

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE TECNOLOGIA E GEOCIÊNCIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

GERALDO ANDRADE DE OLIVEIRA

A TEORIA DA DECISÃO APLICADA
NAS SOLUÇÕES DE REDES DE
TELECOMUNICAÇÕES

VIRTUS IMPAVIDA

RECIFE, FEVEREIRO DE 2010.

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

GERALDO ANDRADE DE OLIVEIRA

A TEORIA DA DECISÃO APLICADA
NAS SOLUÇÕES DE REDES DE
TELECOMUNICAÇÕES

Dissertação submetida ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica da Universidade Federal de Pernambuco como parte dos requisitos para obtenção do grau de **Mestre em Engenharia Elétrica**

ORIENTADOR: PROF. FERNANDO MENEZES CAMPELLO DE SOUZA, PH.D.

Recife, Fevereiro de 2010.

©Geraldo Andrade de Oliveira, 2010

O48t Oliveira, Geraldo Andrade de

A teoria da decisão aplicada nas soluções de redes de telecomunicações / Geraldo Andrade de Oliveira. – Recife: O Autor, 2010.

109 f.; il., gráfs., tabs.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco. CTG. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica, 2010.

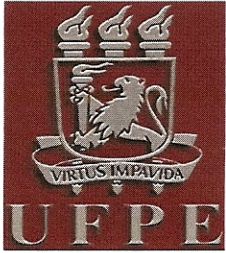
Inclui Referências Bibliográficas e Apêndices.

1. Engenharia Elétrica. 2. Teoria da Decisão. 3. Telecomunicações. 4. Otimização de Custos. 5. Educação de Preferências. 6. Projetos de Redes. I. Título.

UFPE

621.3 CDD (22.ed.)

BCTG/2010-060



Universidade Federal de Pernambuco

Pós-Graduação em Engenharia Elétrica

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA DE DEFESA DE
DISSERTAÇÃO DO MESTRADO ACADÊMICO DE

GERALDO ANDRADE DE OLIVEIRA

TÍTULO

“A TEORIA DA DECISÃO NAS SOLUÇÕES DE
REDES DE TELECOMUNICAÇÕES”

A comissão examinadora composta pelos professores: FERNANDO MENEZES CAMPELLO DE SOUZA, DES/UFPE, HÉLIO MAGALHÃES DE OLIVEIRA, DES/UFPE, ANDRÉ MARQUES CAVALCANTI, CAA/UFPE e PATRÍCIA SILVA LESSA, DES/UFPE sob a presidência do primeiro, consideram o candidato **GERALDO ANDRADE DE OLIVEIRA APROVADO.**

Recife, 24 de fevereiro de 2010.

RAFAEL DUEIRE LINS
Coordenador do PPGEE

FERNANDO MENEZES CAMPELLO DE SOUZA
Orientador e Membro Titular Interno

ANDRÉ MARQUES CAVALCANTI
Membro Titular Externo

HÉLIO MAGALHÃES DE OLIVEIRA
Membro Titular Interno

PATRÍCIA SILVA LESSA
Membro Titular Externo

AGRADECIMENTOS

Sou especialmente grato ao meu orientador, o Professor Fernando Menezes Campello de Souza, por ter acreditado no meu potencial e aceitado me orientar, mesmo sabendo que as circunstâncias de meu processo na ocasião eram incomuns, partilhando comigo uma amostra de seu inegável e imenso conhecimento e experiência, além de ser um profissional exemplar para nossa Comunidade Acadêmica. Muito obrigado pelo apoio dado em todas as minhas dificuldades encontradas.

Agradeço imensamente aos meus pais, Geraldo Francisco de Andrade e Maria Zemilda Lumba de Oliveira Andrade, e demais familiares, por todo o apoio e incentivo dados durante todos os anos de minha vida acadêmica, sempre contribuindo de forma positiva à minha formação e educação. À minha esposa, em especial, Elen, que é uma pessoa de valor inestimável para mim, mantendo minha paz e harmonia interior sempre em ordem, com amor, apoio diário, paciência e estímulo na melhor forma do mundo. Sinto-me amplamente privilegiado por ter encontrado alguém como Elen em minha vida.

Agradeço também aos professores do DES, em especial ao Professor Marcos Tavares de Melo, pelas referências feitas em meu favor e pelo encaminhamento de minha orientação aos cuidados do Professor Fernando Menezes Campello de Souza.

Também agradeço, da forma mais sincera possível, às pessoas que contribuíram, direta e indiretamente, para a realização do presente trabalho.

Aos meus amigos da pós-graduação que muito colaboraram com estudos e interessantes discussões, saudável convivência, incentivos e parcerias:

André Leite, Luiz André, Thiago Magalhães, Bruno Oliveira, Sérgio Romero, André Richardson, Daniel Simões, Márcio Lima, e todos os outros com quem pude ter o prazer de trocar idéias, discutir exercícios e até me divertir em momentos entre aulas, tornando o dia-a-dia extremamente prazeroso.

GERALDO ANDRADE DE OLIVEIRA

Universidade Federal de Pernambuco

24 de Fevereiro de 2010

Resumo da Dissertação apresentada à UFPE como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Engenharia Elétrica

A TEORIA DA DECISÃO APLICADA NAS SOLUÇÕES DE REDES DE TELECOMUNICAÇÕES

Geraldo Andrade de Oliveira

Fevereiro/2010

Orientador: Prof. Fernando Menezes Campello de Souza, Ph.D.

Área de Concentração: Processamento de Energia

Palavras-chaves: Teoria da Decisão, Telecomunicações, Otimização de Custos, Educação de Preferências, Projetos de Redes

Número de páginas: 109

Expõe-se procedimentos necessários a aplicação da Teoria da Decisão através da modelagem de três problemas práticos no contexto das Redes de Telecomunicações: A Operadora, A Engenharia de Manutenção e O Cliente. As aplicações incluem o estabelecimento de protocolos de educação da função utilidade, e a modelagem dos três problemas propostos à luz da teoria da decisão. Apresenta-se um modelo com variáveis dicotômicas para a solução dos problemas propostos. A educação da função consequência é feita junto a especialistas com auxílio de uma distribuição binomial. A educação da função utilidade, foi feita através de questionário utilizando três escalas para facilitar o processo de educação, convertendo-as em uma escala única através do método das escalas superpostas. O modelo proposto apresenta as três regras de decisão que minimizam o risco de bayes para os problemas propostos, com base nas preferências destes decisores.

Abstract of Dissertation presented to UFPE as a partial fulfillment of the requirements for the degree of Master in Electrical Engineering

DECISION MAKING IN THE TELECOMMUNICATION NETWORKS SOLUTIONS

Geraldo Andrade de Oliveira

February/2010

Supervisor: Prof. Fernando Menezes Campello de Souza, Ph.D.

Area of Concentration: Energy Processing

Keywords: Decision Theory, Telecommunications, Custs Optimizations, Preferences Education, Network Telecommunications Projects

Number of pages: 109

This dissertation explains the necessary procedures to apply the *Decision Making Theory* by modeling three problems in the Telecommunication Network's context: the Telecommunication's Companies, the Maintenance Engineering on Telecommunication Network's Circuits and the Client. The applications include the protocol foundations for educing the Utility Function and the Modeling of the three proposed problems applying The Decision Theory. A model with Dichotomous Variants is presented for the proposed problems solution . The eduction of the Consequence Function is done by experts applying Binomial Distribution. The eduction of the Utility Function is done through a questionnaire using 3 scales intended to facilitate the eduction process, and the conversion of these scales into a single scale is done through the Method of Overlaid Scales. The proposed model presents three decisions that minimize the risk of bayes for the proposed problems, based on the educed preferences.

LISTA DE FIGURAS

1.1	Gráfico 01 - Crescimento da Rede Nacional de Telecomunicações após a privatização: Telefonia Fixa e Móvel.	16
1.2	Gráfico 02 - Crescimento da densidade de telefones no País após a privatização.	16
3.1	Exemplo de bloco de perguntas onde o decisor irá inserir o λ para o qual se sente indiferente - A Operadora	48
4.1	Exemplo de bloco de perguntas onde o decisor irá inserir o λ para o qual se sente indiferente - A Engenharia de Manutenção de Circuitos em Telecomunicações	71
5.1	Exemplo de bloco de perguntas onde o decisor irá inserir o λ para o qual se sente indiferente - O CLiente	90

LISTA DE TABELAS

3.1	Representação ordenada dos <i>payoffs</i> do problema - A Operadora	38
3.2	Função Consequência (em branco) - A Operadora	43
3.3	Função Consequência - A Operadora	44
3.4	Função Consequência (tabela resumida) - A Operadora	45
3.5	Função de Verossimilhança - A Operadora	46
3.6	Função de Distribuição a Priori - A Operadora	47
3.7	Divisão do questionário em 03 escalas, para facilitar a educação - A Operadora .	47
3.8	Função Utilidade - A Operadora	49
3.9	Regras de Decisão e Risco de Bayes - A Engenharia de Manutenção de Circuitos em Telecomunicações	50
4.1	Representação ordenada dos <i>payoffs</i> do problema - A Engenharia de Manutenção de Circuitos em Telecomunicações	60
4.2	Função Consequência (em branco) - A Engenharia de Manutenção de Circuitos em Telecomunicações	66
4.3	Função Consequência - A Engenharia de Manutenção de Circuitos em Telecomunicações	67
4.4	Função Consequência (tabela resumida) - A Engenharia de Manutenção de Circuitos em Telecomunicações	67
4.5	Função de Verossimilhança - A Engenharia de Manutenção de Circuitos em Telecomunicações	68
4.6	Função de Distribuição a Priori - A Engenharia de Manutenção de Circuitos em Telecomunicações	69
4.7	Divisão do questionário em 03 escalas, para facilitar a educação - A Engenharia de Manutenção de Circuitos em Telecomunicações	70

4.8	Função Utilidade - A Engenharia de Manutenção de Circuitos em Telecomunicações	72
4.9	Regras de Decisão e Risco de Bayes - A Engenharia de Manutenção de Circuitos em Telecomunicações	73
5.1	Representação ordenada dos <i>payoffs</i> do problema - O Cliente	81
5.2	Função Consequência (em branco) - O Cliente	86
5.3	Função Consequência - O Cliente	87
5.4	Função Consequência (tabela resumida) - O Cliente	87
5.5	Função de Verossimilhança - O Cliente	88
5.6	Função de Distribuição a Priori - O Cliente	89
5.7	Divisão do questionário em 03 escalas, para facilitar a educação - O Cliente . . .	90
5.8	Função Utilidade - O Cliente	91
5.9	Regras de Decisão e Risco de Bayes - A Engenharia de Manutenção de Circuitos em Telecomunicações	92

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	11
1.1	Telecomunicações, Sistemas e Mercados	11
1.2	Um breve histórico das Telecomunicações no Brasil	14
1.3	Considerações sobre a Globalização	17
1.4	Gestão dos Custos em Telecomunicações	18
1.5	Telecomunicações e a Engenharia de Sistemas	20
1.6	O Estado da Arte nos Sistemas de Telecomunicações	21
1.7	Justificativa	22
1.7.1	Objetivo Geral	22
1.7.2	Objetivos Específicos	23
1.8	Estrutura da Dissertação	23
2	O PROBLEMA	24
2.1	Falhas do Raciocínio Humano	24
2.2	Processo de Tomada de Decisão em Telecomunicações	25
2.3	Revisão da Literatura	26
2.3.1	A Educação da Função Utilidade	27
2.3.2	O Contexto das Telecomunicações	28
3	A OPERADORA	30
3.1	Processo de Análise e Aprovação de Projetos em Telecomunicações	30
3.1.1	Contexto a ser abordado neste trabalho	35
3.2	Estruturação Matemática	35
3.2.1	Conjunto dos <i>Payoffs</i> (Consequências)	35
3.2.2	Conjunto dos Estados da Natureza	39

3.2.3	Conjunto das Ações	40
3.2.4	Conjunto das Observações	41
3.2.5	Escolha da Decisão Ótima com base na regra ótima de decisão	43
3.2.6	Função Consequência	43
3.2.7	Função de Verossimilhança	46
3.2.8	Distribuição <i>a Priori</i>	46
3.2.9	Função Utilidade	47
3.2.10	As Regras de Decisão	49
4	A ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO DE CIRCUITOS EM TELECOMUNICAÇÕES	52
4.1	Considerações sobre a Engenharia de Manutenção nas Operadoras de Telecomunicações	52
4.1.1	Contexto a ser abordado neste trabalho	55
4.2	Estruturação Matemática	55
4.2.1	Conjunto dos <i>Payoffs</i> (Consequências)	55
4.2.2	Conjunto dos Estados da Natureza	60
4.2.3	Conjunto das Ações	62
4.2.4	Conjunto das Observações	63
4.2.5	Escolha da Decisão Ótima com base na regra ótima de decisão	65
4.2.6	Função Consequência	65
4.2.7	Função de Verossimilhança	68
4.2.8	Distribuição <i>a Priori</i>	68
4.2.9	Função Utilidade	70
4.2.10	As Regras de Decisão	72
5	O CLIENTE	74
5.1	Considerações sobre o processo de tomada de decisões por parte dos clientes em telecomunicações	74
5.1.1	Contexto a ser abordado neste trabalho	77
5.2	Estruturação Matemática	77
5.2.1	Conjunto dos <i>Payoffs</i> (Consequências)	77
5.2.2	Conjunto dos Estados da Natureza	82
5.2.3	Conjunto das Ações	83

5.2.4	Conjunto das Observações	84
5.2.5	Escolha da Decisão Ótima com base na regra ótima de decisão	85
5.2.6	Função Consequência	85
5.2.7	Função de Verossimilhança	88
5.2.8	Distribuição <i>a Priori</i>	89
5.2.9	Função Utilidade	89
5.2.10	As Regras de Decisão	91
6	CONCLUSÕES	94
6.1	Resumo dos resultados	94
6.2	Contribuições da Dissertação	95
6.3	Sugestões para Futuros Trabalhos	96
Apêndice A LISTA DE TERMOS EM LÍNGUA ESTRANGEIRA E ABREVIATURAS		101
A.1	Lista de Termos em Língua Estrangeira e Abreviaturas do Capítulo	
01	. . . . .	101
A.2	Lista de Termos em Língua Estrangeira e Abreviaturas do Capítulo	
02	. . . . .	104
A.3	Lista de Termos em Língua Estrangeira e Abreviaturas do Capítulo	
03	. . . . .	104
A.4	Lista de Termos em Língua Estrangeira e Abreviaturas do Capítulo	
04	. . . . .	107
A.5	Lista de Termos em Língua Estrangeira e Abreviaturas do Capítulo	
05	. . . . .	107
A.6	Lista de Termos em Língua Estrangeira e Abreviaturas do Capítulo	
06	. . . . .	109

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

1.1 Telecomunicações, Sistemas e Mercados

Quando se fala em Telecomunicações (Telecomunicação = Comunicação à distância) neste trabalho, o interesse é em prover a transferência de informação de forma praticamente instantânea, independente da distância geográfica entre os pontos envolvidos.

Os cenários e possibilidades associadas à Telecomunicações são muito diversificados, envolvendo produtos, serviços, equipamentos, fabricantes, etc.. Neste Trabalho, o termo Telecomunicações está associado do ponto de vista de engenharia e das operadoras de telecomunicações ao sistema físico, ou seja, às redes de acesso envolvidas.

Por Redes de Acesso, entende-se como sendo o conjunto de elementos para realizar a comunicação entre um Usuário/Cliente e a Operadora de Telecomunicações. Neste conjunto de elementos, podem-se montar diversas composições tecnológicas, as quais destacam-se nas seguintes classificações básicas das Redes de Acesso em Telecomunicações [1]:

- 1. Quanto ao Meio Físico:
 - a. Meios confinados — É aquele em que a informação vincula-se ao meio confinando-se à sua extensão. O meio determina o trajeto da informação e o acesso à informação só é possível através da conexão física com o meio. Exemplos : Par metálico, Cabo coaxial e Fibra óptica.
 - b. Meio não-confinado — A informação fica disponível no meio onde o Transmissor e o Receptor estão imersos no meio. Exemplos : Ar (vácuo) e água (fluidos) .

- 2. Quanto ao Sentido da Comunicação:
 - a. *Simplex* — Comunicação Unidirecional. Exemplo: Rádio AM e FM.
 - b. *Half Duplex* — Bidirecional não-simultânea. Exemplo: Rádio *Walk and Talk*.
 - c. *Full Duplex* — Bidirecional simultânea. Exemplo: acesso via internet, onde pode-se fazer *upload* e *download* de arquivos simultaneamente.

- 3. Quanto à Topologia:
 - a. Sistemas Ponto-a-Ponto — Comunicação entre dois pontos A e B. Exemplos: Interfone residencial e uma ligação telefônica
 - b. Sistemas Ponto-Multi-Ponto — Comunicação entre Diversos Pontos. Exemplos: Sistema de Telefonia Celular, Sistema de TV
 - c. Observações: Uma ligação entre dois telefones celulares do ponto de vista de comunicação será ponto-a-ponto, porém do ponto de vista sistêmico, visto que a ERB (Estação Rádio Base) do sistema Celular se comunica com vários aparelhos, será uma ligação ponto-multi-ponto. Este tipo de situação ocorrerá em diversos sistemas de telecomunicações, por isto é importante destacar o que está sendo especificamente analisado.

- 4. Quanto à Tecnologia:
 - a. Circuitos que transmitem sinais na forma analógica — Circuitos que usam modulações como AM, FM ou Sistemas FDM.
 - b. Circuitos que transmitem sinais na forma digital — Circuitos que usam modulações como ASK, PSK, QAM, OFDM e/ou usam técnica de compactação, compressão de dados e codificação de canal.

É importante destacar que essas classificações podem ocorrer tanto do ponto de vista físico na Rede como também podem ocorrer situações onde se configura logicamente, ou até do ponto de vista sistêmico. Como exemplo, podemos citar que uma ligação telefônica [1]:

- pode ser realizada tanto com o uso de meios confiados como não-confinados;
- é tecnicamente uma comunicação *Full Duplex*, porém conceitualmente é uma comunicação *Half Duplex* pois quando duas pessoas falarem simultaneamente não será possível estabelecer a inteligibilidade da comunicação, portanto, não haverá comunicação inteligível;

- possui sistemicamente a topologia ponto-multi-ponto (pois pode ligar para diversos usuários), porém operacionalidade é ponto-a-ponto (visto que o objetivo da ligação é realizar a comunicação entre dois usuários);
- pode ser transportada empregando tanto tecnologia analógica como digital.

Do ponto de vista de Sistemas de Telecomunicações, devido aos decisores envolvidos, restringiremos nossa análise em torno dos seguintes coadjuvantes:

- O Investidor — O investidor é o decisor acerca de novos projetos a serem implementados por uma operadora. A maioria das operadoras no Brasil possui capital aberto, portanto, dependem da opinião do investidor para realizar seus projetos, sejam estes de construção de novas redes ou de ampliação das Redes atuais. O investidor, por sua vez, já parte do princípio de que os requisitos tecnológicos para o escopo do projeto estão atendidos, não dispensando sua atenção para este tipo de análise, e sim da avaliação da viabilidade do projeto. Para o investidor, interessa que o projeto tenha sucesso, dê lucro e retorne o investimento o mais rápido possível.
- O Cliente — O Cliente é o decisor sobre a contratação, ampliação ou cancelamento serviços de telecomunicações. De uma forma geral, a questão tecnológica para este decisor é secundária, desde que haja o compromisso em prestar um serviço com uma qualidade que atenda suas expectativas. Para um Cliente, ao contratar um feixe E1 com telefonia + Internet, por exemplo, pouco importa se este serviço está sendo prestado por uma tecnologia via rádio, fibra óptica ou satélite [2]. O que importa é que o serviço esteja sendo prestado dentro de um SLA (*Service Level Agreement*) que atenda suas necessidades.
- A Engenharia de Manutenção de Circuitos em Telecomunicações — Sabe-se que existe uma grande dificuldade quando se tenta fazer uma relação dos resultados empresariais de uma corporação com o seu investimento em manutenção [3–5]. Por esta razão, trabalha-se com escassez de recursos e precisa-se fazer mais com menos. Para controle de qualidade e eficiência, são criados indicadores de desempenho e traçadas metas associadas aos mesmos. Com base nestes insumos, é necessário tomar a decisão ótima de forma a gastar a quantidade mínima de recursos, que *per si* já é escassa, e obter o resultado máximo em termos de eficiência do processo, com base na utilidade para a operadora.

O mercado de telecomunicações é subdividido em vários nichos, como por exemplo, segmentos associados à indústria, comércio e serviços, os quais são direcionados a atender mercado de massa, pequenas e médias empresas e grandes empresas.

O modelo de negócio corporativo em telecomunicações tratado neste trabalho envolve operadoras e empresas consumidoras dos serviços oferecidos neste mercado. Quando se aborda o mercado corporativo de telecomunicações, pode-se dizer que se trata de uma prestação de serviço. Assim, tanto por parte da operadora quanto por parte do cliente o interesse é na prestação do serviço de telecomunicações e não em vender um produto ou mercadoria, ficando a questão tecnológica em segundo plano (uma vez que, por exemplo, serão prestados serviços de telefonia e internet que independem se a tecnologia utilizada está sendo fibra óptica, rádio, par metálico, etc.) , visto que a grande maioria dos consumidores está meramente preocupada com a qualidade e suporte técnico do serviço prestado.

O escopo deste trabalho trata da a questão de tomada de decisões em negócios de telecomunicações nas visões das empresas consumidoras e operadoras. Para melhor ilustrar os aspectos abordados, os mesmos serão colocados nas óticas: A Operadora, A Engenharia de Manutenção de Circuitos de Telecomunicações e O Cliente.

O objetivo geral deste trabalho é sugerir modelos de tomada de decisão que possibilitem a otimização do resultado para o decisor. Será utilizada a Teoria da Decisão como ferramenta para construção destes modelos.

1.2 Um breve histórico das Telecomunicações no Brasil

Um dos grandes marcos recentes na história das telecomunicações do Brasil está na privatização do setor. Este marco iniciou-se em 1995, quando houve a alteração da Constituição Federal de 1988, com a edição da Emenda Constitucional n.º 8 de 15/8/95. A partir daí, foi aberta a possibilidade de quebra do monopólio estatal das telecomunicações no país. Na sequência, foi promulgada a Lei n.º 9.295 de 19/07/96, (conhecida como **Lei Mínima**), regulamentando de forma sucinta a organização de determinados serviços de telecomunicações, e em seguida a edição da Lei n.º 9.472/97, conhecida como Lei Geral de Telecomunicações (**LGT**), a qual, além de regulamentar, de forma inovadora, o mercado de telecomunicações, atualizando e consolidando as disposições dispersas que tratavam da matéria, criou também uma agência reguladora, a Agência Nacional de Telecomunicações — Anatel. Finalmente,

em 1998, as telecomunicações no país foram privatizadas, quebrando o até então monopólio estatal.

Privatização ou desestatização é o processo de venda de uma empresa ou instituição do setor público — que integra o patrimônio do Estado — para o setor privado, geralmente por meio de leilões públicos. Estes podem ou não enquadrar-se com sendo estratégicos e/ou essenciais (por exemplo: fornecimento de água tratada e coleta de esgotos, de energia elétrica, de telefonia fixa, de gás canalizado, e outros).

Existem divergências nas opiniões de especialistas com relação ao benefício da privatização de empresas estatais. No ano de 2002 foi realizada uma pesquisa na América Latina acerca da satisfação da população com relação a privatização de empresas estatais, indicando que 90% dos argentinos, 80% dos chilenos, 78% dos bolivianos, 72% dos mexicanos, 70% dos nicaraguenses, 68% dos peruanos e 62% dos brasileiros pesquisados desaprovaram as privatizações [6].

As demandas favoráveis à privatização das telecomunicações, surgidas a partir do final dos anos 80, obedeceram às transformações em curso na economia mundial, as quais defendiam a saída do Estado de vários setores estratégicos como a energia, os transportes e as telecomunicações.

Nos anos 80 a onda neoliberal representada pelos governos Ronald Reagan nos EUA e Margareth Thatcher na Grã-Bretanha foram importantes marcos para a reorientação das funções dos estados nacionais em nível mundial. Em 1984, a companhia inglesa *British Telecom* foi a primeira empresa estatal de telecomunicações a ser privatizada na Europa — fato que significou um marco na política mundial de desestatização das companhias do setor. O ideário político-econômico promovido pelo Consenso de Washington foi também um importante referencial para a promoção da reestruturação do setor. A abertura política e econômica dos países socialistas teve igualmente um importante peso ideológico. Esses acontecimentos ancoraram ideologicamente os defensores da ação privada no setor de telecomunicações.

O fato é que este novo desenho do mercado de telecomunicações brasileiro provocou uma verdadeira revolução na oferta de terminais e serviços supridos por estas redes. As Redes das Operadoras privatizadas tiveram que passar por grandes reformulações, em alguns casos de forma traumática, visto que era evidente para os novos controladores a necessidade de expansão e melhorias, tanto na rede física quanto em seu inventário, onde seria fundamental um esforço de reorganização. Neste contexto, houve uma onda de estruturação de áreas

comerciais, profissionalizando-se e orientando-se para a comercialização de serviços na visão mercadológica, e não mais na visão de engenharia.

Por esta razão, analisando a situação do ponto de vista de disponibilidade de telecomunicações para a sociedade brasileira, pode-se afirmar que as privatizações foram benéficas, pois não só houve uma intensificação de investimentos em estruturação tecnológica como também, hoje em dia, existe uma disponibilidade tanto de linhas de telefonia fixa e celular, como também serviços especializados como dados, voz corporativa e internet, em boa parte do território brasileiro [7].

Podemos observar no Gráfico 1 que o crescimento da Rede Nacional de Telecomunicações foi impulsionado pela Rede Móvel e no Gráfico 2 o crescimento da densidade de telefones no País [6].



Figura 1.1: Gráfico 01 - Crescimento da Rede Nacional de Telecomunicações após a privatização: Telefonia Fixa e Móvel.

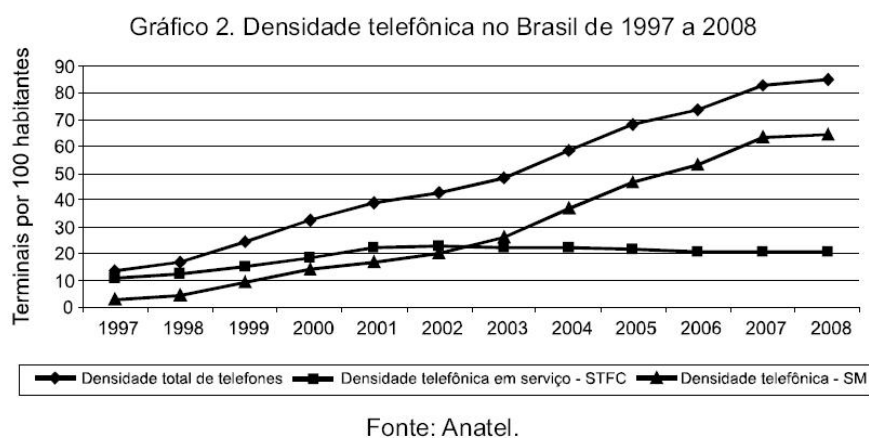


Figura 1.2: Gráfico 02 - Crescimento da densidade de telefones no País após a privatização.

A partir deste ponto, com o modelo de privatização aplicado no Brasil, o conceito de prestação de serviços em telecomunicações mudou drasticamente, pois além do papel social de integração, foram criadas metas associadas a resultados de receita e presença de mercado. Isto forçou as operadoras a construir suas redes tanto em localidades onde existe um *superávit* econômico quanto em regiões "não viáveis" para realização de investimentos. Logo em seguida, a concorrência decorrente da privatização obrigou as empresas a investirem em qualidade e tecnologia de ponta, criando novos produtos e serviços para os usuários finais, gerando concorrência constante entre si.

1.3 Considerações sobre a Globalização

Podemos enxergar a globalização como sendo um processo de aprofundamento da integração econômica, social, cultural, política, impulsionado pela queda nos custos dos meios de transporte e comunicação dos países do mundo no final do Século XX e início do Século XXI. É um fenômeno gerado pela necessidade da dinâmica do capitalismo de procurar novos mercados, enxergando-os como um mercado global. O processo de Globalização diz respeito à forma como os países interagem e aproximam pessoas, ou seja, interliga o mundo, levando em consideração aspectos econômicos, sociais, culturais e políticos.

Na área das comunicações, a globalização tem sua face mais visível na Internet, a rede mundial de computadores, onde isto tornou-se possível graças aos acordos internacionais e protocolos entre diferentes entidades privadas da área de telecomunicações e governos no mundo, permitindo um fluxo de troca de idéias e informações sem precedentes na história da humanidade. Se antes uma pessoa tinha acesso limitado a imprensa local, agora ela mesma pode se tornar parte da imprensa e observar as tendências do mundo inteiro, tendo apenas como fator de limitação a barreira linguística, que gradativamente está sendo reduzida com a evolução dos serviços de tradução eletrônica de línguas.

Com o rápido crescimento desta demanda por comunicação, foi necessário investir bastante em infra-estrutura de telecomunicações. Estes investimentos, que passaram a ter uma escala de produção mundial altamente cobiçada por grandes fabricantes e empresas do setor tecnológico, promoveu a redução do custo das tecnologias, tornando-as ainda mais acessíveis tanto para o mercado atual, como para outras classes sociais e nichos mercadológicos. Isto fez com que a globalização se tornasse um impulsionador para a universalização do acesso a meios de comunicação, pois com o barateamento dos aparelhos, principalmente celulares e os de

infraestrutura para as operadoras, fizeram com que mais pessoas pudessem se comunicar entre si, incentivando a melhoria constante na qualidade dos serviços e a inovação tecnológica. Hoje, uma inovação criada no Japão pode aparecer no mercado português ou brasileiro em poucos dias e "virar"rapidamente um sucesso de mercado.

Esta redução nos custos tecnológicos e o benefício visível para a sociedade dos meios de comunicação e acessibilidade já convenceram órgãos governamentais de que este é um investimento em prol do desenvolvimento social. Já existem diversas linhas de projeto no governo que visam a inclusão digital(nos Ministérios da Educação, do Trabalho e Emprego e das Comunicações), que consiste em levar infra-estrutura de telecomunicações para municípios, distritos e povoados isolados, além de implantar esta infra-estrutura em escolas públicas e comunidades carentes. Também estão sendo desenhados pelos órgão regulador do mercado de telecomunicações - a ANATEL, planos de universalização de serviços para novas categorias de comunicação. Como exemplo, podemos citar o leilão para a venda das frequências para a operação da tecnologia 3G, no qual a ANATEL definiu 36 lotes para serem arrematados. Neste edital, foram estipuladas obrigações de abrangência na prestação do serviço a serem cumpridas pelas empresas vencedoras nos primeiros oito anos após a assinatura dos termos de autorização, onde existem prazos para atender capitais e cidades que possuem abaixo de 30 mil habitantes, sob pena de pesadas multas e até perda da concessão [6]. Os leilões anteriores a estes em telefonia móvel, não possuíam este tipo de obrigatoriedade. Isto é uma das maneiras sugeridas para melhorar a acessibilidade a tecnologia nestas regiões.

1.4 Gestão dos Custos em Telecomunicações

A Gestão dos custos em telecomunicações tem se tornado item fundamental para competitividade das empresas. Tanto para as operadoras, que em decorrência da competitividade do mercado de telecomunicações possuem margem operacional cada vez menor, quanto para os clientes que precisam atender suas necessidades de telecomunicações sem estourar o seu orçamento interno, devem ser observados os custos em telecomunicações.

É inconcebível, por exemplo, que uma rede de supermercados tenha seu sistema de telecomunicações interrompido nos momentos de pico das compras, visto que o prejuízo financeiro e moral de constatar a insatisfação dos clientes em não poder usar o cartão de crédito, fazendo com que boa parte destes deixem de realizar sua compra no estabelecimento para comprar na concorrência, se torne muito maior para o estabelecimento do que o custo direto com as

telecomunicações. Por esta razão, os custos com telecomunicações têm sido associados de forma direta aos resultados empresariais, demandando que cada vez mais as contratações sejam cuidadosamente estudadas e especificadas, de forma a garantir um nível de qualidade de serviço dentro de um custo operacional razoável para o cliente.

Deve-se destacar que nem todos os serviços estão associados a operações de missão crítica (operações que não admitem interrupção) e que, portanto, deve-se estudar uma composição de serviços que atenda a necessidade do cliente e não extrapole o seu orçamento interno. As operadoras visam a maximização de suas receitas, logo, muitos clientes terminam por contratar mais do que realmente necessitam.

Do outro lado do contexto, as operadoras precisam se manter no mercado. Em um cenário amplamente competitivo, o advento da Portabilidade Numérica tornou a concorrência ainda mais acirrada, pois agora o cliente é o detentor do número telefônico, e não mais a operadora, podendo levá-lo consigo para o caso de o mesmo identificar uma oferta de serviços mais atrativa por uma operadora concorrente. As margens operacionais estão cada vez menores, fazendo com que as operadoras tenham que se desdobrar para manter os patamares de receita e lucro. Isto também dificulta o processo de aprovação de novos investimentos, visto que o fator risco de perder o cliente se torna mais saliente nestes casos, fazendo com que apenas projetos de altíssima viabilidade sejam aprovados.

Para assegurar a receita junto aos clientes, as operadoras tem desenvolvido e ofertado pacotes de serviços, que em geral envolvem uma quantidade de minutos em ligações e banda larga, além de outras composições. Alguns cuidados na contratação destes serviços devem ser tomados por parte dos clientes, visto que muitos destes instrumentos possuem cláusulas de comprometimento de receita mínima, independente de sua utilização. Muitos desses contratos estão em desacordo com a regulamentação feita pela ANATEL, porém, por desconhecimento do assunto, poucos clientes recorrem a estas documentações.

A reclamação com relação a carga tributária em diversos setores do Brasil já é um fato. No caso dos custos com telecomunicações, pode-se chegar a quase 50% do valor nominal das faturas em alguns casos. Dentre os serviços mais utilizados em telecomunicações no Brasil, destacam-se os serviços de voz. Somente no **ICMS**, esta carga tributária pode variar entre 7% e 35%, dependendo do estado e do segmento econômico que originou a chamada. A fatura dos serviços de Telecomunicações sofre os seguintes tributos: **ICMS**, **PIS**, **COFINS** e **ISS**, além das contribuições para o **Fust** e **Funttel**. Estes impostos, variam conforme incentivos promovidos por cada estado em município, porém, de forma geral, giram em torno de 40% [6].

1.5 Telecomunicações e a Engenharia de Sistemas

A Engenharia de Sistemas (ES) tem suas raízes na Teoria dos Sistemas aplicada aos sistemas técnicos. O propósito da ES é apoiar indivíduos e organizações que desejam melhorar o desempenho através do conhecimento. Isto é geralmente obtido através da definição, desenvolvimento e uso de produtos, serviços ou processos tecnológicos que apóiam objetivos funcionais e atendem às necessidades com base em modelos matemáticos [8].

A ES é uma disciplina de solução de problemas que aplica os princípios da engenharia a áreas de atuação além daquelas tradicionalmente consideradas parte da engenharia. A ES envolve a aplicação de princípios científicos à concepção, projeto, desenvolvimento, implementação e controle de composições de larga escala de recursos e processos que interagem para conseguir alcançar um objetivo desejado. Pode ser vista como um enfoque estruturado a solução de problemas, um processo de decisão criativo, inovador, interativo, no qual o conhecimento que se tem de lógica, matemática e ciência, junta-se com a percepção das necessidades, desejos e limitações humanas e institucionais, para se conceber e refinar as alternativas que sirvam aos propósitos específicos dentro dos contextos peculiares dos problemas [8].

O uso da ES nas Telecomunicações tornou-se uma necessidade premente, visto que a complexidade das Redes de Telecomunicações necessitam de estruturação de processos de tomada de decisões com base nos sistemas, e não mais nos equipamentos. Isto aproxima estas grandes áreas e estimula a análise dos problemas sob a ótica da Engenharia de Sistemas, que condiz com o funcionamento das Redes de telecomunicações. Infelizmente, sua utilização ainda não está com a abrangência que a mesma pode propiciar, principalmente em decorrência da falta de estruturação das grades curriculares dos cursos de Engenharia.

1.6 O Estado da Arte nos Sistemas de Telecomunicações

O processo de evolução nas Redes de Telecomunicações no Brasil sofreu um grande impacto entre as décadas de 70 e 90, período em que passaram a ser utilizadas tecnologias digitais para transmissão de dados. Com estas novas tecnologias à disposição, foi possível realizar uma otimização dos meios de comunicação, através da consolidação das plataformas de voz e dados em um único ambiente [9, 10].

Antes, existia o conceito de comutação de circuitos, onde era fisicamente estabelecida uma comunicação fim-a-fim entre dois pontos, fazendo com que a matriz de comutação da Rede não pudesse otimizar este processo e, conseqüentemente, não atendesse satisfatoriamente às demandas. Com a digitalização dos sinais de voz, foi possível abandonar-se o conceito de comutação de circuitos e passar a trabalhar com comutação de pacotes. Esta mudança proporcionou um aumento expressivo da capacidade dos sistemas de telecomunicações, pois, por exemplo, onde antes era atendida apenas uma única chamada telefônica, agora poderiam ser feitas não só diversas chamadas telefônicas simultâneas e até comunicação de dados pelo mesmo canal de comunicação [1, 2].

Esta evolução da década de 70 permitiu que um único canal analógico se transformasse em diversos canais digitais, utilizando princípios de multiplexação e codificação determinísticas [1]. Na sequência, entre a década de 70 e 90, foi possível a utilização de protocolos de comunicação estatísticos nessas Redes. Com isto, se gerou mais uma grande otimização nos recursos das Redes de Telecomunicações, pois onde antes se tinha, por exemplo, um canal determinístico que independente de estar com demanda ou não, passava a ocupar recursos da rede, foi possível alocar de forma dinâmica canais estatísticos, que com base nos tempos de ociosidade de utilização da rede, passaram a comportar uma quantidade bem maior de usuários no mesmo sistema. Esta implementação foi realizada em um primeiro momento nos *Backbones* das Redes de Telecomunicações [11].

A partir desta evolução das Redes Estatísticas, existiu um crescimento intenso do uso da Internet, demandando capacidades de transmissão cada vez maiores e conseqüente necessidade de adequação das Redes a estas novas demandas. Como isto, foi necessário inserir protocolos estatísticos nas redes de acesso, visando prover também uma otimização destes recursos de Rede, o que permitiu que as redes fossem interligadas formando malhas de comunicação, de forma que os protocolos estatísticos, juntamente com os roteadores, pudessem escolher

dinamicamente qual o melhor caminho para se enviar um pacote de dados pela rede, com base em parâmetros pré-definidos.

Por fim, visto que a plataforma IP foi a que chegou, do ponto de vista da capilaridade das redes, na maior quantidade de usuários no mundo, surgiu a demanda por equipamentos convergentes para esta plataforma. Estes equipamentos, que em grande parte são conversores das antigas plataformas de Redes para as chamadas Redes NGN (*Next Generation Network*) visam trafegar os principais serviços de telecomunicações: voz, dados e vídeo, por esta nova plataforma de comunicação, baseada no protocolo IP. Com o advento da NGN, foram demandados a fabricação de equipamentos em larga escala, com baixa complexidade em termos de *hardware*, visto que se trata de uma plataforma já estruturada de comunicação, trazendo uma grande economia em termos de custos para implantação de novas redes sob esta plataforma. Isto elevou a competitividade das novas operadoras de telecomunicações, que teriam que desembolsar quantidades bem menores de investimento em detrimento das operadoras mais antigas, que ainda estão amortizando elevados investimentos em suas redes.

Conforme tendência de evolução nas Redes de Telecomunicações, faz-se necessário a estruturação de modelos matemáticos que propiciem a otimizado das decisões em telecomunicações, não só por razões econômicas, mas também por questões de sobrevivência a estas mudanças no mercado.

1.7 Justificativa

Existem poucos trabalhos que abordam o uso da teoria da decisão como ferramenta de apoio nas decisões em Telecomunicações. Isto faz com que o processo decisório seja *ad hoc*, por não estar devidamente estruturado matematicamente. A contribuição deste trabalho consiste na estruturação de modelos de tomada de decisão que auxiliem o decisor a escolher entre as decisões de menor risco, que estão associadas as preferências do decisor e ao contexto do problema.

1.7.1 Objetivo Geral

Estruturar os passos necessários para a modelagem matemática de problemas de decisão no contexto das Redes de Telecomunicações por Teoria da Decisão.

1.7.2 Objetivos Específicos

- Utilizar a arte de modelar problemas, matematicamente, à luz da Teoria da Decisão, no contexto das telecomunicações;
- Construir o problema de decisão com variáveis dicotômicas em três contextos tipicamente encontrados nas Redes de Telecomunicações: A Operadora, A Engenharia de Manutenção e O Cliente;
- Inserir as variáveis em uma planilha eletrônica de forma a facilitar a visualização de ajustes necessários a adequação das preferências dos decisores envolvidos;
- Mostrar a regra de decisão que minimiza o Risco de Bayes para solução dos problemas nos três contextos propostos;
- Deixar registrados subsídios para estimular a construção de um modelo matemático que se molde automaticamente conforme a quantidade de variáveis necessária em novos problemas, de forma a realizar, através de macros, a estruturação das fórmulas e tabelas necessárias.

1.8 Estrutura da Dissertação

A dissertação está organizada em seis capítulos. No Capítulo 1 é feita uma introdução ao contexto das Telecomunicações. No Capítulo 2 apresenta-se uma abordagem acerca dos problemas tipicamente encontrados nas decisões em telecomunicações. Nos Capítulos 3, 4 e 5 são contextualizados e resolvidos via Teoria da Decisão três problemas envolvendo decisões em telecomunicações: A Operadora, A Engenharia de Manutenção e O Cliente. O Capítulo 6 finaliza este trabalho com conclusões, comentários e sugestões para trabalhos futuros.

CAPÍTULO 2

O PROBLEMA

2.1 Falhas do Raciocínio Humano

Não obstante saber-se que a Teoria dos Jogos é um subconjunto da Teoria da Decisão, devido à necessidades já consolidadas na literatura sobre modelagem por Teoria dos Jogos, são utilizadas nomenclaturas e modelagens específicas para a mesma [12]. Uma analogia entre Teoria dos Jogos e Teoria da Decisão é encontrada quando um jogador decide fazer uma aposta. Todo jogador arrisca com certeza para ganhar com incerteza, e nem por isso o mesmo deixou de utilizar a razão neste processo. A eficácia deste processo está associada as preferências do jogador [13].

Em teoria da decisão, busca-se a estruturação matemática do processo com base em uma consequência lógica daquilo que se quer, daquilo que se sabe e daquilo que se pode fazer. Caberá ao decisor escolher as ações que tornem as consequências favoráveis, conforme suas preferências [13].

O cérebro humano está propício a falhas de raciocínio, visto que existem muitas variáveis que podem influenciar em seu desempenho como nível de estresse, fadiga, preocupação com problemas fora do contexto desprendendo atenção, dentre outros fatores. Para solucionar estas falhas de raciocínio, faz-se necessário a estruturação do mesmo em uma modelagem matemática, ponderada pelas preferências do indivíduo (ou do grupo de indivíduos) a quem cabe a decisão final sobre determinado assunto. Quando alguém diz que é mais "racional" preferir uma coisa a outra, este alguém deve ter um problema em mente; isto é, o indivíduo quer uma resposta a uma questão. Uma vez estruturado matematicamente este paradigma, no que

hoje chamamos de Teoria da Decisão, será possível lançar mão de uma ferramenta de apoio excepcional para tomar a decisão mais favorável, ou seja, a decisão de menor risco, diante de todo o cenário de possibilidades.

2.2 Processo de Tomada de Decisão em Telecomunicações

No cotidiano, são vivenciadas situações em que é necessário tomar decisões. A questão que persegue este processo é a pergunta: a melhor decisão foi tomada para solucionar o problema? O que se espera com a Teoria da Decisão é justamente a estruturação matemática do problema para que se tome a melhor decisão, mesmo em uma situação de grande incerteza. Esta é a razão pela qual a estruturação do raciocínio com base nas preferências deve ser realizada, de forma a obter a lista de decisões possíveis levando em conta as suas respectivas probabilidades associadas, permitindo não só tomar a melhor decisão como também propiciar uma eventual comparação entre a decisão adotada e as demais disponíveis, enriquecendo consideravelmente o contexto de análise do problema.

Em Telecomunicações, o processo de tomada de decisões é amplamente demandado, porém raramente são utilizados modelos matemáticos neste contexto. Ao invés disto, as decisões são tomadas com base na experiência, empirismo, "na lógica", ou até mesmo de forma experimental. Isto se deve ao fato de existir uma cadeia complexa de possibilidades neste contexto de decisão, tornando o problema de modelagem complexo, por envolver muitas variáveis, associada à falta de interesse das corporações em investir na estruturação destes modelos, talvez porque a maioria dos executivos nesta área não tenham vivência neste contexto.

Do ponto de vista de gestão nas operadoras de telecomunicações, por exemplo, decisões como construir, priorizar ou até selecionar os melhores projetos de redes de telecomunicações, dentre os submetidos aos decisores são tomadas. Após aprovação dos mesmos, no modelo atualmente utilizado no Brasil, a equipe técnica que deveria averiguar se as especificações técnicas do projeto estão sendo atendidas só voltam a participar do processo no ato da aceitação técnica dos equipamentos e sistemas instalados, enquanto que a equipe de compras, que não possui em seu quadro de pessoal colaboradores com formação técnica, lança editais no mercado para realizar a coleta de preços e prazos para realização de obras. O problema tipicamente encontrado neste contexto são contratos mal elaborados com especificações ligeiramente fora do padrão requisitado, resultando em atraso nas obras, necessidade de realização

de re-trabalho com ônus para a operadora em muitos dos casos e conseqüente perda de clientes e receitas já programadas no cronograma originalmente estabelecido. As decisões são tomadas com prazos de execução bastante curtos, onde já se dispõe de um conjunto de clientes aguardando atendimento com contratos assinados junto as operadoras, gerando uma intensa pressão em todas as equipes envolvidas. Somente neste contexto, além de se gastar mais com o "re-trabalho", se arrecadou menos com as multas contratuais previstas nos clientes e até a perda de alguns destes clientes para a concorrência.

O problema de tomada de decisões de forma não-estruturada é a grande probabilidade de não se estar tomando a melhor decisão ou até de estas decisões estarem entre as piores dentro do contexto de possibilidades. Para solucionar este problema de modelagem estruturada, será proposto uma modelagem matemática para solução de problemas em três contextos:

1. — Aprovação de Projetos de Redes de Telecomunicações em Operadoras;
2. — Engenharia de Manutenção de Circuitos em Telecomunicações;
3. — Contratação de Serviços por Clientes Corporativos.

2.3 Revisão da Literatura

O problema de identificar como se comportam as preferências de um decisor por alternativas (consequências incertas, ou mais precisamente, distribuições de probabilidade sobre possíveis consequências) é de interesse em áreas como Engenharia, Psicologia, *Marketing* e Tecnologia, embora em cada uma delas o foco difira entre descritivo, investigativo e prescritivo [14]. Um psicólogo deseja obter a compreensão plena de como o indivíduo processa informações; distinguir o processo que melhor representa o processamento cognitivo de informações. Sendo assim, a modelagem de preferências tem a tarefa de diferenciar um modelo do outro. O foco é investigativo. Um estudioso do *marketing* deseja entender como um consumidor toma suas decisões de compra e como intervir nesse processo de forma a melhorar os resultados para uma empresa ou um produto. A idéia, nesse contexto, é modificar a percepção da incerteza do consumidor sobre as consequências de suas compras, por meio de estratégias de propaganda ou mesmo modificações no produto.

Quando se utiliza teoria da decisão, o foco é prescritivo (ou normativo). Os decisores estão diante de um problema relevante e complexo. O objetivo da modelagem da preferência é estimar a função utilidade do decisor sobre as possíveis consequências, de modo a ajudá-

lo a escolher uma alternativa no seu espaço de ações que seja coerente com um funcional objetivo. Com isto, será possível elencar as decisões possíveis juntamente com suas respectivas probabilidades de risco, permitindo que seja escolhida a melhor decisão para o contexto, visto que o problema foi dimensionado com base nas preferências do decisor. Isto elimina as falhas naturais do raciocínio humano, que dependendo da complexidade e da quantidade de variáveis do problema, pode incorrer na tomada de uma decisão que não é a melhor, dentre as possíveis. A teoria da decisão, como estudada hoje, teve seu início na metade do século XX nos trabalhos de Abraham Wald [15] e usando resultados da teoria da utilidade de von Neumann e Morgenstern [16].

Atualmente, a teoria da decisão tem sido utilizada em diversas áreas do conhecimento, as quais podemos destacar Medicina, Negócios, Engenharia de Manutenção, Direito e Telecomunicações [13]. Sua aplicabilidade se adequa, inclusive, em problemas cujo contexto é subjetivo, "portanto, perfeitamente mensurável"[13]. As limitações de sua aplicação estão na formação básica de uma forma geral dos profissionais em processos estocásticos que resulta na indisponibilidade de dados por parte das corporações em que trabalham para realizar o processo de modelagem, visto que em muitos casos não existem bases com o nível de detalhamento necessário para que o modelo seja implementado. Todavia, é plenamente possível a implementação de modelos por meio de educação de conhecimento de especialistas [13].

2.3.1 A Educação da Função Utilidade

A teoria da decisão tem um construto central: a função utilidade do decisor. Sem esta função não se pode aplicar a teoria. Sem se medir as preferências dos indivíduos, não tem sentido falar em aplicação da teoria da decisão [17].

O processo de educação da função utilidade requer a elaboração de um protocolo. A maioria das críticas que são feitas à teoria da decisão recaem na apresentação de casos práticos nos quais indivíduos violam algum dos axiomas da teoria da utilidade [13], ou mesmo o resultado principal do valor esperado da função utilidade. Alguns experimentos são preparados como se fossem “armadilhas”, explorando mecanismos psicológicos (ancoragem, ilusão da certeza, superestimação ou subestimação de probabilidades, etc.), de forma a levar os indivíduos a cometerem erros relativos ao previsto pela teoria da decisão. Protocolos bem elaborados evitam esses problemas [18, 19].

Apesar de muitos estudos disponíveis na literatura, nota-se uma lacuna quanto a procedimentos bem estabelecidos e práticos. Os estudos dos mecanismos probabilísticos subjacentes às escolhas tem sido conduzidos em várias direções. Duas destas direções se destacam: as chamadas escolhas probabilísticas [13, 20, 21] e os modelos estatísticos de erro para estimar a função utilidade [17, 22, 23].

A situação torna-se complicada no caso em que as consequências ou *payoffs* têm de ser representadas por vetores, isto é, no caso multidimensional. Nesta situação, há uma imbricação entre dois fenômenos: o *tradeoff* entre as diversas dimensões dos *payoffs* e a matriz de aversão ao risco. A curvatura geral da função utilidade de argumento multidimensional, assim como as curvaturas das curvas de iso-utilidade (que caracterizam os *tradeoffs*), tem uma ligação íntima com a aversão ao risco. Esta é representada, por exemplo, pela chamada matriz de aversão ao risco [17]. Essas interações tem implicações diretas em qualquer que seja o protocolo de educação das preferências, e há que se lidar com isso. Subjacente a essas questões esta o conceito de ordem. Na teoria da utilidade de von Neumann e Morgenstern, o primeiro axioma exige a existência de uma ordem completa sobre o conjunto de todas as distribuições de probabilidade sobre os bens (*payoffs*). Visto que o conjunto \mathbb{R}^n , não é naturalmente ordenado, há que se trabalhar no estabelecimento de uma ordem total, como parte do processo de educação. Isto não é feito, tipicamente, de maneira formal. Em geral, parte-se diretamente para uma expressão analítica geral e, então, estima-se os seus parâmetros [29].

2.3.2 O Contexto das Telecomunicações

O contexto das Telecomunicações possui uma enorme aplicabilidade para a Teoria da Decisão, todavia, faz-se necessária a estruturação de modelos matemáticos com base nos mecanismos probabilísticos, para posterior cálculo dos riscos associados a estas decisões [13].

Um processo interessante para Modelagem de Valores em Gerenciamento das Telecomunicações foi proposto por Keeney [24]. Nesta proposição, são sugeridos métodos para obtenção de valores associados a critérios subjetivos que vão desde realizar o desenvolvimento de produtos até inovação de valores (que consiste em pegar um produto já desenvolvido e tentar atrair um nicho de mercado específico para o mesmo). Os modelos são sugeridos na forma quantitativa e qualitativa. Todavia, apenas são realizadas sugestões, e não um modelo com uma estruturação matemática completa, e portanto, já contextualizado para a solução de um problema.

No mercado das Operadoras de Telecomunicações, os profissionais possuem boa formação técnica e fundamentação matemática, mas desconhecem a arte de modelar. Isto leva, em termos práticos, a constantes tomadas de decisões não fundamentadas matematicamente e, conseqüentemente, não otimizadas. Em decorrência desta deficiência, será proposto neste trabalho a análise dos problemas utilizando um modelo inicial simples com variáveis dicotômicas. É importante destacar que o modelo proposto poderá facilmente ser estendido para variáveis multinível, bem como ser adaptado para um número diferente de variáveis.

Nos próximos capítulos, serão abordados e modelados por Teoria da Decisão três problemas envolvendo decisões em telecomunicações:

1. — A Operadora;
2. — A Engenharia de Manutenção;
3. — O Cliente.

CAPÍTULO 3

A OPERADORA

3.1 Processo de Análise e Aprovação de Projetos em Telecomunicações

Atualmente, o mercado de telecomunicações brasileiro encontra-se em franca expansão, com entrada de novos competidores para atuação tanto em âmbito nacional como em nichos específicos deste mercado. O avanço tecnológico em termos de convergência de voz, dados e imagem para uma mesma plataforma de serviços, fez com que, num período inferior a uma década, as tecnologias fossem integradas (onde antes eram necessários diversos equipamentos, hoje um único equipamento é capaz de realizar a tarefa do conjunto) trazendo como consequência uma substancial diminuição dos volumes de investimentos necessários tanto para atuar como novo *player* neste mercado como também para expandir a plataforma de serviços.

Estes fatores contribuíram para a entrada de novas empresas que, mesmo em alguns casos sendo de pequeno porte, conseguissem atender com menores custos (e até melhor qualidade) a clientes antes atendidos apenas pelas operadoras tradicionais, visto que as mesmas ainda estão amortizando elevados investimentos realizados em plataformas atualmente obsoletas e à falta de flexibilidade para provimento de atendimentos de forma personalizada a nichos de mercado com necessidades específicas. A entrada destas novas empresas, bem como a expansão geográfica de operadoras já consagradas no mercado brasileiro, tem gerado uma dinâmica nas mudanças do *marketshare* de receita e quantitativo de clientes a ponto de incentivar alianças e fusões entre grupos empresariais antes considerados como concorrentes.

A maioria das operadoras do mercado brasileiro é do tipo S.A. Isto quer dizer que boa parte do volume de investimentos provém de recursos aportados por seus acionistas. Em linhas gerais, operacionalmente, as operadoras subdividem suas operações em duas instâncias:

- **CAPEX** é uma sigla derivada da expressão *Capital Expenditure*, que significa o capital utilizado para adquirir ou melhorar os bens físicos de uma empresa, tais como equipamentos, propriedades e imóveis. Em termos operacionais, o **CAPEX** representa o aporte financeiro dos acionistas para expansão das Redes de Telecomunicações das Operadoras, capital este que os acionistas esperam retornar com um dado percentual de lucro em um prazo pré-acordado onde os mesmos monitoram o cumprimento do acordado nas assembleias agendadas junto aos Diretores das Operadoras;
- **OPEX** é uma sigla derivada da expressão *Operational Expenditure*, que significa o capital utilizado para manter ou melhorar os bens físicos de uma empresa, tais como equipamentos, propriedades e imóveis. Em termos operacionais, o **OPEX** representa o custo operacional da Operadora, como folha de pagamento, aluguéis de imóveis, materiais para escritório, etc., que deve ser realizado com recursos da Operadora e não do aporte financeiro dos acionistas, ou seja, a Operadora tem uma certa autonomia nas decisões sobre **OPEX**, visto que já existe a previsão de utilização de parte das receitas oriundas em sua carteira de clientes para se manter operacionalmente, não dependendo dos recursos dos acionistas para este fim;

Em termos de teoria da decisão neste contexto, trabalha-se sempre para minimizar o OPEX e minimizar o período de retorno do CAPEX, além de maximizar o Lucro. Evidentemente, existirão situações onde teremos uma combinação dos dois parâmetros, como por exemplo:

- Decidir entre alugar a rede de outra operadora ou construir sua própria rede para atendimento a um ou um grupo de clientes. Na primeira opção estaremos onerando o OPEX, todavia, ganharemos em prazo de atendimento e incremento de receita nos novos clientes atendidos, pois o prazo para a construção da própria Rede poderá não atender às necessidades do cliente, e também pode-se, por exemplo, ser negociada a utilização do CAPEX referente a construção desta Rede, que já havia sido disponibilizado para aplicação naquele ano para um projeto mais prioritário para a operadora, em detrimento de aumentar o OPEX nos projetos não prioritários;

- Decidir por uma composição mista de CAPEX e OPEX na Rede. Basicamente, a Rede de Acesso das Operadoras é dividida em duas partes:

— Rede de *Backbone* que é a rede que possui *links* de maior capacidade de tráfego e concentra o tráfego de diversos clientes até a chegada em uma das Estações Terminais de Rede da Operadora;

— Rede de Acesso a Cliente que consiste na rede que interliga os clientes aos Pontos de Presença de Clientes (**PPC's**), que são estações de menor porte que se interligam às Estações Terminais de Rede por meio da Rede de *Backbone*;

Neste contexto, a decisão entre ponderar a quantidade de CAPEX e OPEX em uma construção de uma nova Rede de Telecomunicações pode ser dada entre:

- (I) Construir a Rede de *Backbone* + Construir a Rede de Acesso para Clientes;
- (II) Construir a Rede de *Backbone* + Alugar Rede de Acesso para Clientes;
- (III) Alugar Rede de *Backbone* + Construir Rede de Acesso .

Como exemplo, temos a Embratel em Pernambuco que na construção da Rota Araripina-Recife utilizou (III), na rota de Caruaru-Recife utilizou (II) e na Rota Suape-Recife utilizou (I). Vale destacar que esses cenários são dinâmicos e que também deve ser realizado um trabalho constante para redução do OPEX, portanto, para os casos (II) e (III) as operadoras podem optar por construir nos anos seguintes os trechos de Redes que foram alugados.

Além dos cenários descritos, existem os investimentos de curto, médio e longo prazo, que poderão passar por situações em constante mutação ao longo do tempo, como por exemplo:

- Após estudo de mercado, identifica-se na cidade de Petrolina-PE uma demanda de telefonia e a sede da operadora fica em Recife-PE, totalizando 800 km de Rede a ser construída. A demanda inicial precisa ser atendida nos primeiros seis meses e a demanda total de tráfego só conseguirá ser escoada através uma rota de Fibra Óptica ou Rádio de alta capacidade, que irá durar um período entre um e dois anos para ficar concluída. Para solução deste problema, podemos adotar os seguintes passos:
 - Construir em tempo hábil a Rede de Acesso e alugar a Rede de *Backbone* de outra Operadora;
 - Em paralelo construir uma Rede Própria de *Backbone* via Rádio, que durará entre um e dois anos para ser construída, e migrar o tráfego da Rede Alugada para a Rede Própria.

Vale salientar que neste cenário, onerou-se o OPEX durante um período determinado para atendimento ao cliente e, em seguida o mesmo foi eliminado com o CAPEX da nova Rede. A construção desta Rede de Acesso é um investimento de curto prazo e a Rede de *Backbone* seria um de médio prazo. Considera-se de longo prazo neste contexto, os investimentos com prazo superior a três anos. É comum também analisar como curto, médio ou longo prazo os projetos em termos de tempo de retorno do investimento (*payback*). Tipicamente, um *payback* de curto prazo é realizado em até um ano, médio prazo entre um e dois anos e longo prazo superior a dois anos.

Os problemas mais comuns em termos de erros de decisão nas operadoras são decorrentes da falta de um planejamento das ações. Tipicamente a área comercial identifica uma potencial receita em um grupo de clientes ou região e submete este estudo de viabilidade para a área técnica realizar o levantamento de custos. Como os prazos sempre são muito curtos e pelo fato de não existir para a maioria dos casos uma metodologia de levantamento das corretas composições tecnológicas, termina-se recaindo nas soluções cujo valor de investimento não está otimizado. Isto representa um retorno de investimento mais longo para o aporte realizado pelos acionistas (CAPEX), onde por exemplo, um investimento de Um Milhão de Reais poderia ser retornado em seis meses ao invés de um ano, que resultaria em maior credibilidade por parte do mercado de ações para a operadora, elevando a rentabilidade investimento da operadora e aumentando o valor de suas ações. A solução ótima nestes casos consistirá num problema de programação linear que terá como variáveis prazo de instalação, custo tecnológico e aumento de capacidade.

Em termos tecnológicos, as vantagens e desvantagens de uma dada tecnologia a ser implementada dependerá de fatores como infra-estrutura existente, distribuição geográfica dos clientes, topografia da região e clima. Restringindo este cenário ao Nordeste Brasileiro, podemos fazer as seguintes considerações acerca das tecnologias:

- Cabos de pares metálicos — Para se tornarem viáveis economicamente, necessitam de postamento disponível, de forma a ser lançada uma rede aérea que por sua vez tem custo bem mais baixo do que uma rede subterrânea, e alta concentração de clientes, pois possui raio de atuação de 3 km em torno do ponto central e velocidades limitadas à taxa máxima de 8 Mbps;
- Fibra Óptica — Possui alta versatilidade de instalação, podendo ser usada em postes, dutos, diretamente enterrada, dentro de linhas de transmissão, cabos submarinos ou até

em cabos OPGW. Por ser uma tecnologia que envolve lançamento de cabos, apresenta prazo de instalação variável em função da distância de cabos a ser lançada e da infraestrutura utilizada. Em ambientes urbanos, onde tipicamente existe posteação disponível, é a tecnologia que atualmente apresenta melhor custo-benefício. Também é a tecnologia mais completa, por comportar qualquer velocidade de transmissão comercializável (desde 64 kbps até dezenas de Gbps), tecnologias analógica e digital, múltiplas transmissões em uma única fibra (WDM) e atingir distâncias que variam desde dezenas de metros até centenas de quilômetros;

- Rádio Acesso — Possui alta velocidade de instalação, desde que os requisitos de infraestrutura sejam atendidos. Para velocidades utilizadas nos projetos de operadoras, em função da alta densidade de clientes e da consequente necessidade de disponibilidade de canais de frequência, é necessária operação na faixa de SHF, demandando visada direta entre antenas, o que demanda uma topografia e relevo adequados. Considerando que os requisitos de infraestrutura estão disponíveis, como torres e energia elétrica no local, é o sistema mais rápido de instalação. Sua viabilidade em termos de custo varia bastante em função da necessidade de infraestrutura, pois pode ser necessário tanto construir uma torre de elevada altitude como ser necessário alugar um ponto de repetição no topo de um edifício (atualmente bastante onerado com a entrada das operadoras de telefonia celular);
- Satélite — Possui alta velocidade de instalação, e região de cobertura disponível em 100% do território nacional, todavia, só é utilizado como solução técnica para os casos de indisponibilidade de outro meio tecnológico na região, pois possui elevados custos de locação dos *transponders*, visto que é uma empresa terceirizada de elevadíssima qualificação técnica quem gerencia o satélite. É uma solução tipicamente recomendada para velocidades máximas de 2 Mbps, e possui custo de instalação elevado (porém sem grandes variações - padronizado) devido ao menor volume de instalações com itens específicos e necessitar de mão-de-obra especializada na instalação.

3.1.1 Contexto a ser abordado neste trabalho

Neste t3pico ser3a abordado o contexto de tomadas de decis3es acerca de Projetos de Redes de Telecomunica3es. A operadora 3 uma S.A. e os projetos s3o submetidos pela 3rea t3cnica, juntamente com as demandas da 3rea comercial j3 inclu3das, ao grupo de investidores da operadora que selecionar3 os projetos a serem aprovados. O decisor neste caso 3 o grupo de investidores, que com base em suas prefer3ncias, ter3o todas as poss3veis decis3es listadas na forma de regras de decis3o, onde, de acordo com os valores coletados, ser3 indicada a regra de decis3o de menor risco para estes investidores.

3.2 Estrutura3o Matem3tica

Visando a padroniza3o da metodologia utilizada, ser3o repetidos os t3picos e textos utilizados na estrutura3o matem3tica dos problemas ilustrados nos Cap3tulos 3, 4 e 5 deste trabalho.

3.2.1 Conjunto dos *Payoffs* (Consequ3ncias)

Para estrutura3o de um problema de teoria da decis3o, deve-se sempre come3ar pelos resultados (*payoffs*) poss3veis que poder3o ser obtidos. Neste caso, do ponto de vista da Teoria da Decis3o, o primeiro conjunto a ser modelado 3 o conjunto dos *payoffs*, em que:

Os *payoffs* ser3o definidos pelo vetor:

$$\vec{p} = \begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \\ p_4 \end{bmatrix}$$

sendo:

- p_1 — *Payback* (2 n3veis: menor que 01 ano, maior que 01 ano);
- p_2 — Incremento de Custeio (Baixo Custeio Global, Alto Custeio Global) - Tipicamente maior ou menor que 1% a.m. do investimento total aplicado;
- p_3 — Prazo de Implementa3o (menor que 06 meses, maior que 06 meses);
- p_4 — Lucro Anual oriundo do Projeto (menor que 1% do Investimento aplicado, maior que 1% do Investimento aplicado).

Quando não se tiver nenhum modelo já estruturado, deve-se começar preferencialmente com um modelo dicotômico, conforme será utilizado neste trabalho, de forma que após termos a consolidação do mesmo, a quantidade de níveis de cada variável poderá ser aumentada livremente.

Outra particularidade sobre os modelos dicotômicos sugerida por este autor é que, ao se determinar a ordem de preferência das variáveis do vetor p , já é possível realizar o ordenamento em ordem lexicográfica dos vetores de *payoffs* do problema, visto que a ordem das variáveis já está estabelecida e que como a escala é dicotômica, 0 corresponderá a situação ruim e 1 a situação boa. Isto reduz consideravelmente o processo de educação de preferências pelos *payoffs*, que faz parte do modelamento dos problemas por Teoria da Decisão.

Para colocar variáveis do vetor em ordem de prioridade, de forma que:

$$p_1 \succ p_2 \succ p_3 \succ p_4$$

O vetor p terá agora o seguinte ordenamento de suas variáveis:

$$\vec{p} = \begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \\ p_4 \end{bmatrix}$$

em que:

- p_1 — Lucro Anual oriundo do Projeto (Menor que 1% do Investimento aplicado, Maior que 1% do Investimento aplicado);
- p_2 — *Payback* (2 níveis: menor que 01 ano, maior que 01 ano);
- p_3 — Prazo de Implementação (Menor que 06 meses, Maior que 06 meses);
- p_4 — Incremento de Custeio (Baixo Custeio Global, Alto Custeio Global).

Esta ordenação foi obtida através de especialistas e é decorrente dos seguintes fatos:

- Para um investidor, independente de ser um investidor de uma operadora de telecomunicações, até porque muitos dos investidores têm cotas de investimentos em diferentes mercados, o fator mais importante é o **Lucro Anual do Projeto**. Quanto maior o Lucro, maior será o retorno dado ao acionista sobre seu capital aplicado. Vale destacar que Lucro anual é uma variável que mede o projeto ao longo de sua manutenção e que, portanto, não deve ser confundido como Lucro no primeiro ano de funcionamento;

- Em segundo vem a variável **Payback**, que significa retorno do investimento. Esta variável indica em quanto tempo se terá o ponto de equilíbrio entre o que foi investido e a receita captada pelo projeto. Deve ser observado que depois de realizado o *payback* é que o projeto passa a gerar lucro, porém, em função dos custos para manter o projeto funcionando, existirão projetos que possuem o mesmo *payback*, contudo, possuem lucros distintos;
- Em terceiro lugar, vem a variável **Prazo de Implementação**. A receita em um projeto só começa a ser contabilizada após sua implementação, portanto, quanto maior o prazo de implementação, mais tempo demorará para que o projeto inicie seu faturamento. Existe uma relação forte entre o *payback* e o prazo de implementação, pois se o prazo de implementação for descumprido o *payback* será afetado, visto que a receita será iniciada em um período diferente do planejado.
- Por último, vem a variável **Incremento de Custeio**, que indica o valor para se manter o projeto em funcionamento. Esta variável tem dependência com o tipo de tecnologia a ser utilizada. Como exemplo, ao compararmos uma rede de Rádios SHF com uma Rede Aérea de Cabos, é possível perceber que a Rede de Cabos terá um custo de manutenção maior, pois não só é necessário pagar um aluguel pelo uso dos postes como também uma manutenção preventiva envolvendo vistorias constantes na rota dos cabos para evitar vandalismos e desgastes nos mesmos. Também existem dependências com regiões geográficas, onde por exemplo, na instalação de uma estação para atender aos lojistas de um *Shopping Center*, em geral, estes estabelecimentos cobram preços elevados para uso de salas de abrigo de equipamentos, para o uso de sua cobertura para o caso de instalação de antenas de rádios e para o uso de dutos da tubulação que dá acesso até as lojas, onerando o custeio do projeto em relação a um projeto fora dessas áreas. Existem outras particularidades que variam conforme municípios, em que existem municípios que cobram pela poluição visual, situações onde é necessária a utilização de materiais biodegradáveis, dentre outros;

É importante destacar que este mesmo problema poderia ter seu número de *payoffs* aumentado livremente, a depender das necessidades de detalhamento desejadas. Por exemplo, poder-se-ia adicionar a variável p_5 como sendo a **Facilidade de Execução do Projeto**, que caracterizaria se tratar de um projeto de fácil execução ou de difícil execução, de forma a tornar a variável dicotômica. Um exemplo de um projeto de difícil execução seria ter que passar um cabo de fibra óptica subterrâneo em uma avenida principal de alto tráfego, pois existirão diversos fatores complicadores neste processo como conseguir autorização com os

órgãos de fiscalização, ter que agendar um horário conveniente para a atividade, correr o risco de o intervalo de tempo agendado não ser suficiente para a atividade, etc., enquanto que um projeto de fácil execução seria passar esse mesmo cabo em um bairro residencial, onde a criticidade do ambiente para realização do mesmo é bem menor. Ainda falando nesta nova variável p_5 , deve-se lembrar que na abordagem deste trabalho esta ordem de prioridade foi dada pelo Investidor, enquanto decisor. Para o investidor, se a dificuldade ou facilidade de implementação do projeto afetar negativamente no resultado, a equipe envolvida será punida de forma proporcional a esta variação no resultado, portanto, esta será a variável de menor prioridade. Logo, esta é uma variável que está intimamente associada com a qualidade técnica da equipe que dimensionou os riscos associados a execução do projeto do ponto de vista físico. Ela poderá implicar em um atraso no cronograma do projeto, afetando o **Payback** e o **Prazo de Implementação**, que não obstante ser uma consequência catastrófica para o sucesso do projeto, continua sendo associada a capacidade da equipe técnica em realizar um planejamento eficaz. Isto não significa que a variável não é importante para o Investidor, e sim, é a menos relevante entre as envolvidas. Caso o decisor fosse a equipe técnica, por exemplo, esta ordem de preferência das variáveis dos *payoffs* poderia ser diferente.

Uma vez estabelecida a ordem das variáveis, teremos 16 *payoffs* possíveis, que seguirão exatamente a ordem decrescente binária, devido as variáveis serem dicotômicas, conforme indicado na tabela 3.1:

Tabela 3.1: Representação ordenada dos *payoffs* do problema - A Operadora

\vec{p}^{16}	\vec{p}^{15}	\vec{p}^{14}	\vec{p}^{13}	\vec{p}^{12}	\vec{p}^{11}	\vec{p}^{10}	\vec{p}^9	\vec{p}^8	\vec{p}^7	\vec{p}^6	\vec{p}^5	\vec{p}^4	\vec{p}^3	\vec{p}^2	\vec{p}^1
1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0
1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0

O índice da linha 01 da tabela 3.1 indica o vetor de *payoff* correspondente, dentre os 16 possíveis. Da tabela temos:

$$\vec{p}^{16} \succ \vec{p}^{15} \succ \dots \succ \vec{p}^2 \succ \vec{p}^1$$

3.2.2 Conjunto dos Estados da Natureza

Continuando com a estruturação dos conjuntos para a modelagem do problema, será necessário definir quais serão os Estados da Natureza. Devemos lembrar que os Estados da Natureza são variáveis sobre as quais o decisor não exerce nenhuma influência. O verdadeiro Estado da Natureza ocorrerá de forma aleatória, onde o decisor apenas consegue descrever os possíveis cenários que podem ser assumidos.

Para o problema proposto, temos as seguintes variáveis atuando como estados natureza:

θ_a - Economia (Em Retração, Em Avanço)

θ_b - Físico (Desfavorável, Favorável) - Em termos de Desastres Naturais (Pluviometria, Vibrações, Tornados, etc.)

O estado θ_a representa como estará se comportando a economia no ato da aprovação do projeto. Por exemplo, após o projeto ser submetido, pode-se entrar em evidência uma notícia catastrófica envolvendo a economia mundial, onde a Bolsa dos EUA quebrou novamente em função de novos descobrimentos acerca de sua economia, representando um cenário amplamente desfavorável para realização de novos investimentos por parte dos Investidores da Operadora. Por outro lado, o Brasil pode vir a descobrir um novo e gigantesco poço de Petróleo, ou até o fato de o Brasil passar a sediar as olimpíadas, que são indicativos que novos investimentos virão e aquecerão a economia, indicando um cenário favorável para realização de novos investimentos.

O estado θ_b representa fenômenos físicos que influenciarão nas decisões do projeto. Por exemplo, após o projeto ser submetido, pode ocorrer um desastre natural como terremoto ou tornado, influenciando na decisão de dar continuidade ou não ao referido projeto. Outro exemplo é o uso da tecnologia rádio, que por questões de segurança do instalador não é realizada sob nenhuma hipótese enquanto estiver chovendo; logo, existirá um risco associado a probabilidade de chover que influi em θ_b e poderá a vir comprometer o cronograma do projeto.

Para facilitar a modelagem à planilha proposta como modelo inicial, serão adotados os seguintes cenários como estados da natureza:

- θ_1 — Economia em fase de RETRAÇÃO, com a natureza DESFAVORÁVEL à execução do projeto
- θ_2 — Economia em fase de EXPANSÃO, com a natureza DESFAVORÁVEL à execução do projeto

- θ_3 — Economia em fase de EXPANSÃO, com a natureza FAVORÁVEL à execução do projeto

O estado θ_4 (Economia em fase de RETRAÇÃO, com a natureza FAVORÁVEL à execução do projeto) foi suprimido do problema devido a indicação por parte dos especialistas de que este estado é muito próximo de θ_1 , podendo ser desprezado sem grande impacto na modelagem do problema.

O estado θ_1 representa o pior cenário, onde do ponto de vista econômico tem-se uma retração econômica decorrente da quebra de um grande banco ou o abalo de uma das maiores economias, associadas ao fato de a natureza física (terremotos, tornados, chuva intensa, movimento do MST na região, ataque terrorista na região, etc.) não estar favorável para a execução do projeto.

O estado θ_2 representa o cenário intermediário, onde do ponto de vista econômico tem-se uma expansão da economia com investimentos sendo aprovados na região decorrente do país ter achado mais um poço de petróleo ou estar sediando a próxima copa e olimpíada, porém, associadas ao fato de a natureza física (terremotos, tornados, chuva intensa, movimento do MST na região, ataque terrorista na região, etc.) não estar favorável para a execução do projeto. “Temos dinheiro mas as condições físicas não são boas”.

O estado θ_3 representa o melhor dos cenários, onde do ponto de vista econômico tem-se uma expansão da economia com investimentos sendo aprovados na região decorrente do país ter achado mais um poço de petróleo ou estar sediando a próxima copa e olimpíada, porém, associadas ao fato de a natureza física (terremotos, tornados, chuva intensa, movimento do MST na região, ataque terrorista na região, etc.) estar favorável para a execução do projeto.

Deve-se ter em mente que os estados θ_1 , θ_2 e θ_3 e as ações influenciarão probabilisticamente nos *payoffs*. Esta influência é representada pela função consequência, a ser modelada nos próximos tópicos.

3.2.3 Conjunto das Ações

Ao termos conhecimento acerca dos Estados da Natureza, teremos que tomar decisões, ou simplesmente agir. Do ponto de vista da Teoria da Decisão, não se distingue entre a decisão de fazer alguma coisa e fazê-la, portanto, decidir fazer alguma coisa equivale a tê-la feito [13].

Para o problema propostos, as ações são:

- a_1 — Implantar uma solução padronizada para a nova Rede de Telecomunicações, para atendimento ao portfólio de serviços pretendidos, sem nenhuma otimização de investimentos;
- a_2 — Implantar uma solução customizada para a nova Rede de Telecomunicações, de forma que seja possível realizar alguma otimização de investimentos;
- a_3 — Implantar uma solução para a nova Rede de Telecomunicações apenas após realização de estudo detalhado para composição otimizada de investimentos atendendo ao portfólio de serviços pretendidos e realizando uma projeção de crescimento da Rede.

Nas ações listadas, a ação a_1 é a mais "enxuta" das ações, tendo em vista a não realização de otimização de investimentos e que simplesmente se adotou uma solução já padronizada, porém não customizada para o projeto em especial. A ação a_2 , é a ação intermediária dentre as três disponíveis e é a mais usual quando o prazo para submeter o projeto não foi suficiente para realização de um projeto plenamente otimizado, mas foi possível realizar alguma otimização. A ação a_3 , que é a mais "caprichada" entre as disponíveis, em geral é utilizada em projetos de elevado investimento, onde um erro decorrente de uma não otimização resultaria tipicamente em um enorme desperdício de recursos financeiros.

3.2.4 Conjunto das Observações

As observações são as informações disponíveis que servem como indicador para realizar uma estimativa dos Estados da Natureza. Visto que o Estado da Natureza possui uma imprevisibilidade implícita, o que se faz com as observações é obter dados de outras variáveis que estão disponíveis e podem trazer consigo informações úteis sobre as tendências do Estado da Natureza.

Para o problema proposto, teremos como variáveis as seguintes observações:

- x_a — Comportamento dos Indicadores Econômicos (PIB, Taxa de Desemprego, Inflação, Taxa de Câmbio do Dólar e Euro) em relação ao ano anterior - (Favoráveis a crescimento econômico, Desfavoráveis a crescimento econômico)
- x_b — "Acertividade" dos Projetos no último ano com relação a θ_2 (Acima de 90%, Abaixo de 90%). Indicando para o investidor o percentual de projetos que ocorreram dentro dos parâmetros planejados no ano anterior.

Vale destacar que a variável x_a oferece informações que ajudam o decisor a estimar θ_a . Imagine que em o cenário onde se observa crescimento do PIB, diminuição da taxa de desemprego, diminuição da inflação e aumento da taxa de câmbio será um forte indicador de que a economia, representada por θ_a está em fase de avanço. Para avaliar se x_a está Favorável ou Desfavoráveis ao crescimento econômico, basta lançar mão das séries históricas de cada um desses indicadores e verificar os impactos econômicos que possuem associação com a variação destas.

Deve-se ter em mente que as observações apenas ajudam de x_a apenas ajudam a estimar θ_a e que isto não quer dizer que de fato a economia irá avançar, e sim que a probabilidade de avanço será elevada, dado que temos indicadores econômicos favoráveis. Deve-se lembrar que não é possível controlar o Estado da Natureza, visto que, por exemplo, um cenário de quebra da economia dos EUA poderia mudar este *status* bruscamente, ou até um atentado terrorista de grande porte na cidade de São Paulo - SP, teria certamente afetado o Estado da Natureza. Já as variáveis x_b oferece informações que ajudam o decisor a estimar θ_b . Quanto maior for a **acertividade dos projetos no ultimo ano** (a taxa de projetos que ocorreram dentro dos parâmetros pré-definidos no ano anterior) em termos de influências sofridas por θ_b , mais preciso será o processo de estimativa dos Estados da Natureza.

Para facilitar a modelagem à planilha proposta como modelo inicial, serão adotados os seguintes cenários como observações:

- x_1 — PIORA dos Indicadores Econômicos (PIB, Taxa de Desemprego, Inflação, Taxa de Câmbio do Dólar e Euro) em relação ao ano anterior e previsão de grandes tempestades e grandes possibilidade de a natureza estar DESFAVORÁVEL devido a Acertividade dos Projetos no ultimo ano com relação a θ_2 ;
- x_2 — MELHORA dos Indicadores Econômicos (PIB, Taxa de Desemprego, Inflação, Taxa de Câmbio do Dólar e Euro) em relação ao ano anterior e previsão de grandes tempestades e grandes possibilidade de a natureza estar DESFAVORÁVEL devido a Acertividade dos Projetos no ultimo ano com relação a θ_2 ;
- x_3 — MELHORA dos Indicadores Econômicos (PIB, Taxa de Desemprego, Inflação, Taxa de Câmbio do Dólar e Euro) em relação ao ano anteriores previsão de tempo bom e grandes possibilidade de a natureza estar FAVORÁVEL devido a Acertividade dos Projetos no ultimo ano com relação a θ_2 ;

Vale destacar que as variáveis x_1 , x_2 e x_3 oferecem informações que ajudam o decisor

O segundo passo é definir a probabilidade de ocorrência dos 16 *payoffs* para cada um dos nove pares (θ, a) para o decisor, ou seja, com que probabilidade ocorrerá cada *payoff* em uma escala que varia entre 0 e 1 para cada par (θ, a) . Pode-se fazer isto de duas maneiras: através de bases de dados com as informações nelas contidas ou através de especialistas. Em geral, são raros os casos nos quais as corporações possuem bases de dados preparadas para o uso da Teoria da Decisão e após a consulta prévia aos profissionais da área, foi constatada a necessidade de realizar a educação de preferência dos *payoffs* através de especialistas. Para facilitar a obtenção da distribuição probabilística entre os vetores pelos especialistas, utilizou-se a distribuição binomial:

$$b(x; n; p) = \binom{n}{x} p^x (1 - p)^{n-x}$$

Inserindo a binomial em uma coluna à esquerda da tabela 3.2, tem-se a tabela 3.3:

Tabela 3.3: Função Consequência - A Operadora

Binomial	θ	a	\bar{p}^1	\bar{p}^2	\bar{p}^3	\bar{p}^4	\bar{p}^5	\bar{p}^6	\bar{p}^7	\bar{p}^8	\bar{p}^9	\bar{p}^{10}	\bar{p}^{11}	\bar{p}^{12}	\bar{p}^{13}	\bar{p}^{14}	\bar{p}^{15}	\bar{p}^{16}
5,0%	θ_1	a_1	0,46	0,37	0,13	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15,0%	θ_1	a_2	0,09	0,23	0,29	0,22	0,12	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18,0%	θ_1	a_3	0,05	0,17	0,26	0,25	0,16	0,08	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
35,0%	θ_2	a_1	0,00	0,01	0,05	0,11	0,18	0,21	0,19	0,13	0,07	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
40,0%	θ_2	a_2	0,00	0,00	0,02	0,06	0,13	0,19	0,21	0,18	0,12	0,06	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
42,0%	θ_2	a_3	0,00	0,00	0,02	0,05	0,11	0,17	0,20	0,19	0,14	0,08	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
44,0%	θ_3	a_1	0,00	0,00	0,01	0,04	0,09	0,15	0,20	0,20	0,16	0,10	0,04	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00
60,0%	θ_3	a_2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,06	0,12	0,18	0,21	0,19	0,13	0,06	0,02	0,00	0,00
75,0%	θ_3	a_3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,04	0,09	0,17	0,23	0,23	0,16	0,07	0,01

Para facilitar a visualização dos conjuntos de *payoffs*, pode-se ilustrá-los somadas as probabilidades em grupos de 4 *payoffs*, conforme ilustrado na tabela 3.4.

Tabela 3.4: Função Consequência (tabela resumida) - A Operadora

Probabilidades			
$\vec{p}^1 \rightarrow \vec{p}^4$	$\vec{p}^5 \rightarrow \vec{p}^8$	$\vec{p}^9 \rightarrow \vec{p}^{12}$	$\vec{p}^{13} \rightarrow \vec{p}^{16}$
0,99	0,01	0,00	0,00
0,82	0,18	0,00	0,00
0,72	0,28	0,00	0,00
0,17	0,71	0,11	0,00
0,09	0,70	0,21	0,00
0,07	0,67	0,26	0,00
0,05	0,63	0,31	0,01
0,00	0,21	0,70	0,09
0,00	0,02	0,52	0,46

O trabalho com o auxílio da função binomial, ajuda no processo de obtenção da distribuição das probabilidades junto aos especialistas, visto que os *payoffs* já estão ordenados. Deseja-se através do coeficiente inserido entre 0 e 1 na planilha colocar os 16 *payoffs* em ordem de importância dado que já se tem um par (θ, a) definidos. Dois comentários são elucidadores para iniciar o trabalho junto aos especialistas:

1. Ao considerarmos o par (θ_1, a_1) , temos o pior cenário, pois além da natureza estar desfavorável do ponto de vista econômico e físico, a ação tomada é a pior entre as três disponíveis. Neste caso, deverá ser evidente que os vetores de PIOR preferência na escala de ordenamento terão MAIOR probabilidade de ocorrência.
2. Ao considerarmos o par $(\theta_3=1, a_3)$, temos o melhor cenário, pois além da natureza estar favorável do ponto de vista econômico e físico, a ação tomada é a melhor entre as três disponíveis. Neste caso, deverá ser evidente que os vetores de MAIOR preferência na escala de ordenamento terão MAIOR probabilidade de ocorrência.

Os dois comentários supracitados ajudam a iniciar o processo, visto que os especialistas estarão estabelecendo a distribuição de probabilidades para os melhores e piores cenários nos vetores de *payoffs*. Após a conclusão destes melhores e piores cenários, basta continuar o processo determinando os demais cenários previstos no problema, completando a educação da função consequência. Os dados inseridos foram eduzidos de especialistas.

Observa-se que na análise das distribuições *payoffs*, foram analisados os estados da natureza na forma de cenários, compostos pelo estado da economia e pelo estado físico para

execução dos projetos. As observações seguiram a mesma linha. Pode-se também construir problemas associados a, por exemplo, estados θ representados separadamente, e não como cenários. Com esta análise, poderíamos ter θ_1 e θ_2 como sendo uma visão das preferências do decisor com relação aos aspectos econômicos (θ_1) e com relação ao sucesso ocorrido no último ano (θ_2), que teriam observações específicas associadas aos estados θ_1 e θ_2 . Isto, em alguns casos, pode simplificar a análise do problema, visto que os conjuntos de observações estarão associados aos estados da natureza de forma não interligada. Este modelo pode ser adequado para mais variáveis, analisadas em conjunto ou separadamente, fortalecendo o poder da ferramenta visto que o decisor só terá que definir o coeficiente adequado para a distribuição de preferências dos vetores para cada conjunto (θ, a) .

3.2.7 Função de Verossimilhança

As observações guardam uma relação probabilística com os estados da natureza; ao se observar determinadas variáveis pode-se estimar a probabilidade de termos um dado estado θ . Essa distribuição de probabilidade é denotada por $P(x|\theta)$. Representa o canal de comunicação com a natureza, ou seja, diz quanto a observação x informa sobre o estado da natureza θ [13].

Para o problema proposto, a função de verossimilhança será uma matriz 3x3, conforme ilustra a tabela 3.5:

Tabela 3.5: Função de Verossimilhança - A Operadora

$\mathbf{P}(x|\theta)$	x_1	x_2	x_3
θ_1	0,55	0,20	0,25
θ_2	0,10	0,60	0,30
θ_3	0,35	0,10	0,55

Os dados foram obtidos de especialistas.

3.2.8 Distribuição *a Priori*

A distribuição *a priori* traz um indicativo sobre os Estado da Natureza sob o ponto de vista de seu comportamento histórico. É pouco provável que não exista algum conhecimento sobre o comportamento de θ . A incerteza probabilística acerca da distribuição a priori $\pi(\theta)$ pode ser proveniente de duas fontes: uma base de dados com esses registros ou o conhecimento

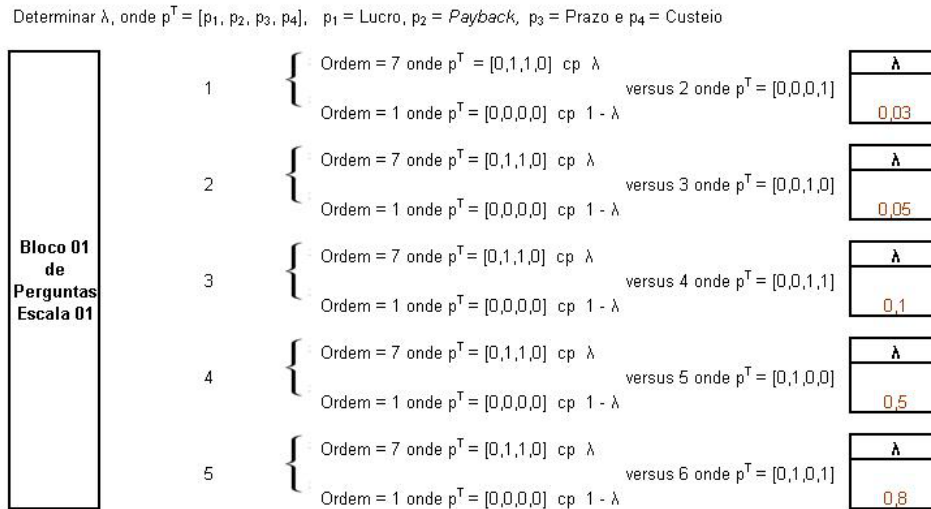


Figura 3.1: Exemplo de bloco de perguntas onde o decisor irá inserir o λ para o qual se sente indiferente - A Operadora

A função utilidade do decisor para a Função Consequência, será calculada por:

$$u(P(p|\theta, d(x))) \tag{3.1}$$

A utilidade desta distribuição é dada por:

$$u(P(p|\theta, d)) = \sum_p v(p) \sum_x P(x|\theta)P(p|\theta, d(x)) \tag{3.2}$$

Em Teoria da Decisão trabalha-se com perdas. A perda é definida simplesmente como o negativo da utilidade:

$$L(\theta, d(x)) = -u(P(p|\theta, d(x))) \tag{3.3}$$

Após a educação dos valores de utilidade dos *payoffs* pelo especialista, chega-se a tabela 3.8. É importante salientar que a utilidade está representando o grau de preferência entre 0 e 1 dos 16 *payoffs* do problema. De uma forma geral, a preferência sempre será maior pelos melhores *payoffs*. Deseja-se saber com a utilidade qual é o grau de preferência entre os *payoffs*. Na tabela 3.8 é visível que a utilidade pelos *payoffs* de p_1 a p_4 é muito pouco representativa, indicando que estes casos não são de interesse para operadora em termos do esforço que a mesma está disposta a realizar para obtenção dos mesmos. Por outro lado, do *payoff* p_{16} a p_{16} , a operadora apresenta elevada utilidade.

Tabela 3.8: Função Utilidade - A Operadora

\vec{p}	\vec{p}^1	\vec{p}^2	\vec{p}^3	\vec{p}^4	\vec{p}^5	\vec{p}^6	\vec{p}^7	\vec{p}^8	\vec{p}^9	\vec{p}^{10}	\vec{p}^{11}	\vec{p}^{12}	\vec{p}^{13}	\vec{p}^{14}	\vec{p}^{15}	\vec{p}^{16}
u(p)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	0,03	0,04	0,44	0,60	0,72	0,80	0,84	0,85	0,859	0,879	1,000

3.2.10 As Regras de Decisão

Campello de Souza [13] refere que tomar decisões é escolher uma ação dentre várias disponíveis; trata-se de utilizar o que se sabe e o que se pode, a fim de se obter o que se quer.

A Teoria da Decisão sistematiza esse processo através de um conjunto de regras de decisão. Estas regras são funções que associam a cada observação uma ação:

$$d: \mathcal{X} \rightarrow \mathcal{A} \quad (3.4)$$

$$x \mapsto d(x)=a$$

A associação pode ser determinística ou probabilística [13]. As regras são explicitadas e comparadas; a que minimizar o risco, para qualquer estado da natureza, deverá ser a adotada. O risco é a perda esperada da regra de decisão sobre repetição hipotética de um experimento que dá origem às observações x como função do parâmetro θ .

Campello de Souza [13] descreve a metodologia utilizada no processo de escolha da decisão. Após a definição dos conjuntos básicos e dos mecanismos probabilísticos envolvidos, chega-se à escolha de uma decisão. O número de regras de decisões possíveis é dado por:

$$||\mathcal{D}|| = ||\mathcal{A}||^{||\mathcal{X}||} \quad (3.5)$$

A notação $|| \cdot ||$ indica a cardinalidade do conjunto. Descreve-se as regras de decisão por funções, associando para cada observação x uma ação a .

No problema proposto, existirão 27 regras de decisão.

O risco de Bayes será calculado pela equação 3.6:

A função risco descreve a perda da ação a se usar uma regra de decisão, representando o valor esperado da função de perda.

$$R_d(\theta) = E(L|\theta) = \sum_x L(\theta, d(x))P(x|\theta) \quad (3.6)$$

A regra de decisão que minimizar o risco será a melhor regra, pois representa a maior utilidade e a melhor consequência para o decisor.

Com isto obtém-se a configuração da tabela 3.9.

Tabela 3.9: Regras de Decisão e Risco de Bayes - A Engenharia de Manutenção de Circuitos em Telecomunicações

Regras de Decisão				Rd(θ)			Bayes	Menor
d	x_1	x_2	x_3	θ_1	θ_2	θ_3	-rd	Risco
d_1	a_1	a_2	a_3	0,005	0,239	0,622	0,38390	
d_2	a_1	a_3	a_2	0,005	0,251	0,545	0,34863	
d_3	a_2	a_1	a_3	0,008	0,196	0,703	0,41198	
d_4	a_2	a_3	a_1	0,007	0,234	0,480	0,31144	
d_5	a_3	a_1	a_2	0,010	0,188	0,669	0,39275	
d_6	a_3	a_2	a_1	0,009	0,214	0,523	0,32748	
d_7	a_1	a_1	a_2	0,003	0,176	0,495	0,30073	
d_8	a_1	a_1	a_3	0,004	0,188	0,590	0,35191	
d_9	a_2	a_2	a_1	0,006	0,210	0,462	0,29553	
d_{10}	a_2	a_2	a_3	0,009	0,248	0,736	0,44397	
d_{11}	a_3	a_3	a_1	0,010	0,238	0,540	0,34339	
d_{12}	a_3	a_3	a_2	0,012	0,264	0,718	0,44065	
d_{13}	a_2	a_1	a_1	0,005	0,159	0,430	0,26354	
d_{14}	a_3	a_1	a_1	0,008	0,162	0,490	0,29549	
d_{15}	a_1	a_2	a_2	0,004	0,227	0,527	0,33272	
d_{16}	a_3	a_2	a_2	0,011	0,240	0,701	0,42474	
d_{17}	a_1	a_3	a_3	0,007	0,263	0,639	0,39981	
d_{18}	a_2	a_3	a_3	0,010	0,271	0,753	0,45988	
d_{19}	a_1	a_2	a_1	0,002	0,202	0,349	0,23546	
d_{20}	a_1	a_3	a_2	0,005	0,251	0,545	0,34858	
d_{21}	a_2	a_3	a_2	0,008	0,260	0,658	0,40859	
d_{22}	a_2	a_1	a_2	0,006	0,184	0,608	0,36080	
d_{23}	a_3	a_1	a_3	0,011	0,200	0,763	0,44393	
d_{24}	a_3	a_2	a_3	0,012	0,252	0,796	0,47592	
d_{25}	a_1	a_1	a_1	1E-03	0,15	0,317	0,20347	
d_{26}	a_2	a_2	a_2	0,008	0,236	0,641	0,39279	
d_{27}	a_3	a_3	a_3	0,013	0,275	0,813	0,49183	0,492

Na tabela 3.9, são listados os riscos de todas as possíveis decisões e é indicada a decisão de menor risco, que é a melhor dentre as soluções possíveis para o problema proposto. É importante observar que o cálculo do risco está com valor negativo na tabela 3.9.

CAPÍTULO 4

A ENGENHARIA DE MANUTENÇÃO DE CIRCUITOS EM TELECOMUNICAÇÕES

4.1 Considerações sobre a Engenharia de Manutenção nas Operadoras de Telecomunicações

A Engenharia de Manutenção está voltada para produção de um serviço que consiste em manter um sistema em pleno funcionamento, conforme o mesmo tenha sido projetado. Está diretamente associada com planejamento, operação e realização de procedimentos nestes sistemas, procurando manter sua disponibilidade quando requisitados.

Entende-se por Manutenção de um Sistema de Telecomunicações como sendo a combinação associada das técnicas e ações necessárias para restaurar um sistema ao seu funcionamento pleno. A gestão da manutenção de grandes sistemas, dentre eles Telecomunicações, já foi objeto de atenção pela comunidade científica, dominada pela técnica que orienta pessoas com conhecimento singular na direção de solução de problemas técnicos e de gerenciamento de pessoas. Este marco, historicamente sacramentado nos anos 70, foi o início do Modelamento Matemático de Pesquisa Operacional, modelos que utilizam técnicas de predição na previsão de falhas com base no estado atual do equipamento. A manutenção chegou a ser considerado como última fronteira do gerenciamento científico [3–5].

O gerenciamento da manutenção de sistemas, é feita com base em implementação de funções como controle, acompanhamento, normatização, análise estatística, etc. A implementação destas funções exige modelagem matemática, conhecimentos tecnológicos, pesquisa operacional e teoria da decisão.

Dois aspectos são típicos na Gestão da Manutenção:

1. Os equipamentos estão em processo constante de deteriorização. Em decorrência do conjunto de equipamentos ter sido instalado em tempos distintos, sua probabilidade de falha seguirá este comportamento, aumentando a ocorrência em tempos distintos. Isto faz com que decisões rápidas entre substituir ou reparar equipamentos sejam tomadas cotidianamente, fazendo com que decisões sobre pressão prevaleçam sobre o processo que usa método científico de análise [3-5];
2. Existem dificuldades em correlacionar a manutenção com os resultados empresariais. Sabe-se que investir em manutenção é algo que pode vir a melhorar os resultados da empresa, mas não se consegue fazer uma correlação direta através de números, conforme apreciam os gestores destas corporações. Isto faz com que a manutenção seja vista apenas como uma função custo, fazendo com que em muitos casos seu orçamento não seja uma prioridade [3-5].

No mercado das operadoras de telecomunicações também existem dificuldades entre correlacionar o orçamento da manutenção e os resultados empresariais. Tipicamente, em épocas de redução de custos sofridas nestas empresas, a manutenção está entre os setores possíveis de sofrer maior cortes nos gastos. O problema destes cortes é que na maioria dos casos, corta-se um custo aparente, que é visível e previsto, em detrimento de outro que termina por onerar ainda mais o orçamento global. Isto ocorre nos procedimentos de manutenção, que são subdivididos nas operadoras em manutenção preventiva e manutenção corretiva.

Manutenção corretiva é o procedimento de manutenção acionado para restabelecer um sistema que esteja total ou parcialmente fora de seu padrão de funcionamento. Neste tipo de atividade, face ao curto espaço de tempo, tenta-se restabelecer o funcionamento do sistema visando minimizar o tempo de paralisação do mesmo. Uma manutenção corretiva pode ocorrer em qualquer tempo e, dependendo das circunstâncias envolvidas, terá seus custos mais onerados, pois poderá ocorrer em períodos durante a madrugada, em que seja intrínseco a realização de hora extra pelos funcionários da operadora, em locais onde seja necessário deslocamentos com transporte aéreo ou até envolver situações onde, caso a manutenção ocorra

em um período superior ao estabelecido contratualmente, a operadora sofrerá com multas de elevado valor.

Manutenção preventiva é o procedimento de manutenção que consiste em realizar vistas, procedimentos periódicos de testes nos equipamentos da planta, tanto fisicamente como sistemicamente, identificação de necessidade de realização de manutenções programadas (que são bem menos onerosas e críticas que as manutenções corretivas), dentre outras ações. Este tipo de manutenção visa minimizar, de maneira geral, as necessidades de manutenção corretiva, visto que durante sua realização itens que se tornariam uma manutenção corretiva mais adiante são previamente identificados e solucionados.

As manutenções, operacionalmente nas operadoras, são demandadas por dois canais de informação: o registro de reclamações dos clientes realizados numa central de atendimento da operadora e os registros de alarmes indicados pelos alarmes disponíveis nos sistemas de gerência implantados nestas redes. Do ponto de vista contratual, quando a operadora tem tempos contratualmente pré-estabelecidos para restauração dos sistemas, estes tempos só começam a contar a partir do registro das reclamações. Por esta razão, utiliza-se o registro das reclamações como fator primário, onde a partir deste, deve-se atuar rapidamente. Os alarmes são usados como informações complementares, pois, por exemplo, um sistema de grande porte pode ter sofrido uma paralisação gerando centenas de reclamações simultâneas, sendo que na verdade o causador de todas as reclamações é este único sistema.

Um problema tipicamente encontrado nas operadoras de telecomunicações é a redução do orçamento destinado as manutenções preventivas. Isto ocorre por estarmos tratando de uma cifra planejada, que pode facilmente ser arbitrariamente reduzida, visto que não existe para a maioria dos casos dados que ilustrem uma relação direta do benefício de sua utilização. Já a manutenção corretiva, que não possui um orçamento estimado por se tratar de um procedimento que, se não realizado em tempo hábil, pode implicar na perda dos clientes envolvidos para a concorrência, é apenas uma estimativa com base no ano anterior, mas que serve apenas como um parâmetro grosseiro de comparação, na maioria dos casos. O resultado desta ação de redução das manutenções preventivas traz como consequência o aumento das ocorrências de manutenções corretivas, implicando no aumento do orçamento global com manutenção. Imagine, por exemplo, uma rede aérea de cabos de fibra óptica lançados em postes para atendimento a clientes. Estes cabos carregam grandes quantidades de clientes de grande porte e até tráfego de estações concentradoras de clientes de menor porte. Diariamente essas

redes sofrem interferências de terceiros, pois operadoras estão sempre lançando novos cabos e, para isto, geralmente mexem um pouco nos elementos de sustentação dos cabos existentes, incorrendo em diminuição da tração, danificação parcial ou total de acessórios instalados e até modificação da altura em que o cabo estava instalado no poste. A consequência do corte do orçamento de manutenção preventiva neste caso implicará em uma alta probabilidade de violação do cabo, seja por vandalismo ou por um incidente (por exemplo, um caminhão chocar-se com um cabo em uma travessia devido ao mesmo estar fora da altura original), resultando em um elevado número de reclamações que demandará um tempo longo de restabelecimento, visto que a restauração de um sistema via fibra óptica é uma atividade de prazo superior a 2 horas. Com isto, termina-se por obter um orçamento anual total com manutenção destes sistemas superior ao que seria no caso do orçamento de manutenção preventiva ter sido mantido.

4.1.1 Contexto a ser abordado neste trabalho

Neste tópico será abordado o contexto de tomadas de decisões acerca de medir o grau de importância entre os *payoffs* de uma rede com base em seus indicadores de desempenho. A operadora não possui uma correlação direta entre a qualidade de sua rede e o orçamento que deve destinar a manutenção. Com base nas preferências da operadora por uma rede com melhor qualidade, em detrimento de uma rede com parâmetros de qualidade ruim, será disponibilizado um resultado de preferência de qualidade, que servirá como subsídio para justificar orçamentos mais apropriados para a Engenharia de Manutenção dos Circuitos de Telecomunicações da Operadora.

4.2 Estruturação Matemática

Visando a padronização da metodologia utilizada, serão repetidos os tópicos e textos utilizados na estruturação matemática dos problemas ilustrados nos Capítulos 3, 4 e 5 deste trabalho.

4.2.1 Conjunto dos *Payoffs* (Consequências)

Para estruturação de um problema de teoria da decisão, deve-se sempre começar pelos resultados (*payoffs*) possíveis que poderão ser obtidos. Neste caso, do ponto de vista da Teoria da Decisão, o primeiro conjunto a ser modelado é o conjunto dos *payoffs*, onde:

Os *payoffs* serão definidos pelo vetor:

$$\vec{p} = \begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \\ p_4 \end{bmatrix}$$

em que:

- p_1 — TMR Mensal: Tempo médio de Recuperação de todos os circuitos no mês (menor que 2h, maior que 2h)
- p_2 — Percentual Mensal de Reclamações Reincidentes em 30 dias (inferior a 3% do total de reclamações, superior a 3% do total de reclamações)
- p_3 — Percentual de Defeitos em Relação a Planta Instalada (inferior a 2 % de toda a planta instalada, superior a 2 % de toda a planta instalada)
- p_4 — Incremento de Custeio Mensal em relação ao ano anterior (superior a 10%, inferior a 10%)

Quando não se tiver nenhum modelo já estruturado, deve-se começar preferencialmente com um modelo dicotômico, conforme será utilizado neste trabalho, de forma que após termos a consolidação do mesmo, a quantidade de níveis de cada variável poderá ser aumentada livremente.

Outra particularidade sobre os modelos dicotômicos sugerida por este autor é que, ao se determinar a ordem de preferência das variáveis do vetor p , já é possível realizar o ordenamento em ordem lexicográfica dos vetores de *payoffs* do problema, visto que a ordem das variáveis já está estabelecida e que como a escala é dicotômica, 0 corresponderá a situação ruim e 1 a situação boa. Isto reduz consideravelmente o processo de educação de preferências pelos *payoffs*, que faz parte do modelamento dos problemas por Teoria da Decisão.

Para colocar variáveis do vetor em ordem de prioridade, de forma que:

$$p_1 \succ p_2 \succ p_3 \succ p_4$$

O vetor p terá agora o seguinte ordenamento de suas variáveis:

$$\vec{p} = \begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \\ p_4 \end{bmatrix}$$

em que:

- p_1 — TMR Mensal: Tempo médio de Recuperação de todos os circuitos no mês (Menor que 2h, Maior que 2h)
- p_2 — Percentual de Defeitos em Relação a Planta Instalada (Inferior a 2 %, Superior a 2 %)
- p_3 — Percentual Mensal de Reclamações Reincidentes em 30 dias (Inferior a 3 %, Superior a 3 %)
- p_4 — Incremento de Custeio Trimestral em relação ao ano anterior(Superior a 10 %, Inferior a 10 %)

Esta ordenação foi obtida através de especialistas e é decorrente dos seguintes fatos:

- Para os Gestores de Manutenção de uma Operadora, a variável mais importante é o **TMR Mensal (Tempo Médio de Recuperação dos Circuitos)**. Quanto maior o TMR, menor é a disponibilidade da equipe para efetuar manutenções causando um efeito avalanche de aumento no TMR. Existe uma preocupação no controle deste indicador devido ao fato de as equipes de manutenção possuírem quadros de pessoal dimensionados no limite mínimo aceitável, visto que a manutenção é avaliada como um custo para as operadoras, portanto, se alguns circuitos demorarem simultaneamente mais do que a média de 2 horas para serem restabelecidos, ocorrerá uma fila de espera de reclamações a serem atendidas sem equipe técnica disponível para atuação, onde o cronômetro para estas novas reclamações estará contabilizando o tempo independentemente da disponibilidade das equipes. Além disto, existem as multas contratuais para os circuitos que envolvem dois parâmetros: reembolso proporcional ao tempo de paralisação e multa associada aos tempos de paralisação (a soma destes parâmetros representa uma perda significativa de receita, afetando as metas de desempenho da Operadora). Por fim, também é o TMR quem afeta de forma mais direta no aumento da insatisfação dos clientes. Atualmente, o desempenho dos serviços de telecomunicações está diretamente associado ao resultado empresarial das atividades destes clientes

em muitos segmentos. Imagine, por exemplo, o que representaria para uma rede de supermercados em um dia e horário de pico ficar mais de 2 horas com seu sistema de pagamentos via cartão de crédito sem funcionar, onde isto representaria não só desistência de vários clientes em realizar suas compras como também a perda de parte desses clientes para uma rede de supermercados concorrente. Assim como este exemplo, existem diversos outros em Redes Varejistas, Sistemas de Vendas *on-line* e por telefone, prestação de serviços, etc.;

- Em segundo lugar vem o **Percentual de Defeitos em Relação a Planta Instalada**. Este indicador mostra como está a qualidade da Rede em relação a planta como um todo. Existe uma forte correlação entre este indicador e a qualidade das empresas que realizam as instalações. No mercado de telecomunicações, existe por parte das operadoras uma tendência em terceirizar as equipes de instalação dos equipamentos como forma de reduzir custos e aumentar as frentes de trabalho para as crescentes demandas de telecomunicações atualmente aferidas. O problema é que quem contrata essas equipes é a equipe de suprimentos das operadoras, que em geral não possuem em seu quadro de pessoal equipe técnica para auxiliar na avaliação da qualidade das propostas e possuem como meta a redução dos custos para a Operadora, ou seja, implantam o conceito de "redução de custos a todo custo". Com isto, para poderem ser competitivas, as empresas que apresentam propostas mais baixa tem que usar materiais de baixa qualidade nas instalações, além de utilizar mão de obra menos qualificada do que o aceitável. Vale destacar que nos modelos de contratação atualmente aplicados, estas empresas recebem por instalação realizada, independente da qualidade da mesma, representando um aumento assustador nos números de reclamação. Por outro lado, as demandas por telecomunicações estão crescendo, mas a margem operacional líquida dos circuitos comercializados está diminuindo, fazendo com que a necessidade de redução de custos nas instalações de novos clientes na rede seja um caminho sem volta. O fato é que se estas quantidades de reclamações aumentarem mais do que a meta pré-estabelecida, não haverá equipes disponíveis o suficiente para suprir a demanda de reclamações, voltando a ocorrer o efeito avalanche já comentado no TMR. Novos contratos estão sendo desenhados para suprir este problema junto as empreiteiras instaladoras de redes, visando a amarração de qualidade por um período de tempo pré-definido (em geral de 60 dias) — ocorrendo reclamações neste período a empreiteira terá que arcar com o ônus do restabelecimento do circuito, além de multas para os casos das reclamações ultrapassarem um percentual de 10 % das instalações.

- Em terceiro lugar, vem o **Percentual Mensal de Reclamações Reincidentes** em 30 dias. Estes são os casos nos quais, se a operadora não tratar com uma atenção excepcional, correrá um grande risco de perder o cliente para uma operadora concorrente, visto que se trata de um caso que apresentou os mesmos problemas de manutenção por dois meses consecutivos. Para casos como este, em geral, a manutenção inicial ficou com pendências de correção e/ou não foi bem realizada, fazendo com que uma nova indisponibilidade do sistema ocorresse em 30 dias. É muito difícil contornar este tipo de situação junto ao cliente, visto que a indisponibilidade do sistema, em muitos casos, causa um prejuízo para o mesmo maior do que o ressarcimento realizado pela operadora contratualmente. Para tentar amenizar a insatisfação, a área comercial destas operadoras procura oferecer algum benefício extra ao cliente, como bonus ou descontos para ampliação de velocidades, ou até, dependendo do porte do cliente, circuitos redundantes sem ônus para os pontos críticos das redes. Deve-se ter em mente que existem clientes que giram receitas mensais de telecomunicações para as operadoras entre 100 mil e 10 milhões de reais por mês, fazendo com que nestes casos exista um tratamento à parte para os indicadores desta carteira de clientes.
- Por último, vem o **Incremento de Custeio Trimestral** em relação ao ano anterior, que indica o valor para se manter a rede em funcionamento, com base no mesmo período do ano anterior. Em geral, existem premiações e bonificações para os gestores e para a equipe técnica, associadas a redução destes custos, incentivando a equipe a contribuir com idéias e ações que possam ajudar neste sentido. Por outro lado, trata-se de um parâmetro de difícil controle, tendo em vista que os orçamentos de manutenção preventiva sofrem cortes constantemente, na maioria das vezes de forma arbitrária. Em geral, o custeio mensal para uma rede de telecomunicações gira em torno de 1 % do valor investido para implantar a rede, porém, devido a estas redes serem implantadas em tempos distintos, dificilmente o gestor de manutenção pode contar com essa disponibilidade financeira do ponto de vista do planejamento orçamentário. O que se faz na prática é utilizar uma série histórica dos gastos anuais com manutenção e tomá-la como base para os anos seguintes. Vale destacar que este valor histórico não representa a realidade das redes, pois não está normalizado em função da planta instalada, visto que a quantidade de circuitos implantada por ano nas redes estar aumentando rapidamente, demandando um orçamento que deveria ser bem maior.

É importante destacar que este mesmo problema poderia ter seu número de *payoffs* aumentado livremente, conforme já ilustrado na abordagem do Capítulo 3, a depender das necessidades de detalhamento desejadas. Por exemplo, poderia-se adicionar a variável p_5 como representando a Qualidade da Rede em Relação as Demais Operadoras (entre as três melhores, abaixo das três melhores), que incrementaria o processo de avaliação da qualidade da engenharia de manutenção dos circuitos através da avaliação comparativa junto a concorrência que, em caso de bons resultados, poderia ser inclusive utilizado como ferramenta de *marketing* pela área comercial junto aos clientes. A partir do momento em que os *payoffs* são ordenados e é feita a educação da preferência da operadora em relação a ter melhores ou piores *payoffs*, ficará claro que para obter os melhores *payoffs* será necessário investir. Após realizar um estudo complementar associando custos aos *payoffs*, deve-se ter em mente que o modelo irá prever as melhores decisões com base nas preferências da operadora e que, poderão haver situações em que a operadora prefira não ter os melhores *payoffs* devido a alguma restrição orçamentária, ou seja, será a melhor decisão com base nos recursos disponíveis.

Uma vez estabelecida a ordem das variáveis, teremos 16 *payoffs* possíveis, que seguirão exatamente a ordem decrescente binária, devido as variáveis serem dicotômicas, conforme indicado na tabela 4.1:

Tabela 4.1: Representação ordenada dos *payoffs* do problema - A Engenharia de Manutenção de Circuitos em Telecomunicações

\vec{p}^{16}	\vec{p}^{15}	\vec{p}^{14}	\vec{p}^{13}	\vec{p}^{12}	\vec{p}^{11}	\vec{p}^{10}	\vec{p}^9	\vec{p}^8	\vec{p}^7	\vec{p}^6	\vec{p}^5	\vec{p}^4	\vec{p}^3	\vec{p}^2	\vec{p}^1
1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0
1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0

O índice da linha 01 da tabela 4.1 indica o vetor de *payoff* correspondente, dentre os 16 possíveis. Da tabela temos:

$$\vec{p}^{16} \succ \vec{p}^{15} \succ \dots \succ \vec{p}^2 \succ \vec{p}^1$$

4.2.2 Conjunto dos Estados da Natureza

Continuando com a estruturação dos conjuntos para a modelagem do problema, será necessário definir quais serão os Estados da Natureza. Devemos lembrar que os Estados da Natureza são variáveis sobre as quais o decisor não exerce nenhuma influência. O verdadeiro

Estado da Natureza ocorrerá de forma aleatória, onde o decisor apenas consegue descrever os possíveis cenários que podem ser assumidos.

Para o problema proposto, temos as seguintes variáveis atuando como estados natureza:

θ_a - Tempo de Restabelecimento do Circuito (Inferior a 2 horas; Superior a 2 horas)

θ_b - Físico (Desfavorável, Favorável) - Em termos de Desastres Naturais (Pluviometria, Vibrações, Tornados, etc.)

O estado θ_a representa o tempo de restabelecimento do circuito. Esta variável se caracteriza como sendo um estado da natureza devido a não termos a certeza a respeito do tempo de restabelecimento de um dado circuito. Deve-se lembrar, por exemplo, que o TMR é uma média de eventos e que, portanto, já se tem a certeza acerca dos dados. Já com relação ao tempo de restabelecimento de um dado circuito que acabou de ser reclamado, nada se pode afirmar. Apenas podem ser realizadas algumas suposições com base nas observações, que serão descritas nos próximos tópicos.

O estado θ_b representa fenômenos físicos que influenciarão no sucesso do procedimento de manutenção dos circuitos. Por exemplo, ocorrem reclamações diariamente para serem atendidas, mas no dia em que ocorrer um desastre natural como terremoto ou tornado, o sucesso nos procedimentos de manutenção dos circuitos será afetado. Outro exemplo é o uso da tecnologia rádio. Por questões de segurança o técnico não pode subir na torre sob nenhuma hipótese enquanto estiver chovendo, devido aos riscos de acidente de trabalho envolvidos, logo, existirá um risco associado a probabilidade de chover que influi em θ_b e poderá a vir comprometer o procedimento de manutenção.

Para facilitar a modelagem à planilha proposta como modelo inicial, serão adotados os seguintes cenários como estados da natureza:

- θ_1 — Tempo de restabelecimento do circuito SUPERIOR a 2h, natureza DESFAVORÁVEL à execução da manutenção.
- θ_2 — Tempo de restabelecimento do circuito SUPERIOR a 2h, natureza FAVORÁVEL à execução da manutenção;
- θ_3 — Tempo de restabelecimento do circuito INFERIOR a 2h, com natureza FAVORÁVEL à execução da manutenção.

O estado θ_4 (Tempo de restabelecimento do circuito INFERIOR a 2h, natureza DESFAVORÁVEL à execução da manutenção) foi suprimido do problema devido a indicação por

parte dos especialistas de que este estado é pouco provável de ocorrer, podendo ser desprezado sem grande impacto na modelagem do problema.

O estado θ_1 representa o pior cenário, onde do ponto de vista probabilístico o circuito demorará MAIS de 02 horas para ser restabelecido e a Natureza está DESFAVORÁVEL a execução da manutenção. Situações do tipo manutenção acionada durante a madrugada, onde existe a necessidade de deslocamento do técnico que fica de sobre-aviso para a Operadora para pegar suas ferramentas e depois se deslocar para o cliente, em distâncias geográficas grandes, associadas ao fato de a natureza física (terremotos, tornados, chuva intensa, movimento do MST na região, ataque terrorista na região, etc.) não estar favorável para a execução da manutenção contribuem para o estado θ_1 .

O estado θ_2 representa o cenário intermediário, onde do ponto de vista probabilístico o circuito demorará MAIS de 02 horas para ser restabelecido e a Natureza está FAVORÁVEL a execução da manutenção. Situações do tipo manutenção acionada durante a madrugada, onde existe a necessidade de deslocamento do técnico que fica de sobre-aviso para a Operadora para pegar suas ferramentas e depois se deslocar para o cliente, em distâncias geográficas grandes, associadas ao fato de a natureza física (terremotos, tornados, chuva intensa, movimento do MST na região, ataque terrorista na região, etc.) estar favorável para a execução da manutenção contribuem para o estado θ_2 .

O estado θ_3 representa o melhor dos cenários, onde do ponto de vista probabilístico o circuito demorará MENOS de 02 horas para ser restabelecido e a Natureza está FAVORÁVEL a execução da manutenção. Situações do tipo manutenção acionada em horário comercial, em distâncias geográficas curtas, onde existe a necessidade de pouco deslocamento do técnico até cliente, associadas ao fato de a natureza física (terremotos, tornados, chuva intensa, movimento do MST na região, ataque terrorista na região, etc.) estar favorável para a execução da manutenção contribuem para o estado θ_3 .

Deve-se ter em mente que os estados θ_1 , θ_2 e θ_3 e as ações influenciarão probabilisticamente nos *payoffs*. Esta influência é representada pela função consequência, a ser modelada nos próximos tópicos.

4.2.3 Conjunto das Ações

Ao termos conhecimento acerca dos Estados da Natureza, teremos que tomar decisões, ou simplesmente agir. Do ponto de vista da Teoria da Decisão, não se distingue entre a decisão

de fazer alguma coisa e fazê-la, portanto, decidir fazer alguma coisa equivale a tê-la feito [13].

Para o problema propostos, as ações são:

- a_1 — Disparar um procedimento de manutenção corretiva remota assistida, interagindo com o cliente;
- a_2 — Disparar um procedimento de manutenção corretiva *in loco* com um técnico (uma ponta por vez);
- a_3 — Disparar um procedimento de manutenção corretiva *in loco* com dois técnicos (ponta A e ponta B assistidas de forma simultânea).

Nas ações listadas, a ação a_1 é a que se gasta "menos" das ações em termos de recursos da Operadora, todavia, existe um risco maior tendo em vista o cronômetro estar contabilizando o tempo do restabelecimento do circuito e de estar sendo realizado um procedimento de manutenção sem um técnico presente na rede do cliente. Nesta situação, dependendo do grau de instrução do cliente acerca da tecnologia, poderá ser um processo longo e ineficiente. Por outro lado, em se tratando de distâncias geográficas longas, sabe-se que o deslocamento da equipe até o local demorará um tempo expressivo e por existir a probabilidade do defeito ter sido resultante de uma ação de rápido restabelecimento, como por exemplo um disjuntor da rede elétrica que alimenta o circuito de telecomunicações ter desarmado ou alguém nas dependências do cliente desligou o estabilizador que alimenta o circuito de telecomunicações de forma não proposital, a ação a_1 é viável e ocorre com certa frequência no cotidiano das operadoras. A ação a_2 é a ação intermediária em termos de eficiência, porém é a mais usual nas operadoras. Por fim, a ação a_3 é a mais eficiente, porém desperdiça o dobro de recursos (dois técnicos para o atendimento) para realizar uma manutenção. Em geral a ação a_3 só é utilizada em casos excepcionais ou quando o TMR de um circuito ultrapassa em muito duas horas, costuma-se sair da ação a_2 para a ação a_3 para sanar o problema. Com isto, além de sanar o problema, o técnico que antes estava preso em uma reclamação em que não conseguia solucionar sozinho passa a ser liberado para outra atividade.

4.2.4 Conjunto das Observações

As observações são as informações disponíveis que servem como indicador para realizar uma estimativa dos Estados da Natureza. Visto que o Estado da Natureza possui uma imprevisibilidade implícita, o que se faz com as observações é obter dados de outras variáveis que

estão disponíveis e podem trazer consigo informações úteis sobre as tendências do Estado da Natureza.

Para o problema proposto, teremos como variáveis as seguintes observações:

- x_a — Distância Geográfica da Manutenção (até 50 km, maior que 50 km)
- x_b — TMR Mensal do mês anterior (menor que 2 h, maior que 2 h)
- x_c — Comportamento da Natureza no mesmo mês do ano anterior (FAVORÁVEL, DESFAVORÁVEL)

Vale destacar que as variáveis x_a e x_b oferecem informações que ajudam o decisor a estimar θ_a . Imagine que em o cenário onde se observa uma reclamação que envolve uma distância geográfica a ser percorrida superior a 50 km e sabendo-se que o TMR do mês anterior esteve fora da meta (maior que 2h) são fortes indicativos de que o provável estado da natureza será θ_a . Para avaliar se x_a e x_b estão Favoráveis ou Desfavoráveis a ocorrência de θ_a , utiliza-se a base de dados das reclamações cadastradas e disponíveis na empresa, ou através de especialistas. Já a variável x_c oferece informações que ajudam o decisor a estimar θ_b .

Para facilitar a modelagem à planilha proposta como modelo inicial, serão adotados os seguintes cenários como observações:

- x_1 — Distância Geográfica da Manutenção MAIOR que 50 km com TMR do mês anterior MAIOR que 2 h e Natureza DESFAVORÁVEL em relação ao mesmo mês do ano anterior de θ_2 ;
- x_2 — Distância Geográfica da Manutenção MENOR que 50 km com TMR do mês anterior MAIOR que 2 h e Natureza DESFAVORÁVEL em relação ao mesmo mês do ano anterior de θ_2 ;
- x_3 — Distância Geográfica da Manutenção MENOR que 50 km com TMR do mês anterior MENOR que 2 h e Natureza FAVORÁVEL em relação ao mesmo mês do ano anterior de θ_2 ;

Vale destacar que as variáveis x_1 , x_2 e x_3 oferecem informações que ajudam o decisor a estimar θ . A observação x_3 é o indicativo que aumenta a probabilidade de θ_3 , e assim sucessivamente. Lembre-se que o modelo matemático não afirma que tendo x_3 , teremos θ_3 , e sim que a probabilidade de ocorrência será elevada. Deve-se lembrar que não é possível controlar o Estado da Natureza, visto que, por exemplo, uma manutenção que tem todos os

fatores para dar certo pode chegar a durar mais que 2 horas visto que durante a realização da manutenção ocorreu uma chuva intensa inesperada, mudando o *status* probabilístico do sistema.

É possível no cotidiano de um cidadão, por exemplo, ocorrer um problema de decisão entre atravessar ou não uma avenida. Supondo que esta avenida está com faixa de pedestre bem definida e que o sinal está fechado para o tráfego de veículos, permitindo a realização da travessia dos pedestres, tem-se as seguintes variáveis para tomada da decisão: os estados da natureza serão "é seguro" ou "não é seguro" atravessar a avenida, as ações são "atravessar" ou "não atravessar" a avenida, os *payoffs* seriam "atravessar sem sequelas físicas" ou "atravessar com sequelas físicas" e as observações seriam "existem carros no horizonte de visão" ou "não existem carros no horizonte de visão". Pois bem, dado que o decisor observou que não vinham carros em seu horizonte de visão e que o sinal estava fechado para o tráfego de veículos, decidiu por tomar a ação de atravessar, pois no mecanismo probabilístico que o mesmo fez mentalmente o estado da natureza com maior probabilidade indicava que é seguro atravessar. Todavia, ao chegar no meio da travessia o mesmo percebeu que vinha um veículo a 160 km/h que não aparecia em seu horizonte de visão original mas que devido a intensa velocidade de deslocamento o cidadão teve que correr pelo restante da travessia e saltar nos passos finais para que o carro não colidisse com ele. Moral da estória: mesmo com o estado da natureza "não é seguro atravessar a avenida" indicando baixíssima probabilidade, não quer dizer que o mesmo não venha a ocorrer. Não temos controle sobre os Estados da Natureza!

4.2.5 Escolha da Decisão Ótima com base na regra ótima de decisão

A escolha a decisão ótima será obtida através da Teoria da Decisão [13]. Solucionaremos o problema proposto eduzindo a Função Consequência, a Função Verossimilhança, a Função Utilidade para os *Payoffs*, a Distribuição a Priori sobre o Estado da Natureza e calcularemos o **Risco de Bayes** das Regras de Decisão.

4.2.6 Função Consequência

O mundo funciona assim: ao se tomar uma ação inicia-se um mecanismo probabilístico que vai escolher uma consequência ao decisor [13]. A consequência corresponde à probabilidade condicional de se obter um bem p , dado que se implementou determinada ação a e a natureza encontra-se em determinado estado θ . Portanto, a probabilidade de se ganhar um bem p

depende não só da ação mas também do estado da natureza. A notação para esse mecanismo probabilístico é $P(p|\theta, a)$.

É importante destacar que a Natureza escolherá um θ independente do que fizer o decisor, logo a probabilidade de receber um bem p vai depender tanto de θ quanto de a .

Para o problema proposto, a função consequência será uma matriz 9x16, conforme ilustra a tabela 4.2:

Tabela 4.2: Função Consequência (em branco) - A Engenharia de Manutenção de Circuitos em Telecomunicações

θ	a	\vec{p}^1	\vec{p}^2	\vec{p}^3	\vec{p}^4	\vec{p}^5	\vec{p}^6	\vec{p}^7	\vec{p}^8	\vec{p}^9	\vec{p}^{10}	\vec{p}^{11}	\vec{p}^{12}	\vec{p}^{13}	\vec{p}^{14}	\vec{p}^{15}	\vec{p}^{16}
θ_1	a_1																
θ_1	a_2																
θ_1	a_3																
θ_2	a_1																
θ_2	a_2																
θ_2	a_3																
θ_3	a_1																
θ_3	a_2																
θ_3	a_3																

O segundo passo é definir a probabilidade de ocorrência dos 16 *payoffs* para cada um dos nove pares (θ, a) para o decisor, ou seja, com que probabilidade ocorrerá cada *payoff* em uma escala que varia entre 0 e 1 para cada par (θ, a) . Pode-se fazer isto de duas maneiras: através de bases de dados com as informações nelas contidas ou através de especialistas. Em geral, são raros os casos nos quais as corporações possuem bases de dados preparadas para o uso da Teoria da Decisão e após a consulta prévia aos profissionais da área, foi constatada a necessidade de realizar a educação de preferência dos *payoffs* através de especialistas. Para facilitar a obtenção da distribuição probabilística entre os vetores pelos especialistas, utilizou-se a distribuição binomial:

$$b(x; n; p) = \binom{n}{x} p^x (1 - p)^{n-x}$$

Inserindo a binomial em uma coluna à esquerda da tabela da tabela 4.2, tem-se a tabela 4.3:

Tabela 4.3: Função Consequência - A Engenharia de Manutenção de Circuitos em Telecomunicações

Binomial	θ	a	\vec{p}^1	\vec{p}^2	\vec{p}^3	\vec{p}^4	\vec{p}^5	\vec{p}^6	\vec{p}^7	\vec{p}^8	\vec{p}^9	\vec{p}^{10}	\vec{p}^{11}	\vec{p}^{12}	\vec{p}^{13}	\vec{p}^{14}	\vec{p}^{15}	\vec{p}^{16}
5,0%	θ_1	a_1	0,46	0,37	0,13	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
20,0%	θ_1	a_2	0,04	0,13	0,23	0,25	0,19	0,10	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
40,0%	θ_1	a_3	0,00	0,00	0,02	0,06	0,13	0,19	0,21	0,18	0,12	0,06	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
35,0%	θ_2	a_1	0,00	0,01	0,05	0,11	0,18	0,21	0,19	0,13	0,07	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
40,0%	θ_2	a_2	0,00	0,00	0,02	0,06	0,13	0,19	0,21	0,18	0,12	0,06	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00
50,0%	θ_2	a_3	0,00	0,00	0,00	0,01	0,04	0,09	0,15	0,20	0,20	0,15	0,09	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00
35,0%	θ_3	a_1	0,00	0,01	0,05	0,11	0,18	0,21	0,19	0,13	0,07	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30,0%	θ_3	a_2	0,00	0,03	0,09	0,17	0,22	0,21	0,15	0,08	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
30,0%	θ_3	a_3	0,00	0,03	0,09	0,17	0,22	0,21	0,15	0,08	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Para facilitar a visualização dos conjuntos de *payoffs*, pode-se ilustrá-los somadas as probabilidades em grupos de 4 *payoffs*, conforme ilustrado na tabela 4.4.

Tabela 4.4: Função Consequência (tabela resumida) - A Engenharia de Manutenção de Circuitos em Telecomunicações

Probabilidades			
$\vec{p}^1 \rightarrow \vec{p}^4$	$\vec{p}^5 \rightarrow \vec{p}^8$	$\vec{p}^9 \rightarrow \vec{p}^{12}$	$\vec{p}^{13} \rightarrow \vec{p}^{16}$
0,99	0,01	0,00	0,00
0,65	0,35	0,00	0,00
0,09	0,70	0,21	0,00
0,17	0,71	0,11	0,00
0,09	0,70	0,21	0,00
0,02	0,48	0,48	0,02
0,17	0,71	0,11	0,00
0,30	0,65	0,05	0,00
0,30	0,65	0,05	0,00

O trabalho com o auxílio da função binomial, ajuda no processo de obtenção da distribuição das probabilidades junto aos especialistas, visto que os *payoffs* já estão ordenados. Deseja-se através do coeficiente inserido entre 0 e 1 na planilha colocar os 16 *payoffs* em ordem de importância dado que já se tem um par (θ, a) definidos. Dois comentários são elucidadores para iniciar o trabalho junto aos especialistas:

1. Ao considerarmos o par (θ_1, a_1) , temos o pior cenário, pois além da natureza estar des-

favorável do ponto de vista econômico e físico, a ação tomada é a pior entre as três disponíveis. Neste caso, deverá ser evidente que os vetores de PIOR preferência na escala de ordenamento terão MAIOR probabilidade de ocorrência.

2. Ao considerarmos o par $(\theta_3=1, a_3)$, temos o melhor cenário, pois além da natureza estar favorável do ponto de vista econômico e físico, a ação tomada é a melhor entre as três disponíveis. Neste caso, deverá ser evidente que os vetores de MAIOR preferência na escala de ordenamento terão MAIOR probabilidade de ocorrência.

Os dois comentários supracitados ajudam a iniciar o processo, visto que os especialistas estarão estabelecendo a distribuição de probabilidades para os melhores e piores cenários nos vetores de *payoffs*. Após a conclusão destes melhores e piores cenários, basta continuar o processo determinando os demais cenários previstos no problema, completando a educação da função consequência. Os dados inseridos foram eduzidos de especialistas.

4.2.7 Função de Verossimilhança

As observações guardam uma relação probabilística com os estados da natureza; ao se observar determinadas variáveis pode-se estimar a probabilidade de termos um dado estado θ . Essa distribuição de probabilidade é denotada por $P(x|\theta)$. Representa o canal de comunicação com a natureza, ou seja, diz quanto a observação x informa sobre o estado da natureza θ [13].

Para o problema proposto, a função de verossimilhança será uma matriz 3x3, conforme ilustra a Tabela 4.5:

Tabela 4.5: Função de Verossimilhança - A Engenharia de Manutenção de Circuitos em Telecomunicações

$\mathbf{P}(x|\theta)$	x_1	x_2	x_3
θ_1	0,50	0,30	0,20
θ_2	0,25	0,60	0,15
θ_3	0,10	0,20	0,70

Os dados foram obtidos de especialistas.

4.2.8 Distribuição *a Priori*

A distribuição *a priori* traz um indicativo sobre os Estado da Natureza sob o ponto de vista de seu comportamento histórico. É pouco provável que não exista algum conhecimento

sobre o comportamento de θ . A incerteza probabilística acerca da distribuição a priori $\pi(\theta)$ pode ser proveniente de duas fontes: uma base de dados com esses registros ou o conhecimento de um ou um grupo de especialistas no assunto.

No problema proposto, a educação do conhecimento *a priori* foi feita em um grupo de especialistas, obtendo os valores da tabela 4.6.

Tabela 4.6: Função de Distribuição a Priori - A Engenharia de Manutenção de Circuitos em Telecomunicações

θ	$\pi(\theta)$
θ_1	0,15
θ_2	0,20
θ_3	0,65

Determinar λ , onde $p^T = [p_1, p_2, p_3, p_4]$. $p_1 = \text{TMR}$, $p_2 = \% \text{ Defeitos na Planta}$, $p_3 = \text{Reclamações Recorrentes}$ e $p_4 = \text{Custeio Trimestral}$

Bloco 01 de Perguntas Escala 01	1	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Ordem} = 7 \text{ onde } p^T = [0,1,1,0] \text{ cp } \lambda \\ \text{Ordem} = 1 \text{ onde } p^T = [0,0,0,0] \text{ cp } 1 - \lambda \end{array} \right.$	versus 2 onde $p^T = [0,0,0,1]$	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td style="text-align: center;">λ</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">0,4</td></tr> </table>	λ	0,4
	λ					
	0,4					
	2	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Ordem} = 7 \text{ onde } p^T = [0,1,1,0] \text{ cp } \lambda \\ \text{Ordem} = 1 \text{ onde } p^T = [0,0,0,0] \text{ cp } 1 - \lambda \end{array} \right.$	versus 3 onde $p^T = [0,0,1,0]$	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td style="text-align: center;">λ</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">0,45</td></tr> </table>	λ	0,45
	λ					
0,45						
3	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Ordem} = 7 \text{ onde } p^T = [0,1,1,0] \text{ cp } \lambda \\ \text{Ordem} = 1 \text{ onde } p^T = [0,0,0,0] \text{ cp } 1 - \lambda \end{array} \right.$	versus 4 onde $p^T = [0,0,1,1]$	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td style="text-align: center;">λ</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">0,5</td></tr> </table>	λ	0,5	
λ						
0,5						
4	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Ordem} = 7 \text{ onde } p^T = [0,1,1,0] \text{ cp } \lambda \\ \text{Ordem} = 1 \text{ onde } p^T = [0,0,0,0] \text{ cp } 1 - \lambda \end{array} \right.$	versus 5 onde $p^T = [0,1,0,0]$	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td style="text-align: center;">λ</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">0,6</td></tr> </table>	λ	0,6	
λ						
0,6						
5	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Ordem} = 7 \text{ onde } p^T = [0,1,1,0] \text{ cp } \lambda \\ \text{Ordem} = 1 \text{ onde } p^T = [0,0,0,0] \text{ cp } 1 - \lambda \end{array} \right.$	versus 6 onde $p^T = [0,1,0,1]$	<table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr><td style="text-align: center;">λ</td></tr> <tr><td style="text-align: center;">0,65</td></tr> </table>	λ	0,65	
λ						
0,65						

Figura 4.1: Exemplo de bloco de perguntas onde o decisor irá inserir o λ para o qual se sente indiferente - A Engenharia de Manutenção de Circuitos em Telecomunicações

A função utilidade do decisor para a Função Consequência, será calculada por:

$$u(P(p|\theta, d(x))) \quad (4.1)$$

A utilidade desta distribuição é dada por:

$$u(P(p|\theta, d)) = \sum_p v(p) \sum_x P(x|\theta) P(p|\theta, d(x)) \quad (4.2)$$

Em Teoria da Decisão trabalha-se com perdas. A perda é definida simplesmente como o negativo da utilidade:

$$L(\theta, d(x)) = -u(P(p|\theta, d(x))) \quad (4.3)$$

Após a educação dos valores de utilidade dos *payoffs* pelo especialista, chega-se a tabela 4.8. É importante salientar que a utilidade está representando o grau de preferência entre 0 e 1 dos 16 *payoffs* do problema. De uma forma geral, a preferência sempre será maior pelos melhores *payoffs*. Deseja-se saber com a utilidade qual é o grau de preferência entre os *payoffs*. Na tabela da figura 4.6 é visível que a utilidade pelos *payoffs* de p_1 a p_2 já é representativa, indicando o interesse para a operadora em termos do esforço que a mesma está disposta a realizar para obtenção dos mesmos. Também pode ser visto, do *payoff* p_1 a p_6 , que a operadora apresenta elevada utilidade pelos mesmos.

Tabela 4.8: Função Utilidade - A Engenharia de Manutenção de Circuitos em Telecomunicações

\vec{p}	\vec{p}^1	\vec{p}^2	\vec{p}^3	\vec{p}^4	\vec{p}^5	\vec{p}^6	\vec{p}^7	\vec{p}^8	\vec{p}^9	\vec{p}^{10}	\vec{p}^{11}	\vec{p}^{12}	\vec{p}^{13}	\vec{p}^{14}	\vec{p}^{15}	\vec{p}^{16}
u(p)	0,00	0,21	0,24	0,27	0,32	0,35	0,54	0,66	0,73	0,85	0,91	0,98	0,99	0,997	0,999	1,000

4.2.10 As Regras de Decisão

Campello de Souza [13] refere que tomar decisões é escolher uma ação dentre várias disponíveis; trata-se de utilizar o que se sabe e o que se pode, a fim de se obter o que se quer.

A Teoria da Decisão sistematiza esse processo através de um conjunto de regras de decisão. Estas regras são funções que associam a cada observação uma ação:

$$d: \mathcal{X} \rightarrow \mathcal{A} \quad (4.4)$$

$$x \mapsto d(x)=a$$

A associação pode ser determinística ou probabilística [13]. As regras são explicitadas e comparadas; a que minimizar o risco, para qualquer estado da natureza, deverá ser a adotada. O risco é a perda esperada da regra de decisão sobre repetição hipotética de um experimento que dá origem às observações x como função do parâmetro θ .

Campello de Souza [13] descreve a metodologia utilizada no processo de escolha da decisão. Após a definição dos conjuntos básicos e dos mecanismos probabilísticos envolvidos, chega-se à escolha de uma decisão. O número de regras de decisões possíveis é dado por:

$$||\mathcal{D}|| = ||\mathcal{A}||^{||\mathcal{X}||} \quad (4.5)$$

No problema proposto, existirão 27 regras de decisão.

O risco de Bayes será calculado pela equação 4.6:

A função risco descreve a perda a ser usada para uma regra de decisão, representando o valor esperado da função perda.

$$R_d(\theta) = E(L|\theta) = \sum_x L(\theta, d(x))P(x|\theta) \quad (4.6)$$

A regra de decisão que minimizar o risco será a melhor regra, pois representa a maior utilidade e a melhor consequência para o decisor.

Com isto obtém-se a configuração da tabela 4.9.

Tabela 4.9: Regras de Decisão e Risco de Bayes - A Engenharia de Manutenção de Circuitos em Telecomunicações

Regras de Decisão				Rd(θ)			Bayes	Menor
d	x_1	x_2	x_3	θ_1	θ_2	θ_3	-rd	Risco
d_1	a_1	a_2	a_3	0,251	0,531	0,395	0,40027	
d_2	a_1	a_3	a_2	0,275	0,598	0,395	0,41739	
d_3	a_2	a_1	a_3	0,283	0,505	0,401	0,40434	
d_4	a_2	a_3	a_1	0,324	0,605	0,434	0,45185	
d_5	a_3	a_1	a_2	0,356	0,520	0,401	0,41828	
d_6	a_3	a_2	a_1	0,372	0,553	0,434	0,44868	
d_7	a_1	a_1	a_2	0,154	0,465	0,408	0,38106	
d_8	a_1	a_1	a_3	0,202	0,487	0,408	0,39285	
d_9	a_2	a_2	a_1	0,251	0,516	0,434	0,42295	
d_{10}	a_2	a_2	a_3	0,332	0,549	0,388	0,41176	
d_{11}	a_3	a_3	a_1	0,445	0,643	0,434	0,47758	0,478
d_{12}	a_3	a_3	a_2	0,478	0,654	0,388	0,45461	
d_{13}	a_2	a_1	a_1	0,202	0,472	0,447	0,41553	
d_{14}	a_3	a_1	a_1	0,324	0,509	0,447	0,44125	
d_{15}	a_1	a_2	a_2	0,202	0,508	0,395	0,38848	
d_{16}	a_3	a_2	a_2	0,405	0,564	0,388	0,42571	
d_{17}	a_1	a_3	a_3	0,324	0,621	0,395	0,42918	
d_{18}	a_2	a_3	a_3	0,405	0,639	0,388	0,44067	
d_{19}	a_1	a_2	a_1	0,170	0,497	0,441	0,41146	
d_{20}	a_1	a_3	a_2	0,270	0,591	0,395	0,41519	
d_{21}	a_2	a_3	a_2	0,335	0,616	0,388	0,42567	
d_{22}	a_2	a_1	a_2	0,235	0,483	0,401	0,39255	
d_{23}	a_3	a_1	a_3	0,405	0,543	0,401	0,43007	
d_{24}	a_3	a_2	a_3	0,454	0,586	0,388	0,43749	
d_{25}	a_1	a_1	a_1	0,121	0,454	0,454	0,40403	
d_{26}	a_2	a_2	a_2	0,283	0,526	0,388	0,39998	
d_{27}	a_3	a_3	a_3	0,526	0,676	0,388	0,46640	

Na tabela 4.9, são listados os riscos de todas as possíveis decisões e é indicada a decisão de menor risco, que é a melhor dentre as soluções possíveis para o problema proposto. É importante observar que o cálculo do risco está com valor negativo na tabela 4.9.

CAPÍTULO 5

O CLIENTE

5.1 Considerações sobre o processo de tomada de decisões por parte dos clientes em telecomunicações

Um dos desafios encontrados ao se tentar tomar a decisão ótima para as necessidades de telecomunicações dos clientes é decorrente do desconhecimento acerca da formatação dos modelos de negócio por parte deste mercado e da identificação de suas reais necessidades. Atualmente, pode-se afirmar que uma empresa de médio e grande porte, seja ela de atividade de Comércio, Indústria ou Serviços, possui necessidades de serviços de telecomunicações para suprir suas atividades operacionais, e estes serviços de telecomunicações estão diretamente relacionadas ao desempenho destas empresas. Todavia, por questões de falta de conhecimento tecnológico, compreensão da complexidade do tema ou até limitações culturais, os tomadores de decisão nessas empresas tem dificuldades para realizar esta ação de forma otimizada. Encontra-se uma distância grande entre o que realmente é necessário e o que foi de fato contratado para muitos destes casos, gerando como consequência despesas excessivas com telecomunicações para o cliente. Esta distância e os problemas com o gasto excessivo em telecomunicações por parte do cliente podem ser atribuídos aos seguintes fatores: conflito de interesses, a falta de padronização entre as operadoras, pacotes de serviços tentadores e a falta de uma pesquisa mais abrangente confrontando preços e vantagens oferecidas [6, 49].

Um conflito de interesses comumente encontrado é decorrente do fato da operadora de telecomunicações possuir metas de receita difíceis de cumprir, fazendo com que haja uma constante pressão por resultados sobre a força de vendas da operadora, resultando em um

comportamento dos vendedores junto a estes clientes no sentido de priorizar a maximização da receita e não em atender as necessidades dos clientes. O resultado desta ação é que, em termos práticos, a operadora de telecomunicações não está preocupada em vender o produto ou serviço mais adequado para o cliente e sim o produto ou serviço mais caro de seu portfólio (através de estudo prévio ela avalia se o cliente terá condições para contratar e pagar pelo mesmo). Como consequência, do outro lado, por sofrer de desconhecimento da área e de suas reais necessidades, o cliente termina por contratar mais do que realmente necessita, aumentando seu custeio com telecomunicações. Também existem casos onde o cliente paga mais do que precisa e, ainda assim, não consegue obter o escopo de suas necessidades atendido!

Outro fator que contribui para dificultar ainda mais a compreensão por parte dos clientes acerca da área, é falta de padronização dos serviços oferecidos pelas operadoras do ponto de vista técnico e nominal. Cada operadora adota uma nomenclatura própria para seus produtos e serviços e, em muitos casos, existem pequenas personalizações nas plataformas tecnológicas que fazem com que não seja possível fazer uma relação direta de comparação entre produtos e serviços de operadoras concorrentes [6]. De uma forma geral, os produtos e serviços oferecidos pelas operadoras aos clientes corporativos partem tecnicamente de cinco serviços essenciais:

- Intranet - interligação de endereços dos sites do cliente colocando os computadores do cliente em um mesmo domínio de *broadcasting*;
- Internet - interligação de computadores com a rede mundial;
- Voz Corporativa - interligação de troncos de telefonia entre centrais telefônicas situadas nos sites do cliente sem a realização de tarifação na realização de ligações entre estes telefones;
- STFC (para o meio externo)- Serviço de telefonia fixa com realização de ligações externas aos *sites* do cliente;
- Comunicação de Dados - Possui características similares ao serviço de Intranet, sendo que não interligará necessariamente computadores e possui protocolos, velocidades, permissões de acesso e criptografia diferenciados.

O que se faz do ponto de vista tecnológico pelas operadoras são combinações entre esses cinco serviços essenciais produzindo mais de 100 produtos em seu portfólio para comercialização junto aos clientes, onde se tem liberdade para personalizá-los sem fazer uma distinção detalhada das características técnicas de cada produto. Como cada operadora adota uma nomenclatura própria para os itens de seu portfólio, a dificuldade do cliente em tomar decisões

acerca de suas reais necessidades torna-se ainda maior, devido a impossibilidade de comparação direta entre os mesmos. Enfrentavam-se problemas similares a este no setor bancário, onde as denominações personalizadas e cobranças de taxas e tarifas não eram padronizadas até poucos meses atrás. Já existem solicitações junto ao órgão regulador de Telecomunicações (ANATEL) para realização desta padronização, mas não existe definição de prazo para este fim.

Isto dificulta em muito a gestão dos custos por parte dos clientes, visto que serviços similares do ponto de vista técnico possuem denominações distintas, nominadas pelas operadoras. Este fato associado a falta de capacidade de a maioria dos clientes não conseguir definir de forma clara suas necessidades, seja pela falta de conhecimento acerca do tema, pela falta de tempo em se dedicar ao tema ou até pela falta de uma metodologia estruturada que permita realizar esta tarefa, geram os erros de decisão amplamente encontrados neste segmento por parte dos clientes.

Um exemplo de estratégia utilizada pelas operadoras para contornar a possibilidade de perda de receita decorrente do aumento da competição estimulado pelo agente regulador (ANATEL) foi a criação de contratos específicos para conter a Portabilidade Numérica. Através da portabilidade numérica o número telefônico passa a ser de propriedade do cliente, e não mais da operadora, dando liberdade ao cliente de migrar seu número telefônico para outra operadora que o mesmo julgar mais adequada para atender suas necessidades. Evidentemente, uma das consequências inevitáveis desta ação seria uma guerra de preços entre as operadoras para tomar mercado das concorrentes. Todavia, as operadoras de telecomunicações traçaram estratégias comerciais para reter seus clientes, criando "pacotes de serviços tentadores". Nestes pacotes de serviços estão incluídos itens como minutos extras de ligações, banda larga fixa e móvel, dentre outras vantagens, sempre proporcionais ao comprometimento de receita assumido. O problema para o cliente nestes pacotes está no prazo de fidelização, que gira em torno de 24 meses e gera comprometimento de receita (mesmo não usufruindo da totalidade de minutos, o cliente pagará por eles), fazendo com que um erro no dimensionamento incorra num elevado aumento da despesa com telecomunicações para o Cliente. Vale destacar que esses contratos possuem multas exorbitantes para o caso de desistência do serviço antes do prazo contratual.

A abertura do mercado de telecomunicações brasileiro tem criado um cenário bastante favorável para os consumidores. Com uma demanda crescente por comunicação, existem mer-

cados tanto para o crescimento de receita nos produtos atuais como para o desenvolvimento de novos produtos. Todavia, pela falta de uma pesquisa mais abrangente confrontando preços e vantagens oferecidas, os Clientes terminam por não consultar as novas operadoras, viabilizando uma solução mais onerosa do que a que seria realizada após a pesquisa. O ato de confrontar preços e vantagens oferecidas gera um poder de barganha elevado para o cliente junto as operadoras que, se bem explorado, reduzirá substancialmente os custos dentro de um mesmo escopo a ser contratado.

5.1.1 Contexto a ser abordado neste trabalho

Neste tópico será abordado o contexto de tomadas de decisões acerca de mensurar as necessidades de telecomunicações dos clientes no sentido de cancelar, renovar ou ampliar os serviços de telecomunicações, conforme suas reais necessidades. Para se ter sucesso nestas decisões, em termos práticos, é necessária a estruturação de um processo contínuo para a gestão dos custos de telecomunicações, de forma a saber tanto se as necessidades estão sendo atendidas quanto se os custos contratados estão dentro dos valores aplicados pelos principais concorrentes. Isto é feito com base em perspectivas de passado (histórico de consumo, de gastos e de satisfação com o serviço prestado) e de futuro (previsão de gastos, acompanhamento do orçamento planejado, pesquisas internas de satisfação e de novas necessidades).

5.2 Estruturação Matemática

Visando a padronização da metodologia utilizada, serão repetidos os tópicos e textos utilizados na estruturação matemática dos problemas ilustrados nos Capítulos 3, 4 e 5 deste trabalho.

5.2.1 Conjunto dos *Payoffs* (Consequências)

Para estruturação de um problema de teoria da decisão, deve-se sempre começar pelos resultados (*payoffs*) possíveis que poderão ser obtidos. Neste caso, do ponto de vista da Teoria da Decisão, o primeiro conjunto a ser modelado é o conjunto dos *payoffs*, onde:

Os *payoffs* serão definidos pelo vetor:

$$\vec{p} = \begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \\ p_4 \end{bmatrix}$$

onde:

- p_1 — Disponibilidade da Rede da Operadora associada a Confiabilidade e Manutenibilidade (Boa, Ruim)
- p_2 — Custo dos Serviços Contratados (Dentro da Média dos Concorrentes, Acima da Média dos Concorrentes)
- p_3 — Qualidade do Suporte Técnico da Operadora (Bom, Ruim)
- p_4 — Satisfação Interna dos Setores com os Serviços de Telecomunicações (Boa, Ruim)

Quando não se tiver nenhum modelo já estruturado, deve-se começar preferencialmente com um modelo dicotômico, conforme será utilizado neste trabalho, de forma que após termos a consolidação do mesmo, a quantidade de níveis de cada variável poderá ser aumentada livremente.

Outra particularidade sobre os modelos dicotômicos sugerida por este autor é que, ao se determinar a ordem de preferência das variáveis do vetor p , já é possível realizar o ordenamento em ordem lexicográfica dos vetores de *payoffs* do problema, visto que a ordem das variáveis já está estabelecida e que como a escala é dicotômica, 0 corresponderá a situação ruim e 1 a situação boa. Isto reduz consideravelmente o processo de educação de preferências pelos *payoffs*, que faz parte do modelamento dos problemas por Teoria da Decisão.

Para colocar variáveis do vetor em ordem de prioridade, de forma que:

$$p_1 \succ p_2 \succ p_3 \succ p_4$$

O vetor p terá agora o seguinte ordenamento de suas variáveis:

$$\vec{p} = \begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \\ p_4 \end{bmatrix}$$

em que:

- p_1 — Disponibilidade da Rede da Operadora associada a Confiabilidade e Manutenibilidade (Boa, Ruim)
- p_2 — Satisfação Interna dos Setores com os Serviços de Telecomunicações (Boa, Ruim)
- p_3 — Qualidade do Suporte Técnico da Operadora (Bom, Ruim)
- p_4 — Custo dos Serviços Contratados (Dentro da Média dos Concorrentes, Acima da Média dos Concorrentes)

Esta ordenação foi obtida através de especialistas e é decorrente dos seguintes fatos:

- Para os Clientes, a **Disponibilidade da Rede da Operadora associada a Confiabilidade e Manutenibilidade** é a variável mais importante. Tendo em vista que na maioria dos casos os serviços de telecomunicações estão associados de forma direta aos resultados empresariais dos clientes, a indisponibilidade dos serviços de telecomunicações é sinônimo de perda de receita nos clientes e até perda de credibilidade. Por exemplo, para uma rede varejista ou para lojistas de um *shopping center*, principalmente nos momentos de pico onde grandes quantidades de clientes estão nas dependências dessas corporações, ficar com o sistema de pagamento via cartão de crédito inoperante por problema no *link* de comunicação de dados, seria um cenário caótico. A confiabilidade neste caso representaria o tempo entre falhas, ou seja, em um semestre, quantas vezes o sistema ficou fora do ar. Já a manutenibilidade representa o tempo de restabelecimento do sistema, ou seja, depois de inoperante em quanto tempo o sistema voltou a funcionar. Ambos, confiabilidade e manutenibilidade, são representados pela disponibilidade do sistema [13]. Outro exemplo seria uma rede hoteleira litorânea na região Nordeste do Brasil, em época de verão, ficar com seu sistema de telefonia inoperante. A maioria das reservas é feita por telefone nesses casos, gerando também um cenário caótico para o cliente. Portanto, a Disponibilidade da Rede da Operadora associada a Confiabilidade e Manutenibilidade torna-se a variável mais importante por estar diretamente associada aos resultados empresariais do cliente.

- Em segundo vem **Satisfação Interna dos Setores com os Serviços de Telecomunicações** prestados. Deve-se lembrar que o decisor neste caso é o cliente e, portanto, atender suas necessidades internas de telecomunicações também é uma prioridade. Ter uma rede com boa disponibilidade é o fator mais importante, todavia, se o escopo das necessidades internas não está sendo atendido, a rede terá disponibilidade do ponto de vista técnico, mas não atenderá o que a empresa necessita, não atendendo o propósito maior da contratação dos serviços de telecomunicações. Este é o caso típico em que o cliente não contratou o que está precisando e, neste caso, podem estar ocorrendo duas situações básicas: o cliente não contratou o que realmente necessita e está pagando acima da média por isto ou não contratou o que realmente necessita e está pagando abaixo da média por isto. É difícil mensurar qual dos dois cenários é o menos desejado, pois ambos partem do pressuposto de que o cliente não soube especificar o que necessita e, portanto, está afetando seus resultados empresariais por isso, seja onerando seu orçamento interno ou tendo disponibilidade de serviços abaixo do necessário.
- Em terceiro lugar, vem **Qualidade do Suporte Técnico da Operadora**. Em muitos dos serviços contratados existe a necessidade de customização das configurações às redes dos clientes, necessitando do acionamento da equipe da Operadora. Também quando faz-se necessário um procedimento de manutenção, é necessário o acionamento da equipe da Operadora. Em ambos os casos, esta interação se dará com a equipe de Suporte Técnico da Operadora. Neste contexto, duas situações básicas podem ocorrer: O serviço de atendimento ser terceirizado e a manutenção ser terceirizada. Quando o serviço de atendimento é terceirizado, visto que manutenção para as operadoras é visualizado como um custo, para a maioria dos casos, e as empresas que ganham os contratos são justamente as que apresentam propostas com os valores mais baixos para a prestação dos serviços, gera-se um problema de qualidade no atendimento, visto que fatalmente a empresa ganhadora tentará auferir algum lucro através da diminuição de profissionais disponibilizados para estas atividades ou terá que contratar mão de obra menos especializada para realizar a atividade devido as restrições orçamentárias. Este problema pode ser sentido pelo cliente de duas maneiras básicas: congestionamento para a tentativa de realizar uma chamada para o setor de atendimento (onde em geral fica-se aguardando na linha até que um atendente seja liberado, "ouvindo uma musiquinha que só diminui a paciência!") ou realização de um atendimento com tempo pré-programado, ou seja, se o atendimento por ventura demorar mais do que o limite esti-

pulado, simplesmente a ligação cai e o atendente é liberado para atender outras chamadas. Para o caso da manutenção ser terceirizada, pelos mesmos motivos do atendimento terceirizado, termina-se por haver prejuízo na qualidade do serviço de manutenção prestado, aumentando o tempo de restabelecimento do sistema (mantenabilidade) e aumentando a quantidade de defeitos reincidentes (confiabilidade). Portanto, em ambos os casos, existe prejuízo na disponibilidade do sistema, fazendo com que a Qualidade do Suporte Técnico da Operadora seja um item a ser considerado como indicador de decisão na contratação dos serviços.

- Por último, vem **Custo dos Serviços Contratados**, que indica se o valor pago está dentro da média aplicada pelas Operadoras concorrentes ou acima desta média. Esta variável é a menos importante entre as listadas pois, se as demais estiverem sendo atendidas a contento, o cliente não terá prejuízos relevantes em seus resultados empresariais. Logo, esta é uma variável para ponderar as decisões do Cliente entre renovar, ampliar ou cancelar serviços contratados, tendo como base os valores médios de mercado para utilizar como barganha nas negociações. Também serve como parâmetro para realizar um planejamento de otimização dos custos com telecomunicações na empresa.

Uma vez estabelecida a ordem das variáveis, teremos 16 *payoffs* possíveis, que seguirão exatamente a ordem decrescente binária, devido as variáveis serem dicotômicas, conforme indicado na tabela 5.1:

Tabela 5.1: Representação ordenada dos *payoffs* do problema - O Cliente

\vec{p}^{16}	\vec{p}^{15}	\vec{p}^{14}	\vec{p}^{13}	\vec{p}^{12}	\vec{p}^{11}	\vec{p}^{10}	\vec{p}^9	\vec{p}^8	\vec{p}^7	\vec{p}^6	\vec{p}^5	\vec{p}^4	\vec{p}^3	\vec{p}^2	\vec{p}^1
1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0
1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0

O índice da linha 01 da tabela 5.1 indica o vetor de *payoff* correspondente, dentre os 16 possíveis. Da tabela temos:

$$\vec{p}^{16} \succ \vec{p}^{15} \succ \dots \succ \vec{p}^2 \succ \vec{p}^1$$

5.2.2 Conjunto dos Estados da Natureza

Continuando com a estruturação dos conjuntos para a modelagem do problema, será necessário definir quais serão os Estados da Natureza. Devemos lembrar que os Estados da Natureza são variáveis sobre as quais o decisor não exerce nenhuma influência. O verdadeiro Estado da Natureza ocorrerá de forma aleatória, onde o decisor apenas consegue descrever os possíveis cenários que podem ser assumidos.

Para o problema proposto, temos as seguintes variáveis atuando como estados natureza:

θ_a - Economia do Cliente (Em Boa Fase - "época de fatura", Em Retração - "época de cortes em gastos")

θ_b - Qualidade do serviço prestado pela Operadora (Boa ou Ruim em termos de seu histórico e *ranking* no mercado)

O estado θ_a representa a situação econômica do cliente. Todas as empresas estão sujeitas a renovar ou perder grandes contratos em sua carteira de faturamento que afetarão na situação econômica das mesmas. Deve-se ter em mente que este estado da natureza pode mudar bruscamente devido a estes fenômenos.

O estado θ_b representa a qualidade da operadora na visão do mercado. Considera-se como Boa uma operadora que está entre as duas melhores do mercado e como Ruim a que estiver fora deste *ranking*. Cotidianamente em função de possíveis defeitos na Rede ou de panes ocorridas em grandes sistemas, estas operadoras estão sujeitas a caírem de posição neste *ranking* de mercado, de forma que não se pode controlar estes fenômenos. Deve-se ter em mente que este estado da natureza pode mudar bruscamente, de forma aleatória.

Para facilitar a modelagem à planilha proposta como modelo inicial, serão adotados os seguintes cenários como estados da natureza:

- θ_1 - Situação de Retração Econômica no Cliente com a Operadora apresentando Qualidade Ruim
- θ_2 - Situação de Retração Econômica no Cliente com a Operadora apresentando Qualidade Boa
- θ_3 - Situação de Expansão Econômica no Cliente com a Operadora apresentando Qualidade Boa

O estado θ_4 (Situação de Expansão Econômica no Cliente com a Operadora apresentando Qualidade Ruim) foi suprimido do problema devido a indicação por parte dos especialistas de

que este estado é de baixa relevância para este problema, podendo ser desprezado sem grande impacto na modelagem do problema.

O estado θ_1 representa o pior cenário, onde do ponto de vista probabilístico o cliente está em fase de redução de custos face a seu momento econômico e a Operadora está apresentando Qualidade Ruim na Prestação dos Serviços. Situações do tipo perda de grandes contratos da carteira de faturamento ou entrada de fortes concorrentes ofertando preços menores associados ao fato de que de a Operadora não estar prestando um serviço de boa qualidade são indicativos de θ_1 .

O estado θ_2 representa o cenário intermediário, onde do ponto de vista probabilístico o cliente está em fase de redução de custos face a seu momento econômico, porém a Operadora está prestando um serviço de boa qualidade, onde se sabe que os serviços de telecomunicações tem correlação direta com os resultados empresariais. Situações do tipo perda de grandes contratos da carteira de faturamento ou entrada de fortes concorrentes ofertando preços menores associados ao fato de que de a Operadora estar prestando um serviço de boa qualidade são indicativos de θ_2 .

O estado θ_3 representa o melhor dos cenários, onde do ponto de vista probabilístico o cliente NÃO está em fase de redução de custos a Operadora está prestando um serviço de boa qualidade, onde se sabe que os serviços de telecomunicações tem correlação direta com os resultados empresariais. Situações do tipo conquista de novos e de grandes contratos da carteira de faturamento ou saída de fortes concorrentes do mercado associados ao fato de que de a Operadora estar prestando um serviço de boa qualidade são indicativos de θ_3 .

Deve-se ter em mente que os estados θ_1 , θ_2 e θ_3 e as ações influenciarão probabilisticamente nos *payoffs*. Esta influência é representada pela função consequência, a ser modelada nos próximos tópicos.

5.2.3 Conjunto das Ações

Ao termos conhecimento acerca dos Estados da Natureza, teremos que tomar decisões, ou simplesmente agir. Do ponto de vista da Teoria da Decisão, não se distingue entre a decisão de fazer alguma coisa e fazê-la, portanto, decidir fazer alguma coisa equivale a tê-la feito [13].

Para o problema propostos, as ações são:

- a_1 — Suspender ou reduzir os serviços de telecomunicações contratados;
- a_2 — Renovar os serviços de telecomunicações contratados;
- a_3 — Renovar e Ampliar os serviços de telecomunicações contratados.

Nas ações listadas, a ação a_1 é a mais "enxuta" das ações, tendo em vista que reduzir os serviços de telecomunicações contratados pode significar diminuição da capacidade produtiva da empresa. Nesta situação, dependendo do grau de diminuição dos serviços contratados, poderá ser um processo que levará a empresa a um estado desfavorável economicamente. Por outro lado, se constatado que os custos com telecomunicações estão muito acima dos praticados pelas operadoras concorrentes, a_1 poderá ser utilizada como uma medida de otimização de custos. Se o objetivo da ação a_1 for otimizar os custos com telecomunicações deve-se ter em mente que sem um estudo detalhado este objetivo poderá não ser atendido. A ação a_2 , é a ação intermediária dentre as três disponíveis e é a mais usual por parte dos clientes, que em geral não fazem pesquisas de mercado e são avessos a mudanças. Por fim, a ação a_3 é a mais ousada, em geral associada ao fato de a empresa passar por um momento de boa saúde financeira, com fortes perspectivas de crescimento produtivo.

5.2.4 Conjunto das Observações

As observações são as informações disponíveis que servem como indicador para realizar uma estimativa dos Estados da Natureza. Visto que o Estado da Natureza possui uma imprevisibilidade implícita, o que se faz com as observações é obter dados de outras variáveis que estão disponíveis e podem trazer consigo informações úteis sobre as tendências do Estado da Natureza.

Para o problema proposto, teremos como variáveis as seguintes observações:

- x_a — *Market Share* de Clientes da Empresa (Entre os 02 maiores, Abaixo dos 02 maiores)
- x_b — *Market Share* de Receita da Empresa (Entre os 02 maiores, Abaixo dos 02 maiores)
- x_c — Comportamento dos Indicadores Econômicos em relação ao ano anterior - PIB, Taxa de Desemprego, Inflação, Taxa de Câmbio do Dólar e Euro (Favoráveis a crescimento econômico, Desfavoráveis a crescimento econômico)

Vale destacar que as variáveis x_a e x_b oferecem informações que ajudam o decisor a estimar θ_b . Imagine que em o cenário onde se observa uma operadora possui os melhores *market share*

de quantidade de clientes e receita. Certamente estes são fortes indicativos de que a empresa presta um serviço com qualidade aceitável a seus clientes. Já a variável x_c oferece informações para ajudar o decisor a estimar θ_a .

Para facilitar a modelagem à planilha proposta como modelo inicial, serão adotados os seguintes cenários como observações:

- x_1 - *Market Share* de Clientes entre os PIORES, *Market Share* de Receita da Empresa entre os PIORES e Comportamento DESFAVORÁVEL dos Indicadores Econômicos em relação ao ano anterior (PIB, Taxa de Desemprego, Inflação, Taxa de Câmbio do Dólar e Euro) ;
- x_2 - *Market Share* de Clientes entre os MELHORES, *Market Share* de Receita da Empresa entre os MELHORES e Comportamento DESFAVORÁVEL dos Indicadores Econômicos em relação ao ano anterior (PIB, Taxa de Desemprego, Inflação, Taxa de Câmbio do Dólar e Euro);
- x_3 - *Market Share* de Clientes entre os MELHORES, *Market Share* de Receita da Empresa entre os MELHORES e Comportamento FAVORÁVEL dos Indicadores Econômicos em relação ao ano anterior (PIB, Taxa de Desemprego, Inflação, Taxa de Câmbio do Dólar e Euro);

Vale destacar que as variáveis x_1 , x_2 e x_3 oferecem informações que ajudam o decisor a estimar θ . A observação x_3 é o indicativo que aumenta a probabilidade de θ_3 , e assim sucessivamente. Lembre-se que o modelo matemático não afirma que tendo x_3 , teremos θ_3 , e sim que a probabilidade de ocorrência será elevada. Novamente, explicitando-se que não temos controle sobre os Estados da Natureza!

5.2.5 Escolha da Decisão Ótima com base na regra ótima de decisão

A escolha a decisão ótima será obtida através da Teoria da Decisão [13]. Solucionaremos o problema proposto eduzindo a Função Consequência, a Função Verossimilhança, a Função Utilidade para os *Payoffs*, a Distribuição a Priori sobre o Estado da Natureza e calcularemos o **Risco de Bayes** das Regras de Decisão.

5.2.6 Função Consequência

O mundo funciona assim: ao se tomar uma ação inicia-se um mecanismo probabilístico que vai escolher uma consequência ao decisor [13]. A consequência corresponde à probabilidade

condicional de se obter um bem p , dado que se implementou determinada ação a e a natureza encontra-se em determinado estado θ . Portanto, a probabilidade de se ganhar um bem p depende não só da ação mas também do estado da natureza. A notação para esse mecanismo probabilístico é $P(p|\theta, a)$.

É importante destacar que a Natureza escolherá um θ independente do que fizer o decisor, logo a probabilidade de receber um bem p vai depender tanto de θ quanto de a .

Para o problema proposto, a função consequência será uma matriz 9x16, conforme ilustra a tabela 5.2:

Tabela 5.2: Função Consequência (em branco) - O Cliente

θ	a	\vec{p}^1	\vec{p}^2	\vec{p}^3	\vec{p}^4	\vec{p}^5	\vec{p}^6	\vec{p}^7	\vec{p}^8	\vec{p}^9	\vec{p}^{10}	\vec{p}^{11}	\vec{p}^{12}	\vec{p}^{13}	\vec{p}^{14}	\vec{p}^{15}	\vec{p}^{16}
θ_1	a_1																
θ_1	a_2																
θ_1	a_3																
θ_2	a_1																
θ_2	a_2																
θ_2	a_3																
θ_3	a_1																
θ_3	a_2																
θ_3	a_3																

O segundo passo é definir a probabilidade de ocorrência dos 16 *payoffs* para cada um dos nove pares (θ, a) para o decisor, ou seja, com que probabilidade ocorrerá cada *payoff* em uma escala que varia entre 0 e 1 para cada par (θ, a) . Pode-se fazer isto de duas maneiras: através de bases de dados com as informações nelas contidas ou através de especialistas. Em geral, são raros os casos nos quais as corporações possuem bases de dados preparadas para o uso da Teoria da Decisão e após a consulta prévia aos profissionais da área, foi constatada a necessidade de realizar a educação de preferência dos *payoffs* através de especialistas. Para facilitar a obtenção da distribuição probabilística entre os vetores pelos especialistas, utilizou-se a distribuição binomial:

$$b(x; n; p) = \binom{n}{x} p^x (1-p)^{n-x}$$

Inserindo a binomial em uma coluna à esquerda da tabela 5.2, tem-se a tabela 5.3:

Tabela 5.3: Função Consequência - O Cliente

Binomial	θ	a	\vec{p}^1	\vec{p}^2	\vec{p}^3	\vec{p}^4	\vec{p}^5	\vec{p}^6	\vec{p}^7	\vec{p}^8	\vec{p}^9	\vec{p}^{10}	\vec{p}^{11}	\vec{p}^{12}	\vec{p}^{13}	\vec{p}^{14}	\vec{p}^{15}	\vec{p}^{16}
5,0%	θ_1	a_1	0,46	0,37	0,13	0,03	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
15,0%	θ_1	a_2	0,09	0,23	0,29	0,22	0,12	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
18,0%	θ_1	a_3	0,05	0,17	0,26	0,25	0,16	0,08	0,03	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
53,3%	θ_2	a_1	0,00	0,00	0,00	0,01	0,03	0,06	0,12	0,18	0,20	0,18	0,12	0,06	0,02	0,01	0,00	0,00
73,3%	θ_2	a_2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,05	0,11	0,18	0,23	0,21	0,13	0,05	0,01
33,3%	θ_2	a_3	0,00	0,02	0,06	0,13	0,19	0,21	0,18	0,11	0,06	0,02	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
60,0%	θ_3	a_1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,01	0,02	0,06	0,12	0,18	0,21	0,19	0,13	0,06	0,02	0,00	0,00
20,0%	θ_3	a_2	0,04	0,13	0,23	0,25	0,19	0,10	0,04	0,01	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
95,0%	θ_3	a_3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,13	0,37	0,46

Para facilitar a visualização dos conjuntos de *payoffs*, pode-se ilustrá-los somadas as probabilidades em grupos de 4 *payoffs*, conforme ilustrado na tabela 5.4.

Tabela 5.4: Função Consequência (tabela resumida) - O Cliente

Probabilidades			
$\vec{p}^1 \rightarrow \vec{p}^4$	$\vec{p}^5 \rightarrow \vec{p}^8$	$\vec{p}^9 \rightarrow \vec{p}^{12}$	$\vec{p}^{13} \rightarrow \vec{p}^{16}$
0,99	0,01	0,00	0,00
0,82	0,18	0,00	0,00
0,72	0,28	0,00	0,00
0,01	0,39	0,57	0,03
0,00	0,03	0,57	0,40
0,21	0,70	0,09	0,00
0,00	0,21	0,70	0,09
0,65	0,35	0,00	0,00
0,00	0,00	0,01	0,99

O trabalho com o auxílio da função binomial, ajuda no processo de obtenção da distribuição das probabilidades junto aos especialistas, visto que os *payoffs* já estão ordenados. Deseja-se através do coeficiente inserido entre 0 e 1 na planilha colocar os 16 *payoffs* em ordem de importância dado que já se tem um par (θ, a) definidos. Dois comentários são elucidadores para iniciar o trabalho junto aos especialistas:

1. Ao considerarmos o par (θ_1, a_1) , temos o pior cenário, pois além da natureza estar desfavorável do ponto de vista econômico e físico, a ação tomada é a pior entre as três disponíveis. Neste caso, deverá ser evidente que os vetores de PIOR preferência na escala de ordenamento terão MAIOR probabilidade de ocorrência.
2. Ao considerarmos o par $(\theta_3=1, a_3)$, temos o melhor cenário, pois além da natureza estar favorável do ponto de vista econômico e físico, a ação tomada é a melhor entre as três disponíveis. Neste caso, deverá ser evidente que os vetores de MAIOR preferência na escala de ordenamento terão MAIOR probabilidade de ocorrência.

Os dois comentários supracitados ajudam a iniciar o processo, visto que os especialistas estarão estabelecendo a distribuição de probabilidades para os melhores e piores cenários nos vetores de *payoffs*. Após a conclusão destes melhores e piores cenários, basta continuar o processo determinando os demais cenários previstos no problema, completando a educação da função consequência. Os dados inseridos foram eduzidos de especialistas.

5.2.7 Função de Verossimilhança

As observações guardam uma relação probabilística com os estados da natureza; ao se observar determinadas variáveis pode-se estimar a probabilidade de termos um dado estado θ . Essa distribuição de probabilidade é denotada por $P(x|\theta)$. Representa o canal de comunicação com a natureza, ou seja, diz quanto a observação x informa sobre o estado da natureza θ [13].

Para o problema proposto, a função de verossimilhança será uma matriz 3x3, conforme ilustra a tabela 5.5:

Tabela 5.5: Função de Verossimilhança - O Cliente

$\mathbf{P}(x|\theta)$	x_1	x_2	x_3
θ_1	0,58	0,30	0,12
θ_2	0,10	0,65	0,25
θ_3	0,05	0,20	0,75

Os dados foram obtidos de especialistas.

5.2.8 Distribuição *a Priori*

A distribuição *a priori* traz um indicativo sobre o Estado da Natureza sob o ponto de vista de seu comportamento histórico. É pouco provável que não exista algum conhecimento sobre o comportamento de θ . A incerteza probabilística acerca da distribuição *a priori* $\pi(\theta)$ pode ser proveniente de duas fontes: uma base de dados com esses registros ou o conhecimento de um ou um grupo de especialistas no assunto.

No problema proposto, a educação do conhecimento *a priori* foi feita em um grupo de especialistas, obtendo os valores da tabela 5.6.

Tabela 5.6: Função de Distribuição *a Priori* - O Cliente

θ	$\pi(\theta)$
θ_1	0,09
θ_2	0,30
θ_3	0,61

5.2.9 Função Utilidade

A função utilidade para o problema proposto foi eduzida a partir de um questionário, considerando três escalas: u_1 , u_2 e u_3 . A primeira escala vai dos *payoffs* de p_1 a p_7 , a segunda dos *payoffs* de p_6 a p_{12} e a terceira dos *payoffs* de p_{11} a p_{16} . Existem elementos que sobrepõem a escala com intuito de realizar correção na margem de erro do processo. Na primeira escala, o pior *payoff* é p_1 e o melhor é p_7 . Há que se perguntar ao decisor, nessa escala, para qual valor de λ ele se sente indiferente entre receber o *payoff* p_j , $j = 2, 3, 4, 5, 6$ com probabilidade 1, ou um jogo no qual ele recebe p_7 com probabilidade λ ou p_1 , com probabilidade $1 - \lambda$. O mesmo deverá ser feito nas demais escalas.

Portanto, o questionário consiste em perguntar sucessivamente nas três faixas os valores de λ e convertê-los para uma escala única, pelo método das faixas superpostas [13].

Tabela 5.7: Divisão do questionário em 03 escalas, para facilitar a educação - O Cliente

			Escala 02												
Escala 03												Escala 01			
\vec{p}^{16}	\vec{p}^{15}	\vec{p}^{14}	\vec{p}^{13}	\vec{p}^{12}	\vec{p}^{11}	\vec{p}^{10}	\vec{p}^9	\vec{p}^8	\vec{p}^7	\vec{p}^6	\vec{p}^5	\vec{p}^4	\vec{p}^3	\vec{p}^2	\vec{p}^1
1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0
1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0
1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0

Determinar λ , onde $p^T = [p_1, p_2, p_3, p_4]$, p_1 = Disponibilidade da Rede, p_2 = Satisfação Interna, p_3 = Qualidade do Suporte e p_4 = Custo

Bloco 01 de Perguntas Escala 01	1	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Ordem = 7 onde } p^T = [0,1,1,0] \text{ cp } \lambda \\ \text{Ordem = 1 onde } p^T = [0,0,0,0] \text{ cp } 1 - \lambda \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{versus 2 onde } p^T = [0,0,0,1] \\ \text{versus 3 onde } p^T = [0,0,1,0] \end{array} \right.$	<table border="1" style="width: 100px; height: 40px; text-align: center;"> <tr><td>λ</td></tr> <tr><td>0,2</td></tr> </table>	λ	0,2
	λ					
	0,2					
	2	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Ordem = 7 onde } p^T = [0,1,1,0] \text{ cp } \lambda \\ \text{Ordem = 1 onde } p^T = [0,0,0,0] \text{ cp } 1 - \lambda \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{versus 3 onde } p^T = [0,0,1,0] \\ \text{versus 4 onde } p^T = [0,0,1,1] \end{array} \right.$	<table border="1" style="width: 100px; height: 40px; text-align: center;"> <tr><td>λ</td></tr> <tr><td>0,25</td></tr> </table>	λ	0,25
	λ					
0,25						
3	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Ordem = 7 onde } p^T = [0,1,1,0] \text{ cp } \lambda \\ \text{Ordem = 1 onde } p^T = [0,0,0,0] \text{ cp } 1 - \lambda \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{versus 4 onde } p^T = [0,0,1,1] \\ \text{versus 5 onde } p^T = [0,1,0,0] \end{array} \right.$	<table border="1" style="width: 100px; height: 40px; text-align: center;"> <tr><td>λ</td></tr> <tr><td>0,3</td></tr> </table>	λ	0,3	
λ						
0,3						
4	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Ordem = 7 onde } p^T = [0,1,1,0] \text{ cp } \lambda \\ \text{Ordem = 1 onde } p^T = [0,0,0,0] \text{ cp } 1 - \lambda \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{versus 5 onde } p^T = [0,1,0,0] \\ \text{versus 6 onde } p^T = [0,1,0,1] \end{array} \right.$	<table border="1" style="width: 100px; height: 40px; text-align: center;"> <tr><td>λ</td></tr> <tr><td>0,5</td></tr> </table>	λ	0,5	
λ						
0,5						
5	$\left\{ \begin{array}{l} \text{Ordem = 7 onde } p^T = [0,1,1,0] \text{ cp } \lambda \\ \text{Ordem = 1 onde } p^T = [0,0,0,0] \text{ cp } 1 - \lambda \end{array} \right.$	$\left\{ \begin{array}{l} \text{versus 6 onde } p^T = [0,1,0,1] \end{array} \right.$	<table border="1" style="width: 100px; height: 40px; text-align: center;"> <tr><td>λ</td></tr> <tr><td>0,8</td></tr> </table>	λ	0,8	
λ						
0,8						

Figura 5.1: Exemplo de bloco de perguntas onde o decisor irá inserir o λ para o qual se sente indiferente - O Cliente

A função utilidade do decisor para a Função Consequência, será calculada por:

$$u(P(p|\theta, d(x))) \quad (5.1)$$

A utilidade desta distribuição é dada por:

$$u(P(p|\theta, d)) = \sum_p v(p) \sum_x P(x|\theta) P(p|\theta, d(x)) \quad (5.2)$$

Em Teoria da Decisão trabalha-se com perdas. A perda é definida simplesmente como o negativo da utilidade:

$$L(\theta, d(x)) = -u(P(p|\theta, d(x))) \quad (5.3)$$

Após a educação dos valores de utilidade dos *payoffs* pelo especialista, chega-se a tabela 5.8. É importante salientar que a utilidade está representando o grau de preferência entre 0

e 1 dos 16 *payoffs* do problema. De uma forma geral, a preferência sempre será maior pelos melhores *payoffs*. Deseja-se saber com a utilidade qual é o grau de preferência entre os *payoffs*. Na tabela da figura 5.8 é visível que a utilidade pelos *payoffs* de p_1 a p_3 já é representativa, indicando que estes casos já são de interesse para o cliente em termos de suas preferências. Por outro lado, do *payoff* p_{10} a p_{16} , o cliente apresenta elevada utilidade em relação a média.

Tabela 5.8: Função Utilidade - O Cliente

\vec{p}	\vec{p}^1	\vec{p}^2	\vec{p}^3	\vec{p}^4	\vec{p}^5	\vec{p}^6	\vec{p}^7	\vec{p}^8	\vec{p}^9	\vec{p}^{10}	\vec{p}^{11}	\vec{p}^{12}	\vec{p}^{13}	\vec{p}^{14}	\vec{p}^{15}	\vec{p}^{16}
$u(p)$	0,00	0,18	0,22	0,26	0,44	0,70	0,88	0,91	0,94	0,95	0,979	0,994	0,996	0,999	1,000	1,000

5.2.10 As Regras de Decisão

Campello de Souza [13] refere que tomar decisões é escolher uma ação dentre várias disponíveis; trata-se de utilizar o que se sabe e o que se pode, a fim de se obter o que se quer.

A Teoria da Decisão sistematiza esse processo através de um conjunto de regras de decisão. Estas regras são funções que associam a cada observação uma ação:

$$d : \mathcal{X} \rightarrow \mathcal{A} \quad (5.4)$$

$$x \mapsto d(x)=a$$

A associação pode ser determinística ou probabilística [13]. As regras são explicitadas e comparadas; a que minimizar o risco, para qualquer estado da natureza, deverá ser a adotada. O risco é a perda esperada da regra de decisão sobre repetição hipotética de um experimento que dá origem às observações x como função do parâmetro θ .

Campello de Souza [13] descreve a metodologia utilizada no processo de escolha da decisão. Após a definição dos conjuntos básicos e dos mecanismos probabilísticos envolvidos, chega-se à escolha de uma decisão. O número de regras de decisões possíveis é dado por:

$$||\mathcal{D}|| = ||\mathcal{A}||^{||\mathcal{X}||} \quad (5.5)$$

O risco de Bayes será calculado pela equação 5.6:

A função risco descreve a perda a o se usar uma regra de decisão, representando o valor esperado da função perda.

$$R_d(\theta) = E(L|\theta) = \sum_x L(\theta, d(x))P(x|\theta) \quad (5.6)$$

A regra de decisão que minimizar o risco será a melhor regra, pois representa a maior utilidade e a melhor consequência para o decisor.

Com isto obtém-se a configuração da tabela 5.9.

Tabela 5.9: Regras de Decisão e Risco de Bayes - A Engenharia de Manutenção de Circuitos em Telecomunicações

Regras de Decisão				Rd(θ)			Bayes	Menor Risco
d	x_1	x_2	x_3	θ_1	θ_2	θ_3	-rd	
d_1	a_1	a_2	a_3	0,175	0,886	0,867	0,81016	
d_2	a_1	a_3	a_2	0,185	0,745	0,508	0,55025	
d_3	a_2	a_1	a_3	0,218	0,843	0,956	0,85532	
d_4	a_2	a_3	a_1	0,255	0,733	0,924	0,80640	
d_5	a_3	a_1	a_2	0,242	0,896	0,500	0,59524	
d_6	a_3	a_2	a_1	0,270	0,927	0,826	0,80624	
d_7	a_1	a_1	a_2	0,123	0,923	0,497	0,59092	
d_8	a_1	a_1	a_3	0,129	0,835	0,985	0,86304	
d_9	a_2	a_2	a_1	0,239	0,962	0,793	0,79419	
d_{10}	a_2	a_2	a_3	0,264	0,894	0,837	0,80244	
d_{11}	a_3	a_3	a_1	0,286	0,698	0,956	0,81845	
d_{12}	a_3	a_3	a_2	0,304	0,718	0,511	0,55457	
d_{13}	a_2	a_1	a_1	0,193	0,911	0,912	0,84707	
d_{14}	a_3	a_1	a_1	0,224	0,876	0,945	0,85912	
d_{15}	a_1	a_2	a_2	0,169	0,974	0,378	0,53804	
d_{16}	a_3	a_2	a_2	0,288	0,947	0,381	0,54236	
d_{17}	a_1	a_3	a_3	0,191	0,657	0,997	0,82237	
d_{18}	a_2	a_3	a_3	0,280	0,665	0,967	0,81465	
d_{19}	a_1	a_2	a_1	0,150	0,954	0,823	0,80192	
d_{20}	a_1	a_3	a_2	0,183	0,779	0,508	0,56030	
d_{21}	a_2	a_3	a_2	0,238	0,748	0,479	0,53780	
d_{22}	a_2	a_1	a_2	0,212	0,931	0,467	0,58319	
d_{23}	a_3	a_1	a_3	0,248	0,808	0,988	0,86736	0,867
d_{24}	a_3	a_2	a_3	0,294	0,859	0,869	0,81448	
d_{25}	a_1	a_1	a_1	0,104	0,903	0,942	0,85480	
d_{26}	a_2	a_2	a_2	0,258	0,982	0,348	0,53031	
d_{27}	a_3	a_3	a_3	0,31	0,63	1	0,82669	

Na tabela 5.9, são listados os riscos de todas as possíveis decisões e é indicada a decisão de menor risco, que é a melhor dentre as soluções possíveis para o problema proposto. É importante observar que o cálculo do risco está com valor negativo na tabela 5.9.

CAPÍTULO 6

CONCLUSÕES

6.1 Resumo dos resultados

Elaborou-se a estruturação de uma modelagem matemática para auxiliar no processo de tomada de decisões em Redes de Telecomunicações, à luz da Teoria da Decisão. No contexto das telecomunicações, o qual este autor vivenciou por uma década nas operadoras assumindo funções técnicas, operacionais, táticas e gerenciais, observa-se um processo de tomada de decisão não estruturado, baseado na maioria das vezes no empirismo ou até no "*feeling*" (isso mesmo!). Na proposta de um modelo simplificado e automatizado, foram abordados a solução de problemas de decisão envolvendo três decisores e contextos distintos:

- O investidor que decide sobre os Projetos a serem implantados;
- O Gestor de Manutenção que passará a ter subsídios para dimensionar um orçamento associado às preferências da empresa, respaldando os riscos inerentes ao não cumprimento deste orçamento em termos probabilísticos; e
- O Cliente que tomará a decisão ótima para suas necessidades em Telecomunicações, em termos de custos e atendimento de escopo.

6.2 Contribuições da Dissertação

Algumas contribuições dessa dissertação e suas sugestões para futuros trabalhos:

- Os modelos apresentados nos 03 contextos, estão estruturados, automatizados e podem ser livremente complementados, visto que para isto basta ampliar o conjunto de variáveis do problema;
- Na metodologia utilizada, estimula-se a "arte de modelar" problemas matematicamente, servindo de exemplo para trabalhos em que um modelo matemático se faça necessário para solução de problemas;
- Os procedimentos foram implementados com uso de uma planilha eletrônica, facilitando sua adequação a outros contextos;
- A implementação apresentada permite que sejam feitas com relativa facilidade, diversas análises de sensibilidade com relação aos parâmetros;
- É plenamente possível nesta estruturação trabalhar com variáveis de mensuração subjetiva, tendo em vista que a ferramenta de Teoria da Decisão, por conseguir medir as variáveis com base em suas preferências envolvidas, é capaz de realizar qualquer tipo de mensuração em qualquer contexto;
- Também é possível trabalhar com variáveis discretas, não dicotômicas. A vantagem do trabalho com variáveis dicotômicas, sugerida por este autor, é a possibilidade de ordenamento do vetor de *payoffs* a partir da ordenação da preferência entre as variáveis de forma automática, seguindo a lógica binária de ordenação. Trabalhando com variáveis não dicotômicas, será necessário realizar o ordenamento dos *payoffs* de acordo com as preferências do decisor. O restante do processo de aplicação de forma similar a apresentada. Também é possível trabalhar com variáveis contínuas, onde para isto basta consultar a bibliografia de Campello de Souza [13].

6.3 Sugestões para Futuros Trabalhos

- Uma sugestão para trabalhos futuros seria a construção de um sistema em uma linguagem de programação de alto nível que, a partir do fornecimento de alguns parâmetros básicos a serem utilizados, criaria automaticamente através de macros as fórmulas para um problema de decisão em particular. Este, certamente, seria um trabalho que traria uma excepcional contribuição para o uso mais intenso da ferramenta por parte do mercado, pois a grande barreira a ser vencida é justamente a incapacidade dos profissionais em solucionarem os problemas dado o desconhecimento acerca dos requisitos matemáticos envolvidos;
- Também como sugestão para trabalhos futuros, pode ser experimentado o método utilizado para modelagem matemática de problemas em outros contextos. Isto divulgaria o poder da "arte de modelar" e incentivaria o mercado a utilizar ferramentas de apoio a tomada de decisões de forma estruturada, e conseqüentemente otimizada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. C. Medeiros, *Princípios de Telecomunicações - Teoria e Prática*, 2ª ed., São Paulo: Érica, 2005.
- [2] O. Barradas, *Sistemas Analógico-Digitais*, 1ª ed., Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora S.A., 1980.
- [3] R. Dekker, *Applications of maintenance optimization models: a review and analysis*, Reliability Engineering and System Safety, v. 51, p. 229 – 240, 1996.
- [4] A. Raouf & M. Ben-Daya, *Total maintenance management: a systematic approach*, Journal of Quality in Maintenance Engineering, v. 1, p. 06 – 14, 1995.
- [5] R. Dekker & A. P. Scarf, *On the impact of optimisation models in maintenance decision making: the state of the art*, Reliability Engineering and System Safety, v. 60, p. 225 – 237, 1997.
- [6] J. R. R. Cavalcante, *Gestão de Custos em Telecom*, 1ª ed. Rio de Janeiro: e-papers, 2009.
- [7] R. Guerreiro, *A Anatel e o novo cenário de telecomunicações*, Trabalho apresentado no XIV Seminário de Redes. Brasília, DF, ago. 1998.
- [8] F. M. Campello de Souza, *Guia Geral aos Orientandos do Professor Fernando Menezes Campello de Souza*, 1ª ed. Recife:Vade Mecum, 2008.
- [9] O. C. M. Barradas, *Você e as Telecomunicações*, Rio de Janeiro: Interciência, 1995.
- [10] J. C. O. Medeiros, *Princípios de Telecomunicações - Teoria e Prática*, 2ª ed. Rio de Janeiro: Erica, 2005.

- [11] G. A. Oliveira, *Notas de Aula da Disciplina Visão Geral de Telecomunicações e Legislação*, Recife, Faculdade Maurício de Nassau, 2006.
- [12] J. Rawls. *A theory of justice – original edition*. Cambridge: Harvard University, 2005.
- [13] F. M. Campello de Souza, *Decisões racionais em situações de incerteza*, 2^a ed. Recife: Vade Mecum, 2007.
- [14] J. Eliashberg & J. R. Hauser, *Measurement error theories for von Neumann- Morgenstern utility functions*, Northwestern University, Center for Mathematical Studies in Economics and Management Science, Discussion Paper N^o 498, 1981.
- [15] A. Wald, *Statistical Decision Functions*. New York: John Wiley & Sons, 1950
- [16] J. von Neumann & O. Morgenstern, *Theory of Games and Economic Behavior*. Princeton University Press, 1944.
- [17] A. L. Wanderley, *A Educação da Função Utilidade Multiatributo*, Tese (PPGEE), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2008.
- [18] P. Wakker & A. M. Stiggelbout, *Explaining distortions in utility elicitation through the rank-dependent model for risky choices*. *Medical Decision Making*, v. 15, n. 2, p. 180–186, 1995.
- [19] P. Wakker, S. J. T. Jansen, & A. M. Stiggelbout, *Anchor levels as a new tool for the theory and measurement of multiattribute utility*, *Decision Analysis*, v. 1, n. 4, p. 217 – 234, 2004.
- [20] F. M. Campello de Souza, *Two-component random utilities*, *Theory and Decision*, v. 21, n. 2, p. 129 –153, Sep. 1986.
- [21] F. M. Campello de Souza, *Mixed Models Random Utilities and the Triangle Inequality*, v. 27, n. 2, p. 183 –200, Sep. 1983.
- [22] F. M. Campello de Souza, *Modelos Probabilísticos de Preferências e Escolhas - Produção e Competitividade: aplicações e inovações*, Recife: Universitária - UFPE, 2000.
- [23] F. M. Campello de Souza, *Modelos Probabilísticos de Preferências e Escolhas - Tópicos em Engenharia de Sistemas*, Recife: Universitária - UFPE, 2004.

- [24] R. L. Keeney , *Modeling Values for Telecommunications Management*, IEEE Trans. on Eng. Management, VOL. 48, pp. 370-379, 2001
- [25] L. A. N. Lins, *Decisões em Medicina: Uma Abordagem por Teoria da Decisão*, Dissertação (PPGEP), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2009.
- [26] P. S. Lessa, *Teoria da Decisão na Avaliação da Qualidade da Imagem Médica*, Tese (PPGEE), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2001.
- [27] P. S. Lessa, *Incertezas na Medida da Pressão Arterial*, Dissertação (PPGEE), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 1996.
- [28] F. M. Campello de Souza, *Procedimentos para Aplicação da Teoria da Decisão*, Dissertação (PPGEP), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007.
- [29] R. L. Keeney & H. Raiffa, *Decision with multiple objectives: preference and values tradeoffs*, New York: John Wiley & Sons, 1976.
- [30] R. Dorfman, P. A. Samuelson, & R. M. Solow, *Linear programming and economic analysis*, New York: McGraw-Hill, 1958.
- [31] M. F. C. Allais, *Cardinal utility, history, empirical findings, and applications*, Theory and Decision, v. 31, pp. 99-140, 1991.
- [32] D. d. C. Bezerra, *Carteira de investimento usando a teoria da decisão*, Dissertação (PPGEP), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2003.
- [33] A. A. Silva, *Teoria da decisão em cardiologia*, Dissertação (PPGEP), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2002.
- [34] M. J. B. Cunha, *À tomada de decisão no planejamento estratégico: o caso do aeroporto industrial*, Dissertação (PPGEP), Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2004.
- [35] M. F. C. Allais & O. Hagen, *Cardinalism: a fundamental approach*, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1994.
- [36] M. F. C. Allais & O. Hagen, *Expected utility hypothesis and Allais paradox; contemporary discussion of decisions under uncertainty with Allais' rejoinder*, Dordrecht Reidel, 1979.
- [37] J. O. Berger, *Statistical decision theory and Bayesian analysis*, New York: Springer, 1980.

- [38] A. Wald, *Statistical decision functions which minimize the maximum risk*, *The Annals of Mathematical Statistics*, v. 46, n. 2, p. 265–280, Apr. 1945.
- [39] O. R. Bekman & P. L. O. Costa Neto, *Análise Estática da Decisão*, São Paulo: Edgard Blucher, 1993.
- [40] F. J. Anscombe & R. J. Aumann, *A definition of subjective probabilities*, *Annals of Mathematical Statistics*, v. 34, p. 199–205, 1963.
- [41] A. Tversky & D. Kahneman, *Judgment under uncertainty: heuristics and biases*, *Science*, v. 185, p. 1124 – 1131, 1974.
- [42] J. F. Benders, *Partitioning procedures of solving mixed variables programming problems*, *Numer. Math.*, v. 4, pp. 238-252, 1962.
- [43] D. Bernoulli, *Exposition of a new theory of the risk*, *Econometrica*, v. 22, pp. 23-36, 1954.
- [44] G. Casela & R. L. Berger, *Statistical inference*, Duxbury: 2^a ed. Pacific Grove, 2002.
- [45] R. T. Cusinato & S. S. Porto Jr., *A Teoria da Decisão sob incerteza e a hipótese da utilidade esperada*, Santa Cruz do Sul-RS: Estudos do CEPE, v. 22, pp. 7-38, 2005.
- [46] M. G. Ercolani, *Risk aversion and risk loving in the small: a decomposition of the multivariate risk premium*, *Bulletin of Economic Research*, v. 56, n. 1, p. 81 – 106, Jan. 2004.
- [47] S. A. Shah, *Comparative risk aversion when the outcomes are vectors*, *Centre for Development Economics*. Delhi School of Economics. University of Delhi, Delhi, Working Paper N^o 149, Sep. 2006.
- [48] R. L. Keeney, *Multiplicative utility functions*, *Operations Research*, v. 22, n. 1, p. 22 – 34, Jan. – Feb. 1974.
- [49] M. S. Mastel, *Telecom Audit: a complete cost-reduction strategy for your corporate telecommunications bills*, MacGraw-Hill, 2003.
- [50] M. Peczarski, *The gold partition conjecture*, *Order*, v. 23, p. 89 – 95, 2006.
- [51] J. Barzilai, *Measurement and preference function modelling*, *International Transactions in Operational Research*, v. 12, p. 173 – 183, 2005.

APÊNDICE A

LISTA DE TERMOS EM LÍNGUA ESTRANGEIRA E ABREVIATURAS

Neste apêndice, são listados todos os Termos em Língua Estrangeira e Abreviaturas presentes nos capítulos deste trabalho. A lista é única, separada por capítulo para facilitar a busca, e está descrita em de localização e compreensão dos textos alfabética.

A.1 Lista de Termos em Língua Estrangeira e Abreviaturas do Capítulo 01

- Simplex - Uma comunicação é dita simplex quando há um dispositivo emissor e outro dispositivo receptor, sendo que este papel não se inverte no período de transmissão. A transmissão tem sentido unidirecional, não havendo retorno do receptor. Pode-se ter um dispositivo transmissor para vários receptores, e o receptor não tem a possibilidade de sinalizar se os dados foram recebidos.
- *Half Duplex* - Uma comunicação é dita *half-duplex* (também chamada semi-duplex) quando temos um dispositivo Transmissor e outro Receptor, sendo que ambos podem transmitir e receber dados, porém não simultaneamente, a transmissão tem sentido bidirecional. Durante uma transmissão half-duplex, em determinado instante um dispositivo A será transmissor e o outro B será receptor, em outro instante os papéis podem se inverter. Por exemplo, o dispositivo A poderia transmitir dados que B receberia; em seguida, o sentido da transmissão

são seria invertido e B transmitiria para A a informação se os dados foram corretamente recebidos ou se foram detectados erros de transmissão. A operação de troca de sentido de transmissão entre os dispositivos é chamada de turn-around e o tempo necessário para os dispositivos chavearem entre as funções de transmissor e receptor é chamado de turn-around time.

- *Full Duplex* - Uma comunicação é dita *full duplex* (também chamada apenas duplex) quando temos um dispositivo Transmissor e outro Receptor, sendo que os dois podem transmitir dados simultaneamente em ambos os sentidos (a transmissão é bidirecional). Poderíamos entender uma linha full-duplex como funcionalmente equivalente a duas linhas simplex, uma em cada direção. Como as transmissões podem ser simultâneas em ambos os sentidos e não existe perda de tempo com turn-around (operação de troca de sentido de transmissão entre os dispositivos), uma linha full-duplex pode transmitir mais informações por unidade de tempo que uma linha half-duplex, considerando-se a mesma taxa de transmissão de dados.
- ERB (Estação Rádio Base) - Estação Rádio Base (ERB) ou “Cell site” é a denominação dada em um sistema de telefonia celular para a Estação Fixa com que os terminais móveis se comunicam.
- Modulações AM (*Amplitude Modulation* - Modulação em Amplitude), FM (*Frequency Modulation* - Modulação em Frequencia) ou Sistemas FDM (*Frequency Division Modulation* - Modulação por Divisão de Frequencia) - São modulações consideradas por definição como modulações analógicas, utilizadas para reduzir o tamanho do Sistema Irradiante para transmissões de informação.
- Modulações ASK (*Amplitude Shift Keying* - Modulação por Chaveamento de Amplitude), PSK (*Phase Shift Keying* - Modulação por Chaveamento de Fase), QAM (*Quadrature Amplitude Modulation* - Modulação por Amplitude em Quadratura) e OFDM (*Orthogonal frequency-division multiplexing* - Multiplexação Ortogonal por Divisão de Frequencia) - São modulações consideradas por definição como modulações digitais, transportando informações na forma de bits, em sistemas de transmissão digital de informação.
- SLA (*Service Level Agreement*) - Um Acordo de Nível de Serviço (ANS ou SLA, do inglês *Service Level Agreement*) é a parte de contrato de serviços entre duas ou mais entidades no qual o nível da prestação de serviço é definido formalmente. Na prática, o termo é usado no contexto de tempo de entregas de um serviço ou de um desempenho específico.

- *per si* - Expressão que significa "por si mesmo" ou "por si só".
- EUA - Abreviação para Estados Unidos da América
- Superávit - Em Contabilidade, superavit ou superávite (grafia comum em Portugal) é o nome genérico que se dá a uma conta de Balanços de entidades sem finalidades econômicas (Direito Privado) ou da Administração pública, que em geral corresponde ao da conta Lucro do exercício, dos Balanços empresariais privados. Em Administração, superavit pode ser o excedente resultante da execução orçamentária que aferiu mais ganhos do que gastos. Nesse caso o orçamento é chamado de superavitário e o resultado oposto denomina-se "déficit".
- ICMS - Abreviação para Imposto sobre Circulação de Mercadorias e prestação de Serviços
- PIS - Abreviação para Programa de Integração Social
- COFINS - Abreviação para Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social
- ISS - Abreviação para Imposto Sobre Serviços de qualquer natureza
- Fust - Abreviação para Fundo de Universalização dos Serviços de Telecomunicações
- Funttel - Abreviação para Fundo para o Desenvolvimento Tecnológico das Telecomunicações
- *Backbones* - No contexto de redes de computadores, o backbone (traduzindo para português, espinha dorsal) designa o esquema de ligações centrais de um sistema mais amplo, tipicamente de elevado desempenho.
- NGN (*Next Generation Network*) - *Next Generation Networking* (NGN) é um termo amplo para descrever algumas importantes evoluções arquiteturais em redes de telecomunicações. A ideia geral de NGN é que uma mesma rede transporte todas as informações e serviços (voz, dados e todos os tipos de mídias como o vídeo), encapsulando-os em pacotes tal como é feito o tráfego de dados na Internet. NGN são geralmente construídas com base no protocolo IP.
- *ad hoc* - Ad hoc é uma expressão latina cuja tradução literal é "para isto" ou "para esta finalidade". Em engenharia de software, a expressão ad hoc é utilizada para designar ciclos completos de construção de softwares que não foram devidamente projetados em razão da necessidade de atender a uma demanda específica do usuário, ligada a prazo, qualidade ou custo. A expressão também é citada no nível 1 do CMMI, quando a coleta de dados para indicadores é feita ad hoc, ou seja, para resolver determinado problema ou realizar uma tarefa específica. Modelos informais utilizados pelo desenvolvedor de software costumam

ser ad hoc, como rabiscar uma idéia para obter maior clareza e simplificação da realidade. Porém, esses modelos não oferecem uma linguagem básica que possa ser compartilhada com outras pessoas facilmente.

A.2 Lista de Termos em Língua Estrangeira e Abreviaturas do Capítulo 02

- *Marketing* - *Marketing* tem muitas definições técnicas e até tentativas de tradução para o português como Mercadologia (RICHERS, 1986) ou "Mercância"(GRACIOSO, 1971). Seguem algumas consideradas mais significativas. Idiomáticamente, no uso diário, significa: "comercialização", mas também realização. Engloba todo o conjunto de atividades de planejamento, concepção e concretização, que visam a satisfação das necessidades dos clientes, presentes e futuras, através de produtos/serviços existentes ou novos. O Marketing identifica a necessidade e cria a oportunidade.
- *Payoffs* - *Payoff* é um termo bastante utilizado em Teoria da Decisão, Economia, Negócios e na Teoria dos Jogos. Seu significado remete à recompensa ou compensação, podendo esta ser monetária ou em termos de utilidade.
- *tradeoffs* - *Trade-off* ou *tradeoff* é uma expressão que define uma situação em que há conflito de escolha. Ele se caracteriza em uma ação econômica que visa à resolução de problema mas acarreta outro, obrigando uma escolha. Ocorre quando se abre mão de algum bem ou serviço distinto para se obter outro bem ou serviço distinto. Um *trade-off* se refere, geralmente, a perder uma qualidade ou aspecto de algo, mas ganhando em troca outra qualidade ou aspecto. Isso implica que uma decisão seja feita com completa compreensão tanto do lado bom, quanto do lado ruim de uma escolha em particular.

A.3 Lista de Termos em Língua Estrangeira e Abreviaturas do Capítulo 03

- *player* - Jargão mercadológico utilizado no mercado. Pode significar neste trabalho jogador, competidor ou adversário.
- *Marketshare* - *Market Share* (termo mais comum no Brasil), ou pela tradução literal do inglês "quota de mercado"(termo mais comum em Portugal) ou ainda fatia de mercado,

participação no mercado, porção no mercado etc. O termo em inglês tem a seguinte composição: *market* significa mercado e *share*, divisão ou quota. A expressão tem como tradução participação no mercado e designa a fatia de mercado detida por uma organização. Sua medida quantifica em porcentagem a quantidade do mercado dominado por uma empresa. Divide-se o número total de unidades que a empresa vendeu pelo total de unidades vendidas no segmento em que a empresa atua. O valor pode ser obtido ainda da divisão do valor total em vendas da empresa pelo valor total em vendas do segmento.

- CAPEX - É uma sigla derivada da expressão *Capital Expenditure*, que significa o capital utilizado para adquirir ou melhorar os bens físicos de uma empresa, tais como equipamentos, propriedades e imóveis.
- OPEX - É uma sigla derivada da expressão *Operational Expenditure*, que significa o capital utilizado para manter ou melhorar os bens físicos de uma empresa, tais como equipamentos, propriedades e imóveis. As despesas operacionais (muitas vezes abreviado a OPEX) são os preços contínuos para dirigir um produto, o negócio, ou o sistema.
- *Backbones* - No contexto de redes de computadores, o *backbone* (traduzindo para português, espinha dorsal) designa o esquema de ligações centrais de um sistema mais amplo, tipicamente de elevado desempenho.
- *Links* - No contexto deste trabalho são circuitos fim-a-fim que interligam o serviço do cliente até o centro da rede da operadora. Por exemplo, pode-se citar uma ligação telefônica de do município de Caruaru-PE até o município do Rio de Janeiro-RJ, onde o *link* passaria por diferentes enlaces com diferentes tecnologias, mas do ponto de vista lógico dentro da rede, seria o circuito fim-a-fim desta ligação telefônica.
- *Payback* - Significa Retorno do Investimento. É o tempo decorrido entre o investimento inicial e o momento no qual o lucro líquido acumulado se iguala ao valor desse investimento.
- OPGW (*Optical Ground Wire*)- Tecnologia de fibra óptica que faz uso das torres de alta tensão para instalação dos cabos. Tecnologia na qual o cabo de fibra óptica é instalado internamente ao cabo de proteção elétrica (cabo "Pára-Raio") nas torres das linhas de transmissão de energia elétrica em alta tensão. OPGW é o nome dado a este cabo Pára-Raio, contendo no seu interior o cabo de fibra óptica.
- WDM (*Wave Division Multiplex*) - Sistema de canalização em frequências (comprimentos de onda) óticas que permite a implantação de mais de uma portadora óptica em um enlace

de fibra óptica.

- SHF (*Super High Frequency*) - abreviatura de *Super High Frequency*, frequências entre 3GHz e 30GHz, utilizada tipicamente para comunicação digital de rádio-enlaces de alta capacidade.
- *Transponders* - Uma combinação de receptor, convertor de frequência e transmissor. Fisicamente, parte de um satélite de comunicação.
- *Payoffs* - *Payoff* é um termo bastante utilizado em Teoria da Decisão, Economia, Negócios e na Teoria dos Jogos. Seu significado remete à recompensa ou compensação, podendo esta ser monetária ou em termos de utilidade.
- *Shopping Center* - *Shopping center* (no Brasil, por vezes em Portugal) ou centro comercial (em Portugal, por vezes, no Brasil) é uma estrutura que contém estabelecimentos comerciais como lojas, lanchonetes, restaurantes, salas de cinema, playground, parques de diversão e estacionamento, caracterizado pelo seu fechamento em relação à cidade. É um espaço planejado sob uma administração centralizada, composto de lojas destinadas à exploração comercial e à prestação de serviços, sujeitas a normas contratuais padronizadas, para manter o equilíbrio da oferta e da funcionalidade, procurando assegurar convivência integrada. Os locatários pagam um valor em conformidade com um percentual do faturamento (5 a 9%) ou um valor mínimo básico estabelecido no contrato - o que for maior. O centro comercial, na maior parte das vezes, cobra por muitos serviços, como o estacionamento.
- MST - O Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra, também conhecido pela sigla MST, é um movimento social brasileiro de inspiração marxista, cujo objetivo é a realização da reforma agrária no Brasil. O MST teve origem na década de 1970. Defendem eles que a expansão da fronteira agrícola, os megaprojetos, dos quais as barragens são o exemplo típico - e a mecanização da agricultura contribuíram para eliminar as pequenas e médias lavouras e concentrar a propriedade da terra.
- PIB - Abreviatura para Produto Interno Bruto.
- *Status* - No contexto deste trabalho, significa estado.

A.4 Lista de Termos em Língua Estrangeira e Abreviaturas do Capítulo 04

- *Payoffs* - *Payoff* é um termo bastante utilizado em Teoria da Decisão, Economia, Negócios e na Teoria dos Jogos. Seu significado remete à recompensa ou compensação, podendo esta ser monetária ou em termos de utilidade.
- *Marketing* - *Marketing* tem muitas definições técnicas e até tentativas de tradução para o português como Mercadologia (RICHERS, 1986) ou "Mercância"(GRACIOSO, 1971). Seguem algumas consideradas mais significativas. Idiomáticamente, no uso diário, significa: "comercialização", mas também realização. Engloba todo o conjunto de atividades de planejamento, concepção e concretização, que visam a satisfação das necessidades dos clientes, presentes e futuras, através de produtos/serviços existentes ou novos. O *Marketing* identifica a necessidade e cria a oportunidade.
- MST - O Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra, também conhecido pela sigla MST, é um movimento social brasileiro de inspiração marxista, cujo objetivo é a realização da reforma agrária no Brasil. O MST teve origem na década de 1970. Defendem eles que a expansão da fronteira agrícola, os megaprojetos, dos quais as barragens são o exemplo típico - e a mecanização da agricultura contribuíram para eliminar as pequenas e médias lavouras e concentrar a propriedade da terra.
- *Status* - No contexto deste trabalho, significa estado.

A.5 Lista de Termos em Língua Estrangeira e Abreviaturas do Capítulo 05

- Intranet - Uma intranet é uma rede de computadores privada que assenta sobre a suite de protocolos da Internet. Conseqüentemente, todos os conceitos da última aplicam-se também numa intranet, como, por exemplo, o paradigma de cliente-servidor. Resumidamente, o conceito de intranet pode ser interpretado como "uma versão privada da Internet", ou uma mini-Internet confinada a uma organização.
- STFC - Abreviatura para Serviço Telefônico Fixo Comutado.
- *Payoffs* - *Payoff* é um termo bastante utilizado em Teoria da Decisão, Economia, Negócios e na Teoria dos Jogos. Seu significado remete à recompensa ou compensação, podendo esta

ser monetária ou em termos de utilidade.

- *Shopping Center - Shopping center* (no Brasil, por vezes em Portugal) ou centro comercial (em Portugal, por vezes, no Brasil) é uma estrutura que contém estabelecimentos comerciais como lojas, lanchonetes, restaurantes, salas de cinema, playground, parques de diversões e estacionamento, caracterizado pelo seu fechamento em relação à cidade. É um espaço planejado sob uma administração centralizada, composto de lojas destinadas à exploração comercial e à prestação de serviços, sujeitas a normas contratuais padronizadas, para manter o equilíbrio da oferta e da funcionalidade, procurando assegurar convivência integrada. Os locatários pagam um valor em conformidade com um percentual do faturamento (5 a 9%) ou um valor mínimo básico estabelecido no contrato - o que for maior. O centro comercial, na maior parte das vezes, cobra por muitos serviços, como o estacionamento.
- *Links* - No contexto deste trabalho são circuitos fim-a-fim que interligam o serviço do cliente até o centro da rede da operadora. Por exemplo, pode-se citar uma ligação telefônica de do município de Caruaru-PE até o município do Rio de Janeiro-RJ, onde o *link* passaria por diferentes enlaces com diferentes tecnologias, mas do ponto de vista lógico dentro da rede, seria o circuito fim-a-fim desta ligação telefônica.
- *Ranking* - É o processo de posicionamento de itens de estatísticas individuais, de grupos ou comerciais, na escala ordinal de números, em relação a outros.
- *Marketshare - Market Share* (termo mais comum no Brasil), ou pela tradução literal do inglês "quota de mercado"(termo mais comum em Portugal) ou ainda fatia de mercado, participação no mercado, porção no mercado etc. O termo em inglês tem a seguinte composição: *market* significa mercado e *share*, divisão ou quota. A expressão tem como tradução participação no mercado e designa a fatia de mercado detida por uma organização. Sua medida quantifica em porcentagem a quantidade do mercado dominado por uma empresa. Divide-se o número total de unidades que a empresa vendeu pelo total de unidades vendidas no segmento em que a empresa atua. O valor pode ser obtido ainda da divisão do valor total em vendas da empresa pelo valor total em vendas do segmento.
- PIB - Abreviatura para Produto Interno Bruto.

A.6 Lista de Termos em Língua Estrangeira e Abreviaturas do Capítulo 06

- *Feeling* - Significa uma análise com base na percepção, nos sentimentos ou até nos instintos.
- *Payoffs* - Payoff é um termo bastante utilizado em Teoria da Decisão, Economia, Negócios e na Teoria dos Jogos. Seu significado remete à recompensa ou compensação, podendo esta ser monetária ou em termos de utilidade.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)