELLO, JOÃO ANTONIO MARTINO, DENIS FLANDRE
- BT/PSI/0021 – FFT para Detecção de Aromas – G. C. SANTOS QUISPE, F. J. RAMIREZ FERNANDEZ
- BT/PSI/0201 – Estudo para Aplicação de Litografia por Feixe de Elétrons na Fabricação de Estruturas de Relevô Contínuo para Utilização em Microóptica Integrada – HAMILTON FERNANDES DE MORAES JUNIOR, ANTONIO CARLOS SEABRA
- BT/PSI/0202 – Sistemas de Adaptação ao Locutor Utilizando Autovozes – LISELENE DE ABREU BORGES, MIGUEL ARJONA RAMÍREZ
- BT/PSI/0203 – A Wideband Down-Converter MMIC with Gain Control for Digital Radio Systems – D. VIVEIROS JR., M. B. PEROTONI, M. A. LUQUEZE, D. CONSONNI, J. G. C. POLOTO
- BT/PSI/0204 – Highly Conductive N-Type $\mu\text{c-Si:H}$ Films Deposited at Very Low Temperature – ALEXANDRE MANTOVANI NARDES, ELY ANTONIO TADEU DIRANI
- BT/PSI/0205 – Effect of Stencil Alignment on the Solder Beading in SMT Process – FLÁVIO SOUSA SILVA, MAURÍCIO MASSAZUMI OKA
- BT/PSI/0206 – Sistema de Reconhecimento de Voz Dependente de Locutor Utilizando-se a Transformada Discreta Cosseno – WASHINGTON LUIS SANTOS SILVA, IVANDRO SANCHES
- BT/PSI/0207 – Construção e Caracterização de Diodos N^+P com Contatos Al/Ni/TiSi_2 – RONALDO WILLIAN REIS, SEBASTIÃO GOMES DOS SANTOS FILHO

- BT/PSI/0208 – Diagnóstico de Falhas em Equipamentos Usando Técnicas de Redes Neurais Artificiais – MARIANA A. AGUIAR, ZSOLT L. KOVÁCS
- BT/PSI/0209 – Analysis of the Leakage Drain Current Carriers in SOI MOSFETs Operating at High-Temperatures – MARCELLO BELLODI, JOÃO ANTONIO MARTINO
- BT/PSI/0210 – A New Technique to Extract the Oxide Charge Density at Front and Back Interfaces of SOI nMOSFETs Devices – APARECIDO SIRLEY NICOLETT, JOÃO ANTONIO MARTINO
- BT/PSI/0211 – A New Methods for Determining the Silicon Film Doping Concentration and the Back Interface Oxide Charge Density Using SOI-MOS Capacitor – VICTOR SONNENBERG, JOÃO ANTONIO MARTINO
- BT/PSI/0212 – Produção de Novos Filmes para Detecção de Poluentes – ANTONIO PEREIRA DO NASCIMENTO FILHO, MARIA LÚCIA PEREIRA DA SILVA
- BT/PSI/0213 – Composição de Baixo Custo para Refeições Populares – GUSTAVO FELIPE PAOLILLO, FLÁVIO ALMEIDA M. CIPPARRONE
- BT/PSI/0214 – Posicionamento Automático de Estações para Atendimento de Usuários a Diversas Taxas – FABIO LEONEL ORSI, FLÁVIO ALMEIDA M. CIPPARRONE
- BT/PSI/0215 – Controle Ótimo de Potência em Redes de Comunicação sem Fio – TADEU JUNIOR GROSS, VANDERLEI A. DA SILVA, FLÁVIO ALMEIDA M. CIPPARRONE
- BT/PSI/0216 – Racionalização do Consumo de Energia Elétrica pelas Estações Rádio Base no Link Direto de um Sistema CDMA – E. M. G. STANCANELLI, FLÁVIO ALMEIDA M. CIPPARRONE