



INSTITUTO SUPERIOR TÉCNICO
Universidade Técnica de Lisboa

Modelo em *System Dynamics* para a Simulação do impacto das políticas de regulação no sector da Distribuição Eléctrica

Alcídio Joaquim Alexandre da Silva

Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em
Engenharia e Gestão Industrial

Júri

Presidente: Prof. Dr. Luís António Tadeu dos Santos Almeida

Orientador: Prof. Dr. João Pedro Bettencourt de Melo Mendes

Vogais: Prof. Dr. José Manuel Costa Dias de Figueiredo

Setembro de 2008



Valorização da Energia não Fornecida

Alcídio Joaquim Alexandre da Silva

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar gostaria de agradecer a Deus por tudo que tem feito por mim ao longo da minha vida estudantil e social.

Ao Professor João Pedro Bettencourt de Melo Mendes pelo tempo que me dispensou para a realização deste trabalho, pelo seu apoio incondicional e pelas palavras de incentivo que me soube transmitir, os meus sinceros agradecimentos.

Os meus agradecimentos vão também para o Eng. Manuel Rodrigues da Costa e o Eng. Carlos Alberto Santos, pelo tempo que dispensaram para a discussão de alguns aspectos do trabalho e pela orientação que me souberam dar.

Aos meus pais, por me terem dado e ensinado os valores fundamentais que hoje direccionam a minha caminhada. Por me terem ensinado a cultivar a perseverança, a busca pelo conhecimento e a suportar as amarguras da vida. Que as suas almas descansem em paz.

Por último, gostaria de agradecer a todos meus colegas e amigos que de alguma maneira ou outra colaboraram na minha formação e neste trabalho.

RESUMO

O intuito da regulação da distribuição de energia eléctrica é mediar da melhor forma a relação entre os consumidores e a Entidade Distribuidora. Esta tarefa pressupõe o estabelecimento de limites máximos para o número e duração das interrupções de energia eléctrica, bem como compensações aos consumidores pela violação destes indicadores de qualidade de serviço.

Porém, se na procura deste equilíbrio forem excessivos os níveis de exigência fixados pela entidade reguladora (valores dos padrões de qualidade de serviço e valores das compensações aos consumidores por incumprimento) há consequências perniciosas. Uma possível é a distribuidora preferir compensar os clientes por falhas no fornecimento a empenhar-se em melhorar as condições da rede de distribuição., de acordo com as exigências do Regulamento da Qualidade do Serviço. A situação parece preocupante uma vez que o desembolso destes valores compromete em certa medida a capacidade financeira da empresa e, conseqüentemente, torna mais difícil fazer futuros investimentos em melhoria da qualidade do serviço.

Pretende-se com este trabalho apoiar a posição da EDP Distribuição, propondo argumentos que possam ser apresentados à entidade reguladora no sentido de esta escolher políticas de compensações melhores para todos. Para tal, construiu-se uma ferramenta que possibilita eventualmente apoiar a discussão com a entidade reguladora quanto aos efeitos das actuais políticas regulamentares no mercado de distribuição de electricidade, permitindo observar de uma forma transparente as consequências de haver ou não alteração no seu conteúdo. Esta tarefa passa pela elaboração de um modelo de simulação em *System Dynamics*, que permite descrever o comportamento e acompanhar a evolução das situações verificadas no mercado de distribuição de electricidade.

Palavras-chave: Continuidade do fornecimento, Qualidade de Serviço, Padrões de qualidade, Compensações aos consumidores, *System Dynamics*, Energia não Fornecida.

ABSTRACT

The intent of electric energy distribution regulation is to mediate the better relationship between consumers and Distributor. This task presupposes the establishment of maximum limits for the number and duration of electric energy interruptions, as well as compensation for consumers when these service quality indicators are violated.

However, if in search of the balance the demand levels set by the Regulatory Body are excessive (values for service quality standards and values for consumer compensation due to non-compliance) there are harmful consequences. One of them is the distributor to compensate customers for supply failures than to strive to improve distribution network conditions according to Service Quality Regulation demands. The situation is worrisome since disbursement of these values compromises somehow the company's financial capacity, and consequently makes future investment in service quality improvements more difficult.

This research builds a simulation model to eventually support EDP-Distribuição's position in the negotiation with the Regulatory Body in the sense of achieving better compensation policies for all. For such, a tool shall be constructed that permits to support and to discuss with the Regulatory Body the effects of current regulatory policies in the electricity distribution market. It shall also permit a transparent analysis of the consequences of amending its content or not. This task includes the elaboration of a simulation model in System Dynamics that permits describing the behaviour and accompanying the evolution of situations verified in the electricity distribution market.

Key-words: Supply continuity, Service quality, Quality standards, Consumer compensations, System Dynamics, Energy not supplied.

ÍNDICE

AGRADECIMENTOS	ii
RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
ÍNDICE	v
FIGURAS	vii
TABELAS	x
1. INTRODUÇÃO	1
2. DESCRIÇÃO DO CASO DE ESTUDO	3
2.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	3
2.2. A REGULAÇÃO DA CONTINUIDADE DO FORNECIMENTO EM PORTUGAL CONTINENTAL.....	6
2.3. O PROBLEMA.....	12
3. ENQUADRAMENTO DA ENVOLVENTE	16
3.1. O PROCESSO DE ELECTRIFICAÇÃO NACIONAL	16
3.1.1. A Proliferação de Pequenas Centrais	16
3.1.2. A Defesa de uma Rede Eléctrica Nacional	18
3.1.3. Conclusão.....	21
3.2. AS VÁRIAS ENTIDADES DO SECTOR ELÉCTRICO NACIONAL	22
4. ENQUADRAMENTO TEÓRICO	28
4.1. METODOLOGIA DE ABORDAGEM PROPOSTA PELA EDP- DISTRIBUIÇÃO	28
4.1.1. Limitações da abordagem proposta pela EDP Distribuição.....	30
4.1.2. Conclusão.....	32
4.2. PROPOSTA DE ABORDAGEM PELA TEORIA DA DINÂMICA DE SISTEMAS	32
4.2.1. Considerações Iniciais.....	32
4.2.2. Motivação do Emprego desta Metodologia.....	34
4.2.3. Conceito	35
4.2.4. Diagramas de Ciclo Causal.....	37
4.2.5. Diagramas de Níveis e Fluxos	38
4.2.6. Limitações da metodologia.....	40

5. DESENVOLVIMENTO DOS MODELOS	41
5.1. ARQUÉTIPOS DE SISTEMAS.....	41
5.2. O DIAGRAMA CAUSAL	43
5.3. DIAGRAMA DE NÍVEIS E FLUXOS.....	54
5.3.1. Painel de Controlo do Modelo	57
6. ANÁLISE DE POLÍTICAS.....	59
6.1. O ARQUÉTIPO “ <i>SHIFTING THE BURDEN</i> ”	59
6.2. POLÍTICAS EM ESTUDO	61
6.2.1. POLÍTICA 1: MANTENDO-SE A SITUAÇÃO ACTUAL	61
6.2.2. POLÍTICA 2: AUMENTANDO O VALOR DAS COMPENSAÇÕES	66
6.2.3. POLÍTICA 3: DIMINUINDO O VALOR DAS COMPENSAÇÕES.....	69
6.2.4. POLÍTICA 4: AUMENTANDO A TAXA DE REMUNERAÇÃO DO INVESTIMENTO.....	72
7. CONCLUSÃO.....	78
BIBLIOGRAFIA.....	80
Anexo 1 – Enunciado Original do Problema	82
Anexo 2 – Diagrama de Níveis e Fluxos (Modelo Global)	84
Anexo 3 – Equações dos Modelos	86

FIGURAS

FIGURA 1 - PERTURBAÇÕES NO FORNECIMENTO DE ENERGIA ELÉCTRICA.....	4
FIGURA 2 – EXPECTATIVAS DOS DIFERENTES GRUPOS DE INTERESSE NO MERCADO DE DISTRIBUIÇÃO DE ELECTRICIDADE (FONTE: <i>TAHVANAINEM</i> , 2005)	6
FIGURA 3 - NÚMERO DE INTERRUPÇÕES ACIDENTAIS POR CONSUMIDOR POR ANO, DESAGREGADAS POR ZONAS E POR NÍVEIS DE TENSÃO (FONTE: EDP DISTRIBUIÇÃO).....	14
FIGURA 4 - DURAÇÃO DAS INTERRUPÇÕES ACIDENTAIS POR CONSUMIDOR POR ANO, DESAGREGADAS POR ZONAS E POR NÍVEIS DE TENSÃO (FONTE: EDP DISTRIBUIÇÃO).....	14
FIGURA 5 – EVOLUÇÃO DAS COMPENSAÇÕES POR INCUMPRIMENTO DOS PADRÕES INDIVIDUAIS DE CONTINUIDADE DE SERVIÇO (FONTE: EDP DISTRIBUIÇÃO).....	15
FIGURA 6 – CONSUMO DE ENERGIA ELÉCTRICA PER CAPITA DE ALGUNS PAÍSES EUROPEUS, 1929 (FONTE: FARIA, 2003).....	18
FIGURA 7 - CONSUMO DE ENERGIA ELÉCTRICA PER CAPITA, DURANTE O ANO DE 1952 (FONTE: JORGE ALVES, 1999)	19
FIGURA 8 – EVOLUÇÃO DO NÚMERO DE CONSUMIDORES DE BAIXA TENSÃO (FONTE: JORGE ALVES, 1999).....	20
FIGURA 9 - MODELO DO SISTEMA ELÉCTRICO EM MONOPÓLIO	22
FIGURA 10 - MODELO DO SISTEMA ELÉCTRICO COM COMPRADOR ÚNICO.....	24
FIGURA 11 – NÍVEL ÓPTIMO DE FIABILIDADE	28
FIGURA 12 - EVOLUÇÃO DO INDICADOR DE CONTINUIDADE "SAIFI - NÚMERO DE INTERRUPÇÕES POR CLIENTE" (FONTE: CEER THIRD BENCHMARKING REPORT ON QUALITY ELECTRICITY SUPPLY, 2005).....	31
FIGURA 13 - EVOLUÇÃO DO INDICADOR DE CONTINUIDADE "SAIDI - TEMPO DE INTERRUPÇÃO POR CLIENTE" (FONTE: CEER THIRD BENCHMARKING REPORT ON QUALITY ELECTRICITY SUPPLY, 2005).....	32
FIGURA 14 - VISÃO ORIENTADA AOS EVENTOS (FONTE: <i>STERMAN</i> , 2000)	34
FIGURA 15 - DIAGRAMAS CAUSAIS.....	37
FIGURA 16 - DIAGRAMA DE NÍVEIS E FLUXOS	39
FIGURA 17 - ARQUÉTIPO " <i>SHIFTING THE BURDEN</i> " (FONTE: <i>SENGE</i> , 2006)	42
FIGURA 18 - COMPORTAMENTO DO ARQUÉTIPO " <i>SHIFTING THE BURDEN</i> " AO LONGO DO TEMPO (FONTE: BRAUN, 2002)	43
FIGURA 19 – OS NÍVEIS DE QUALIDADE DE SERVIÇO DOS DISTRIBUIDORES DOS PAÍSES DA UE OBRIGAM A EDP A ACTUAR SOBRE A QUALIDADE DE SERVIÇO NACIONAL.....	44
FIGURA 20 - A "OBRIGAÇÃO DE ACTUAR" PODE LEVAR A COMPENSAÇÕES MONETÁRIAS AOS CONSUMIDORES AFECTADOS POR NÍVEIS DE QUALIDADE INFERIOR.	45
FIGURA 21 - A "OBRIGAÇÃO DE ACTUAR" PODE LEVAR À EXECUÇÃO DE TRABALHOS PROGRAMADOS NA REDE DE DISTRIBUIÇÃO.....	46

FIGURA 22 - AS COMPENSAÇÕES AOS CONSUMIDORES ABSORVEM A CAPACIDADE DE INVESTIMENTO QUE DIFICULTAM O ESFORÇO DE INVESTIMENTO.	47
FIGURA 23 - OS TRABALHOS PROGRAMADOS INFLUENCIAM A QUALIDADE DE SERVIÇO PRESTADO PELA EDP DISTRIBUIÇÃO.....	48
FIGURA 24 – AS INTERRUPÇÕES PREVISTAS PREJUDICAM DE IMEDIATO A QUALIDADE DE SERVIÇO DA EDP.....	49
FIGURA 25 - AS INTERRUPÇÕES ACIDENTAIS E O ESFORÇO DE INVESTIMENTO RETIRAM CAPACIDADE DE INVESTIMENTOS À EMPRESA.....	50
FIGURA 26 – O NÍVEL DE QUALIDADE DE SERVIÇO ALTERA A CAPACIDADE DE INVESTIMENTOS, VIA FUNDO DE INVESTIMENTO EM MELHORIA.....	51
FIGURA 27 - A TAXA DE REMUNERAÇÃO DO INVESTIMENTO AUMENTA A CAPACIDADE DE INVESTIMENTO	52
FIGURA 28 - MODELO FINAL	53
FIGURA 29 – PARTE DO DIAGRAMA DE NÍVEIS E FLUXOS QUE MOSTRA O ARQUÉTIPO " <i>SHIFTING THE BURDEN</i> "	54
FIGURA 30 - PAINEL DE CONTROLO	58
FIGURA 31 - COMPORTAMENTO DA QUALIDADE DE SERVIÇO.....	59
FIGURA 32 - COMPORTAMENTO DA OBRIGAÇÃO DE ACTUAR	60
FIGURA 33 - COMPORTAMENTO DA CAPACIDADE DE INVESTIMENTO	61
FIGURA 34 - COMPORTAMENTO DA QUALIDADE DE SERVIÇO (POLÍTICA 1).....	62
FIGURA 35 - COMPORTAMENTO DA CAPACIDADE DE INVESTIMENTO (POLÍTICA 1)	63
FIGURA 36 - COMPORTAMENTO DO ESFORÇO DE INVESTIMENTO EM MELHORIA VS. INVESTIMENTO NECESSÁRIO (POLÍTICA 1)	63
FIGURA 37 - COMPORTAMENTO DAS COMPENSAÇÕES (POLÍTICA 1)	64
FIGURA 38 - COMPORTAMENTO DA QUALIDADE DE SERVIÇO (POLÍTICA 1).....	65
FIGURA 39 - COMPORTAMENTO DA QUALIDADE DE SERVIÇO (POLÍTICA 2).....	66
FIGURA 40 - COMPORTAMENTO DAS COMPENSAÇÕES (POLÍTICA 2)	67
FIGURA 41 - COMPORTAMENTO DA CAPACIDADE DE INVESTIMENTO	67
FIGURA 42 - COMPORTAMENTO DO ESFORÇO DE INVESTIMENTO EM MELHORIA VS. INVESTIMENTO NECESSÁRIO (POLÍTICA 2)	68
FIGURA 43 - COMPORTAMENTO DA QUALIDADE DE SERVIÇO (POLÍTICA 2).....	68
FIGURA 44 - COMPORTAMENTO DA QUALIDADE DE SERVIÇO (POLÍTICA 3).....	69
FIGURA 45 - COMPORTAMENTO DAS COMPENSAÇÕES (POLÍTICA 3)	70
FIGURA 46 - COMPORTAMENTO DA CAPACIDADE DE INVESTIMENTO (POLÍTICA 3)	70
FIGURA 47 - COMPORTAMENTO DO ESFORÇO DE INVESTIMENTO EM MELHORIA VS. INVESTIMENTO NECESSÁRIO (POLÍTICA 3)	71
FIGURA 48 - COMPORTAMENTO DA QUALIDADE DE SERVIÇO (POLÍTICA 3).....	71
FIGURA 49 - COMPORTAMENTO DA CAPACIDADE DE INVESTIMENTO (SEM PAGAMENTO DE COMPENSAÇÕES)	72
FIGURA 50 - COMPORTAMENTO DAS RECEITAS (POLÍTICA 1 – POLÍTICA 3)	73

FIGURA 51 - COMPORTAMENTO DA ATRACTIVIDADE DE INVESTIMENTOS (POLÍTICA 1 – POLÍTICA 3) ...	73
FIGURA 52 - COMPORTAMENTO DAS RECEITAS (POLÍTICA 4)	75
FIGURA 53 - COMPORTAMENTO DA CAPACIDADE DE INVESTIMENTO (POLÍTICA 4)	75
FIGURA 54 – COMPORTAMENTO DO ESFORÇO EM MELHORIA VS. INVESTIMENTO NECESSÁRIO (POLÍTICA 4).....	76
FIGURA 55 - COMPORTAMENTO DA QUALIDADE DE SERVIÇO (POLÍTICA 4).....	76
FIGURA 56 - COMPORTAMENTO DA QUALIDADE DE SERVIÇO (POLÍTICA 4).....	77
FIGURA 57 – COMPORTAMENTO DO ESFORÇO EM MELHORIA VS. INVESTIMENTO NECESSÁRIO (POLÍTICA 4)	77

TABELAS

TABELA 1 – DEFINIÇÃO DAS ZONAS GEOGRÁFICAS	9
TABELA 2 – EVOLUÇÃO DOS PADRÕES DOS INDICADORES GERAIS DE CONTINUIDADE DE SERVIÇO	9
TABELA 3 – EVOLUÇÃO DOS PADRÕES DOS INDICADORES INDIVIDUAIS DE CONTINUIDADE	10
TABELA 4 - CENTRAIS ELÉCTRICAS EM PORTUGAL, 1928	17
TABELA 5 - EVOLUÇÃO DA REDE DE ALTA TENSÃO (KM)	20
TABELA 6 - AGENTES ECONÓMICOS DO SEM (FONTE: EDP)	27
TABELA 7 - CONFIGURAÇÃO DO PAINEL DE CONTROLO PARA O " <i>SHIFTING THE BURDEN</i> "	59
TABELA 8 - CONFIGURAÇÃO DO PAINEL DE CONTROLO (POLÍTICA 1).....	62
TABELA 9 - CONFIGURAÇÃO DO PAINEL DE CONTROLO (POLÍTICA 2).....	66
TABELA 10 - CONFIGURAÇÃO DO PAINEL DE CONTROLO (POLÍTICA 3).....	69
TABELA 11 – CONFIGURAÇÃO DO PAINEL DE CONTROLO (POLÍTICA 4).....	74

1. INTRODUÇÃO

Este trabalho surgiu de uma solicitação da EDP Distribuição. Pretendia-se estudar se a Entidade Reguladora do Sector Eléctrico estava a fixar políticas de regulação demasiado exigentes para a promoção de níveis adequados de Qualidade de Serviço, relativamente à actividade de Distribuição de Energia Eléctrica.

Foi então proposta pela EDP Distribuição uma determinada metodologia de abordagem do caso. Entendemos, para efeitos académicos, em vez de usar essa metodologia, optar pela criação de um modelo de simulação.

Propõe-se neste trabalho uma metodologia que não segue as mesmas linhas que a proposta pela EDP Distribuição mas que de certo modo serve para os mesmos resultados – chamar a atenção ao regulador para os efeitos das actuais políticas de regulação. De modo geral, pretende-se construir uma ferramenta que sirva de apoio à negociação, entre a EDP Distribuição e a Entidade Reguladora, sobre as políticas mais favoráveis às duas partes.

Tenciona-se assim elaborar um modelo de simulação em *System Dynamics*, que mostre a evolução dos indicadores de desempenho de distribuição de electricidade, na eventualidade de se manter a actual política de compensações. Posteriormente, utilizando o modelo, pretende-se mostrar como diferentes valores dos factores de compensação permitem salvaguardar a capacidade de investimento da EDP Distribuição e, a prazo, melhorar o grau de convergência para padrões de qualidade europeus.

A dissertação está organizada em 7 capítulos:

- **Capítulo 1:** definem-se os objectivos e o âmbito da dissertação. Faz-se um resumo do conteúdo de todos os capítulos do trabalho.
- **Capítulo 2:** descreve-se de forma sucinta o caso em estudo, começando por algumas considerações iniciais, como o porquê da regulação da actividade de Distribuição de Energia. Em seguida mostram-se os aspectos da Regulação desta actividade e por fim apresenta-se o problema.
- **Capítulo 3:** faz-se um enquadramento teórico das razões que estiveram por trás dos baixos níveis de Qualidade de serviço que se têm registado no mercado de Distribuição de Energia Eléctrica nacional e também apresenta-se os aspectos da organização do sector eléctrico nacional.

- **Capítulo 4:** apresenta-se a metodologia sugerida pela EDP Distribuição e as razões que levaram à sua rejeição. Faz-se a Justificação da “nova” metodologia utilizada e descrevem-se os conceitos.
- **Capítulo 5:** neste capítulo descreve-se detalhadamente o desenvolvimento da estrutura dos modelos e as ferramentas computacionais utilizadas.
- **Capítulo 6:** Apresentam-se as opções de políticas de regulação, os resultados das análises efectuadas com o modelo e faz-se uma discussão dos resultados.
- **Capítulo 7:** Neste capítulo apresentam-se as conclusões finais do trabalho e os trabalhos futuros que se poderão desenvolver.

2. DESCRIÇÃO DO CASO DE ESTUDO

2.1. CONSIDERAÇÕES INICIAIS

As sociedades modernas estão cada vez mais dependentes do consumo de energia eléctrica para o seu contínuo desenvolvimento e bem-estar dos seus habitantes. Com o desenvolvimento tecnológico, tem sido crescente o nível de serviço a que os consumidores de energia eléctrica estão acostumados. Por outro lado, com a globalização dos mercados, a concorrência entre as empresas tornou-se muito agressiva, levando-as tendencialmente a funcionar no nível óptimo com lucros marginais. Entretanto, existem processos industriais que seriam gravemente afectados caso houvesse uma interrupção no fornecimento de energia eléctrica, o que se traduziria posteriormente em prejuízos e conseqüentemente numa desvantagem competitiva para as empresas afectadas. Todos estes aspectos evidenciam da parte dos consumidores maiores preocupações e exigências quanto aos níveis de qualidade da energia eléctrica distribuída pelo que, idealmente, o fornecimento de energia eléctrica deve ser contínuo.

No entanto, não é possível garantir um fornecimento de energia eléctrica em 100% do tempo, na medida em que uma rede eléctrica nacional é constituída por milhares de quilómetros de cabos de transporte e distribuição de energia eléctrica – desde as centrais de produção de energia eléctrica, em média muito distantes dos focos de consumo, até ao consumidor final. Entretanto, a cada unidade de comprimento de linha de transporte/distribuição de energia está associada uma taxa de incidentes¹, devido a exposição às acções provocadas pelos fenómenos ambientais naturais ou das agressões físicas provocadas por animais, acidentes, erros humanos, etc. (como se pode observar na Figura 1), que actuando de forma directa (pelo corte imediato da linha) ou indirecta (provocando a degradação do material), ocasionam falhas no fornecimento de energia.

¹ Incidente é qualquer acontecimento ou fenómeno de carácter imprevisto que provoque a desconexão, momentânea ou prolongada, de um ou mais elementos da rede, podendo originar uma ou mais interrupções de serviço, quer do elemento inicialmente afectado, quer de outro elemento da rede.

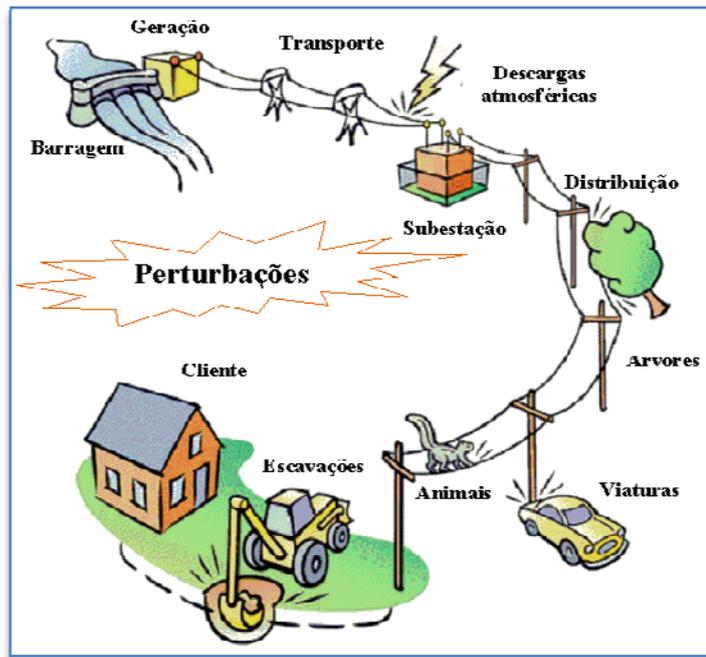


Figura 1 - Perturbações no fornecimento de energia eléctrica

A constituição de grupos geradores com sistemas de UPS (*Uninterruptible Power Supply*) que garantem a ininterruptibilidade no fornecimento de energia eléctrica durante um período de manutenção da rede (não existindo outro recurso alternativo de reposição do serviço), ou durante o período em que se registar uma falha esporádica no fornecimento normal de energia, exige investimentos avultados de natureza técnica e financeira, tanto para a sua implementação quanto para a manutenção. Portanto, a perda de facturação e os custos incorridos pelos consumidores pelo não fornecimento de energia nas situações referidas não seriam suficientes para cobrir estes investimentos.

Todos estes aspectos fazem com que inevitavelmente o sistema eléctrico experimente interrupções no fornecimento de energia eléctrica ao longo do tempo.

Uma interrupção no fornecimento de energia eléctrica induz prejuízos nos consumidores atingidos e no distribuidor de energia eléctrica.

O custo da interrupção na óptica do consumidor está relacionado com a natureza e o grau de dependência que as actividades interrompidas têm do fornecimento da energia eléctrica. Esta dependência, por sua vez, é uma função de ambas as características – do consumidor e da interrupção(1),(2), (3). As características do consumidor incluem o tipo de consumidor (residencial, comercial ou industrial), a natureza das actividades do consumidor, tamanho das operações e outros dados demográficos, a procura e a energia necessária, a dependência energética em função do período do dia, etc. As características da interrupção incluem a duração, frequência, e o período da ocorrência das interrupções; se a interrupção é

total ou parcial; e se o distribuidor emitiu um aviso prévio acerca da interrupção e da respectiva duração. Nos consumidores comerciais e industriais estes custos incluem perdas de produção, menor utilização dos factores de produção fixos, custos de capital parado (incluindo matéria-prima), custos de reinício de processos (indústrias cimenteiras, químicas, etc.); e para os consumidores no geral, deterioração de alimentos ou matéria-prima, avaria de equipamentos, custos associados a saúde e a segurança, inconveniência devido a carência de transportes, perda do tempo de lazer, sujeição dos consumidores às temperaturas indesejáveis no interior dos edifícios, impossibilidade de ver TV, cozinhar, etc.

No distribuidor, os prejuízos decorrentes do não fornecimento de energia correspondem à redução dos resultados da empresa. Esta redução pode estar associada a incapacidade de cobrança do valor da energia que se iria consumir durante o período em que se registar uma avaria, ou ainda às manobras efectuadas no sentido de solucionar rapidamente o problema, onde a pressão imposta pela escassez do tempo de resolução do problema muitas vezes inviabiliza qualquer processo de minimização de custos.

Tendo em atenção as consequências negativas que uma interrupção no fornecimento de energia eléctrica pode causar nos consumidores e no distribuidor, para reduzir a probabilidade de ocorrência destas interrupções e o tempo de reposição do serviço quando se verifica uma interrupção é necessário mobilizar recursos, nomeadamente financeiros e humanos, para investir ou manter as instalações.

Assim, tem sido imprescindível para a EDP Distribuição proceder a um balanço entre os recursos necessários para uma redução das interrupções (energia não distribuída) e os prejuízos decorrentes das interrupções de forma a garantir uma utilização adequada dos recursos.

No entanto, como a distribuição de energia eléctrica é um monopólio natural, para impedir que a Companhia Distribuidora (EDP Distribuição) livremente actuasse com níveis de qualidade e de custos que podiam não coincidir com o óptimo social, e para incentivar a empresa de distribuição a tomar em consideração particularmente no balanço que faz não apenas prejuízos da empresa mas também prejuízos dos consumidores, a DGEG² juntamente com a ERSE³, como órgãos do Estado, intervêm em defesa do consumidor, regulando a qualidade de serviço da actividade de distribuição de energia eléctrica. Para o efeito, foi elaborado um Regulamento da Qualidade de Serviço (RQS), cuja fiscalização do seu cumprimento ficou a cargo da ERSE.

Teoricamente, o propósito da regulação da qualidade de serviço é o de assegurar que o desenvolvimento e a operação da rede eléctrica de distribuição sejam focados nos objectivos mais racionais do ponto de vista socioeconómico, uma vez que, como indicado na Figura 2, os

² Direcção-Geral de Energia e Geologia.

³ Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos

diferentes grupos de interesse no mercado de distribuição de electricidade têm objectivos diferentes, o que leva a uma divergência na valorização que estes atribuem a qualidade do serviço a fornecer(4).

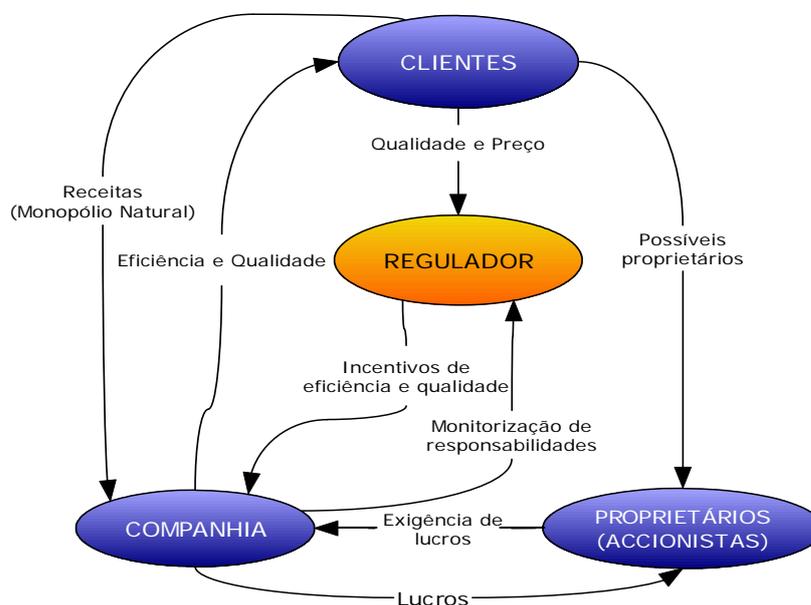


Figura 2 – Expectativas dos diferentes grupos de interesse no mercado de distribuição de electricidade (Fonte: Tahvanainen, 2005)

2.2. A REGULAÇÃO DA CONTINUIDADE DO FORNECIMENTO EM PORTUGAL CONTINENTAL

Entre os aspectos da qualidade de serviço destaca-se a continuidade do fornecimento, que expressa o grau de disponibilidade do serviço prestado pela companhia de distribuição eléctrica. Para a Entidade Reguladora, o mais importante é a capacidade da rede suprir continuamente a procura de energia eléctrica sem interrupções (ou pelo menos com um número de interrupções estritamente necessário). Neste sentido, a Entidade Reguladora associou a continuidade do fornecimento do serviço com o número e a duração das interrupções que ocorrem no sistema eléctrico. A duração da interrupção relaciona-se com a gestão do sistema, i.e., com as acções e os recursos disponíveis para restabelecer o serviço. Por sua vez, a frequência das interrupções reflecte a fragilidade do sistema face ao meio ambiente, a topologia da rede e o envelhecimento ou falta de manutenção adequada.

Para regular a continuidade do fornecimento do serviço, o Regulador preestabeleceu no RQS valores limites superiores para o número e a duração das interrupções que podem

ocorrer no sistema⁴, denominados padrões de continuidade. A regulação consiste na comparação destes padrões com os valores que ocorrem realmente no sistema. Para isso a EDP foi obrigada a monitorizar estes dois indicadores: caso os indicadores apurados ultrapassem os níveis toleráveis predefinidos, a companhia distribuidora fica sujeita a penalizações. Estas penalizações devem traduzir os impactos negativos nos consumidores, permitindo uma internalização pela EDP dos prejuízos sofridos por eles.

Para um melhor controlo do desempenho da actividade do distribuidor foram definidos dois grupos de indicadores de continuidade do fornecimento: os indicadores individuais (*guaranteed standards*) e os indicadores gerais (*overall standards*).

Os indicadores individuais têm por objectivo garantir pelo menos o mínimo de continuidade a cada unidade consumidora ou ponto de entrega⁵. São constituídos pelos itens frequência (número) e duração total das interrupções.

Os indicadores gerais visam controlar o desempenho médio da companhia distribuidora, i.e., do conjunto de pontos de entrega. São constituídos pelos itens SAIFI⁶, SAIDI⁷ e TIEPI⁸, apresentados a seguir:

$$SAIFI = \frac{\sum_{i=1}^n Ca(i)}{Cs} \quad (1)$$

$$SAIDI = \frac{\sum_{i=1}^n Ca(i) \cdot t(i)}{Cs} \quad (2)$$

$$TIEPI = \frac{\sum_{i=1}^n Pinst(i) \cdot t(i)}{Pinst_total} \quad (3)$$

Onde n é o total de interrupções observadas durante o período de análise⁹, $Ca(i)$ é o número de consumidores atingidos pela interrupção i , $t(i)$ é a duração da interrupção i , Cs é o total de consumidores na área avaliada, $Pinst$ é a potência instalada nos postos de transformação de serviço público e particular atingidos pela interrupção i , $Pinst_total$ é a

⁴ Para efeito de regulação da continuidade do serviço foram consideradas apenas as interrupções longas, iguais ou superiores a 3 minutos (Norma Europeia EN NP 50160).

⁵ Ponto da rede onde se faz a entrega de energia eléctrica à instalação do cliente ou a outra rede.

⁶ *System Average Interruption Frequency Index*.

⁷ *System Average Interruption Duration Index*.

⁸ Tempo de Interrupção Equivalente da Potência Instalada. Este indicador é determinado apenas nas redes de média tensão.

⁹ Período durante o qual se avaliam os indicadores, que normalmente é de um ano.

potência total instalada em todos os postos de transformação públicos e particulares da rede de distribuição da área avaliada.

O SAIFI exprime o número de interrupções que em média cada consumidor sofreu durante o período de análise; o SAIDI exprime o intervalo de tempo que em média cada consumidor ficou privado do fornecimento de energia durante o período de análise e o TIEPI, por sua vez, exprime o intervalo de tempo que em média a potência instalada nos postos de transformação de serviço público e particular não foi entregue aos consumidores.

O não atendimento dos padrões individuais resulta em pagamentos compensatórios aos consumidores afectados, enquanto o atendimento ou não dos padrões gerais resulta numa bonificação para a companhia distribuidora ou numa multa a ser paga à entidade reguladora.

Com o objectivo de fixação de metas mais próximas das necessidades dos diferentes grupos de consumidores, compatíveis com as características das redes que os servem, o regulador estabeleceu padrões de continuidade de serviço diferenciados por nível de tensão¹⁰ e por região geográfica. As tensões contratadas foram classificadas em 4 níveis: Muito alta tensão (MAT) – correspondente a valores de tensão superiores a 110 kV; Alta tensão (AT) – Correspondente a valores de tensão superiores a 45 kV e inferiores ou iguais a 110 kV; Média tensão (MT) – Correspondente a valores de tensão superiores a 1kV e inferiores ou iguais a 45 kV; e Baixa tensão (BT) – Correspondente a valores de tensão inferiores ou iguais a 1kV. As regiões geográficas foram classificadas em três zonas (Zona A, Zona B e Zona C), sendo que os padrões mais exigentes correspondem à Zona A e os menos exigentes à Zona C.

Após a publicação do primeiro RQS, pelo despacho nº 12 917-A/2000 (2ª série) de 23 de Junho de 2000, a entidade reguladora julgou estarem reunidas condições para proceder à sua revisão, consagrando níveis de exigência superiores e maior clareza, designadamente ao nível da definição das zonas geográficas, dos padrões de qualidade e dos mecanismos compensatórios devidos por incumprimento daqueles padrões. Actualmente, o RQS conta já duas revisões.

A definição e alterações das zonas geográficas constam da Tabela 1. Nota-se nesta tabela que, com a publicação do RQS de 2003, houve um alargamento das zonas onde os padrões de qualidade de serviço são mais exigentes.

¹⁰ Relativamente aos indicadores gerais, foram definidos padrões de continuidade apenas para as redes em MT e BT. O TIEPI particularmente só é calculado para as redes em MT.

Tabela 1 – Definição das zonas geográficas

		RQS 2000 (Despacho nº 12917-A/2000)	RQS 2003 (Despacho nº 2410-A/2003)
ZONAS	A	Localidades com mais de 25.000 clientes.	Todas as capitais de distritos e localidades com mais de 25.000 clientes.
	B	Localidades com um número de clientes compreendido entre 5.000 e 25.000.	Localidades com um número de clientes compreendido entre 2.500 e 25.000.
	C	Os restantes locais.	Os restantes locais

Fonte: ERSE - RQS

Quanto aos padrões de qualidade de serviço, os valores inicialmente publicados para os indicadores de continuidade geral e individual de serviço técnico sofrem já algumas alterações, conferindo maiores exigências para as zonas onde estes eram considerados menores, principalmente para a Zona B e Zona C das redes em MT e BT, como se pode observar na Tabela 2 e na Tabela 3.

Tabela 2 – Evolução dos Padrões dos Indicadores Gerais de Continuidade de Serviço

Indicadores	Tensão	Zonas Geográficas	RQS 2000	RQS 2003	RQS 2006
TIEPI (horas)	MT	A	3	2	2
		B	6	4	4
		C	24	12	10
SAIFI	MT	A	4	3	3
		B	7	6	6
		C	10	9	8
	BT	A	4	3	3
		B	7	6	6
		C	10	9	8
SAIDI (horas)	MT	A	3	3	3
		B	6	5	5
		C	18	12	10
	BT	A	6	4	4
		B	10	8	7
		C	22	14	12

Fonte: ERSE - RQS

Tabela 3 – Evolução dos Padrões dos Indicadores Individuais de Continuidade

Indicadores	Tensão	Zonas Geográficas	RQS 2000	RQS 2003	RQS 2006
Número de interrupções por ano	MAT	A	**	3	3
		B			
		C			
	AT	A	**	8	8
		B			
		C			
	MT	A	8	8	8
		B	20	18	16
		C	40	30	25
	BT	A	12	12	12
		B	26	23	21
		C	46	36	30
Duração total das interrupções (horas/ano) *	MAT	A	**	45	45
		B			
		C			
	AT	A	**	4	4
		B			
		C			
	MT	A	4	4	4
		B	8	8	8
		C	20	16	16
	BT	A	6	6	6
		B	10	10	10
		C	25	20	20

Fonte: ERSE - RQS

* - Com excepção da rede em MAT, cujo valor é apresentado em minutos por ano.

** - O RQS definia nesta altura padrões individuais de continuidade de serviço apenas para as redes em MT e BT.

Foi ainda introduzido, na revisão do RQS de 2000 para o RQS de 2003, o seguinte conjunto de alterações:

- O pagamento de compensações aos clientes, devidas por incumprimento do RQS, deixou de ser efectuado a pedido destes, consagrando-se o princípio de pagamento automático por crédito na factura;

- Os valores pecuniários a pagar aos clientes por incumprimento de padrões foram, em média, aumentados, sinalizando de forma mais significativa o incumprimento dos padrões;
- As compensações de valor até 2,5 € para os consumidores alimentados em BT e 5 € para os restantes consumidores, não sendo liquidadas, dados os custos administrativos e de processamento que envolvem, revertem para um fundo de investimento destinado ao reforço dos programas de melhoramentos da infra-estrutura dirigido às zonas mais afectadas.

Os indicadores gerais SAIFI e SAIDI servem apenas para avaliar o desempenho da companhia distribuidora. Por sua vez, obedecer aos padrões do indicador geral TIEPI resulta numa bonificação para a companhia distribuidora e não obedecer resulta numa penalização. Esta penalização/bonificação é estabelecida quando a END¹¹ anual se encontrar acima ou abaixo do valor do TIEPI:

$$END = \frac{TIEPI \times EF}{T} \quad (4)$$

Onde:

EF – energia fornecida à rede de MT do operador da rede de distribuição, em MWh;

T – Número de horas do ano.

A violação do indicador END implica o pagamento de uma multa à ERSE no valor de 1,5€ por cada kWh de energia não distribuída. Esta situação ocorre sempre que o valor da END avaliado na rede durante um intervalo de tempo vai além do valor dado pelo TIEPI. O valor total a pagar pode atingir os 5.000.000€

Quanto a violação dos padrões individuais, o valor de compensação a pagar aos consumidores depende do nível de tensão no qual se situa a instalação consumidora. Os clientes ligados a níveis de tensão superiores têm direito a compensações superiores.

Relativamente ao incumprimento do número de interrupções, o valor da compensação é calculado da seguinte forma:

$$CN = (NI - NIP) \times FC \quad (5)$$

Onde:

CN – valor da compensação;

NI – número de interrupções;

NIP – valor padrão do número de interrupções;

¹¹ Energia Não Distribuída (em MWh) – corresponde ao valor estimado da energia não fornecida nos pontos de entrega devido a interrupções de fornecimento de energia.

FC – Factor de compensação do número de interrupções, actualmente com os seguintes valores:

1€, para os clientes em BT, com uma potência contratada igual ou inferior a 20,7 kVA;

5€, para os restantes clientes em BT;

20€, para os clientes em MT;

100€, para os clientes em AT e MAT.

No caso do incumprimento da duração total das interrupções, o valor é calculado da seguinte forma:

$$CD = (DI-DIP) \times PC \times KC \quad (6)$$

Onde:

CD – valor da compensação;

DI – duração total, em horas, das interrupções, no ponto de entrega a clientes;

DIP – valor padrão, em horas, da duração das interrupções acidentais;

PC – valor médio da potência contratada durante o último ano civil, em kW;

KC – Factor de compensação da duração das interrupções, actualmente com os seguintes valores:

0,365€/kWh, para clientes em BT, com uma potência contratada igual ou inferior a 41,4 kVA;

0,313€/kWh, para os restantes clientes em BT;

0,293€/kWh, para clientes em MT;

0,167€/kWh, para clientes em AT e MAT.

2.3. O PROBLEMA

A EDP Distribuição tem-se mostrado preocupada com as políticas fixadas pela entidade reguladora; Pois tem tido sérias dificuldades quanto a utilização adequada dos seus recursos disponíveis para a melhoria das condições da rede de distribuição, de acordo às exigências de cumprimento dos padrões individuais e não descarta inclusive a hipótese das actuais exigências conferirem já, para muitas zonas da rede, um nível de fiabilidade de serviço superior ao valor óptimo¹², pelos desproporcionados investimentos relacionados.

Sendo assim, pelas características e condições das redes de distribuição de determinadas zonas do sistema eléctrico nacional, os padrões exigidos contrastam de tal forma com os indicadores de qualidade que daí se podem obter que, em muitos casos, a EDP-

¹² Valor do nível de serviço compatível com as condições da rede e com o tipo de consumidores.

Distribuição sente-se mais obrigada a compensar os clientes pelas falhas que possam eventualmente surgir no fornecimento do serviço, do que empenhar-se em melhorar as condições da rede de distribuição de acordo às exigências do RQS. A razão desta atitude é que as estratégias de melhoria de qualidade, de forma a satisfazer os padrões individuais de continuidade do serviço, são frequentemente inviabilizadas pelos elevados investimentos que lhes estão associados(5).

O peso destes investimentos não está associado apenas aos valores que devem ser despendidos em acções de mudanças de estrutura da rede, como é o caso por exemplo da conversão de redes aéreas em subterrâneas ou a utilização de condutores cobertos em linhas aéreas para a diminuição do número das interrupções. Mas está associado também às acções tomadas de forma contínua para manter o nível de qualidade alto suficiente. Fazem parte deste grupo, o reforço das estratégias de manutenção preventiva para a diminuição do número de interrupções que passam por exemplo pela inspecção periódica visual ou termográfica (por meio de helicópteros) das infra-estruturas eléctricas, ou a constituição e manutenção de equipas mais qualificadas e dinâmicas de intervenção em avarias, com meios de operação tecnologicamente mais avançados, para uma redução do tempo das interrupções. Entretanto, quando comparados estes custos de investimentos com a capacidade financeira da empresa para lidar com os mesmos, não resta outra solução ao distribuidor se não fazer os investimentos que consegue fazer e compensar os consumidores afectados pelas falhas que surgirem no fornecimento de energia eléctrica.

Deste modo, quando olhamos para a Figura 3 e Figura 4 que apresentam, respectivamente, o número e a duração de interrupções acidentais sofridas por cada consumidor num determinado ano, desagregadas por tipos de zona e níveis de tensão, mostram haver um abrandamento na redução destes indicadores de qualidade de serviço, sobretudo a partir de 2005. É notável, inclusive, para a Zona C (que corresponde a Zona de menor exigências em termos de qualidade de serviço) um ligeiro agravamento destes indicadores, mas o agravamento deveu-se tão-somente porque neste ano as condições meteorológicas foram piores.

Os argumentos apresentados pela EDP Distribuição pelo comportamento dos indicadores foram que, pelo facto dos mesmos sofrerem um abrandamento nos últimos anos significa que o distribuidor está a fazer um esforço de investimento de forma sustentada, tendo em atenção as suas disponibilidades financeiras.

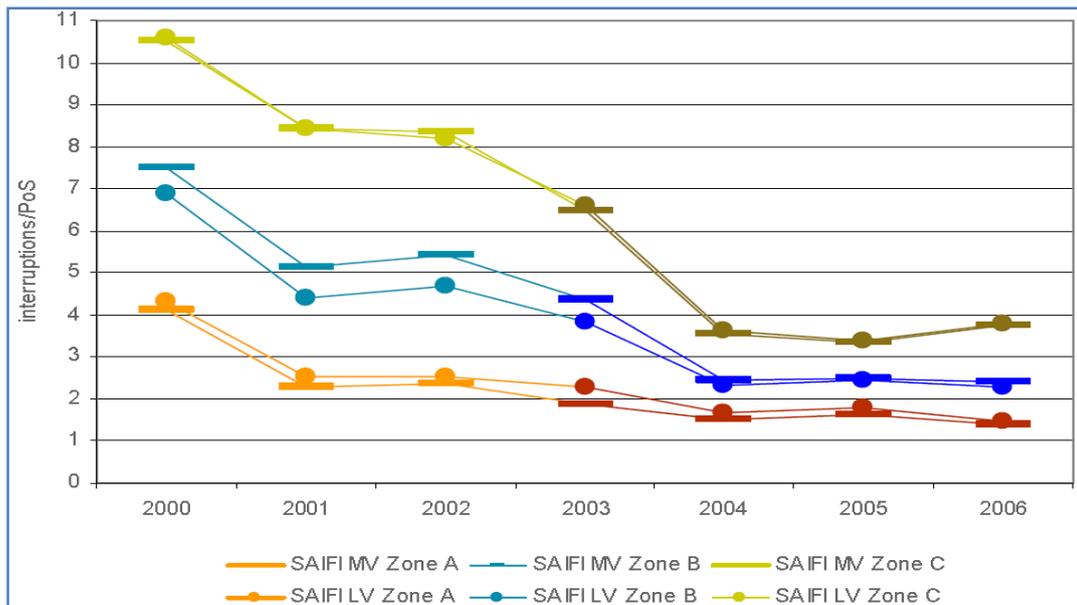


Figura 3 - Número de interrupções acidentais por consumidor por ano, desagregadas por zonas e por níveis de tensão (Fonte: EDP Distribuição)

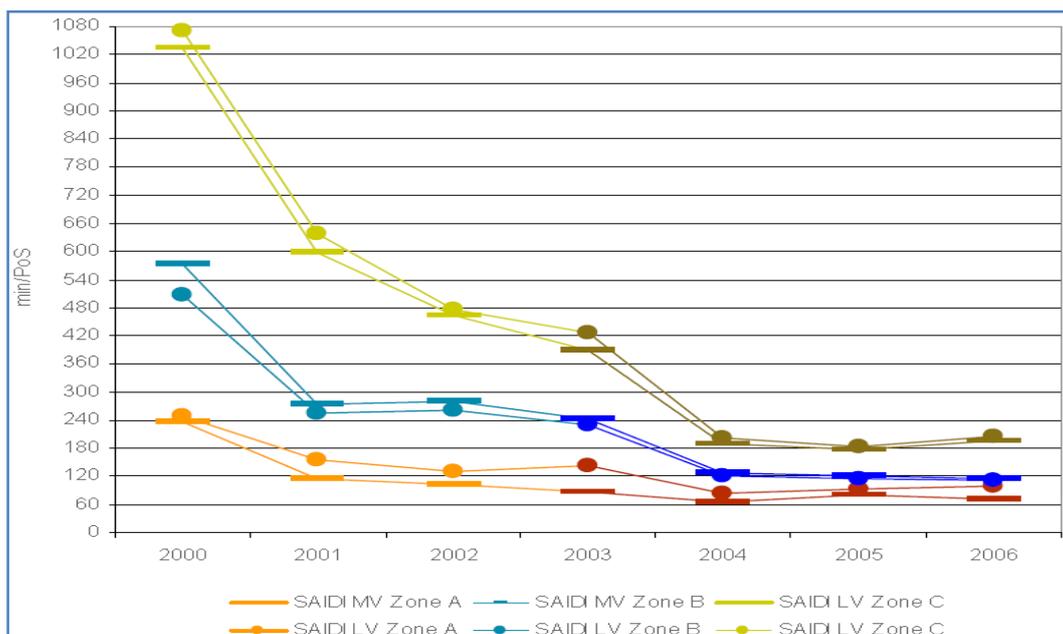


Figura 4 - Duração das interrupções acidentais por consumidor por ano, desagregadas por zonas e por níveis de tensão (Fonte: EDP Distribuição)

Contudo, os investimentos em melhoria de qualidade não estão a ser suficientes para cobrir as exigências cada vez mais ajustadas do regulador, e com o passar dos anos, as compensações aos consumidores por incumprimento dos padrões têm evoluído para valores cada vez mais elevados, chegando a atingir no ano de 2006 um valor superior a um milhão de euros, como se pode observar na Figura 5.

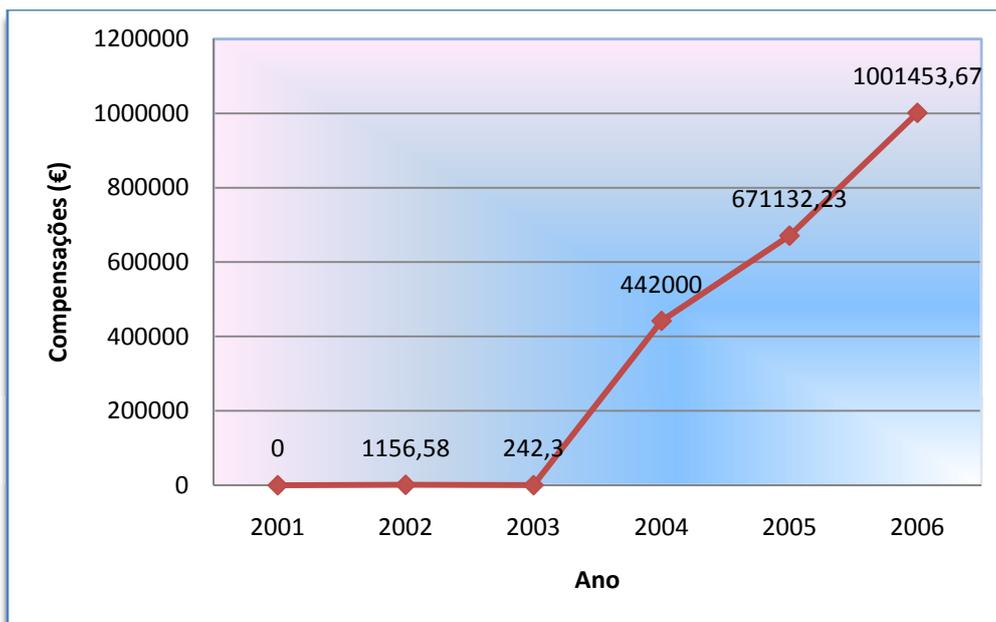


Figura 5 – Evolução das compensações por incumprimento dos padrões individuais de continuidade de serviço (Fonte: EDP Distribuição)

Entretanto, os aumentos anuais que se têm registado no valor das compensações aos consumidores provavelmente não estão a provocar um efeito intimidatório à EDP Distribuição, funcionando como um incentivo à qualidade, obrigando-a em alternativa a optar pelo investimento em melhoria de qualidade de acordo ao cumprimento dos padrões individuais. Isto porque comparado com as exigências do Regulador é mais fácil compensar os consumidores.

Mas, a situação parece-lhes preocupante, na medida em que o desembolso destes valores compromete a capacidade financeira da empresa e conseqüentemente é mais difícil fazer futuros investimentos em melhoria da qualidade do serviço, levando assim a que, em tempos vindouros, haja no limite maior apetência ao pagamento de compensações. Esta condição também não favorece de forma alguma os objectivos preconizados pela entidade reguladora, que é o de promover níveis de qualidade de serviço mais elevados no mercado nacional de distribuição de energia eléctrica. Isto para dizer que, ao contrário do que se podia esperar, estas situações podem provocar um funcionamento débil do mercado.

3. ENQUADRAMENTO DA ENVOLVENTE

3.1. O PROCESSO DE ELECTRIFICAÇÃO NACIONAL

Nos finais do século XIX, já no quadro de um inegável atraso em termos internacionais, começaram a surgir em Portugal as primeiras iniciativas no sentido de promover a produção de energia eléctrica, procurando minorar a grande dependência do País em combustíveis para uso directo em iluminação. Na base destas iniciativas estava sobretudo o interesse dos empresários em obter um novo e vantajoso sistema de iluminação para as suas indústrias, muitas delas geradoras de poeiras altamente inflamáveis, como era o caso das moagens, serrações, fiações e afins. Se bem que, na abertura do século, a energia eléctrica já estivesse a ser utilizada como força motriz, todavia, o que então dominava era a sua crescente divulgação (com a intervenção de novos agentes: indivíduos, sociedades comerciais, associações e municípios) para fins de iluminação pública e privada, das localidades e camadas sociais mais importantes; o conceito de rede eléctrica e da realidade jurídica da concessão, que permitia a sua instalação e exploração, foram ganhando uma importância crescente (6). Num curto espaço de tempo surgiram então em Portugal as primeiras empresas de produção e distribuição de energia eléctrica (refiram-se as Companhias Reunidas Gás e Electricidade - C.R.G.E. (1891), a Central da Boavista (1903), a Central do Ouro (Porto, 1908/9), e a Central Tejo (Lisboa, 1908 e 1914))(7).

3.1.1. A Proliferação de Pequenas Centrais

A produção/distribuição de energia eléctrica avançava lentamente. A situação em 1927 era caracterizada pela existência de empresas pouco eficientes de dimensão regional mas ainda em situação embrionária, quer quanto aos seus sistemas electroprodutores, quer quanto aos futuros mercados.

Com o progresso das máquinas eléctricas, as indústrias em Portugal vieram diversificar a utilização da electricidade, tornando-se nos maiores consumidores de energia eléctrica. Porém, eram aquelas empresas de produção/distribuição de electricidade praticamente as únicas a venderem energia eléctrica à indústria, mas devido à sua política de preços e à irregularidade de fornecimento, não davam totais garantias e, nalguns casos, pelas vantagens que a electricidade oferecia, os industriais preferiam a autoprodução, na esmagadora maioria de origem térmica, que as vezes forneciam para o exterior, ajudando a iluminar as localidades em que se inseriam.

Assim, durante a segunda década do século XX, multiplicaram-se as centrais de autoprodução e muitas das centrais existentes na altura eram particulares, como se pode observar na Tabela 4.

Tabela 4 - Centrais Eléctricas em Portugal, 1928

CENTRAIS	SERVIÇO	Nº de CENTRAIS	POTÊNCIA INSTALADA (kW)	PRODUÇÃO (10⁶ de kWh)
Hidráulicas	Público	42	28110	57,8
	Particular	27	5524	10,3
<i>Sub-total</i>		69	33634	68,1
Térmicas	Público	116	67189	103,6
	Particular	169	34899	45,2
<i>Sub-total</i>		285	102088	148,8
TOTAL		354	135722	216,9

Fonte: Campos, 1949, 367 – 372

Todas as centrais eram de pequena potência e como dirá Ezequiel de Campos: “Centrais a mais e produção a menos”(8). As empresas de distribuição com dimensão regional apenas serviam 36 concelhos em todo o país, enquanto os restantes ou não tinham electricidade (135 dos 272 concelhos) ou estavam ainda na fase das pequenas centrais locais (metade das quais camarárias), que apenas serviam a iluminação pública e alguma (pouca) iluminação doméstica. Porque muitas destas centrais apenas funcionavam ao fim da tarde e princípio da noite, não se punha, na maior parte do país, a possibilidade de outros usos domésticos(9).

Na altura, a oferta de energia eléctrica pelas empresas de produção/distribuição estava condicionada apenas pela procura por parte dos consumidores e não era encarada como um serviço público ou bem social necessário ao bem-estar das comunidades. Neste contexto, privilegiava-se o atendimento industrial enquanto o baixo consumo doméstico não incentiva suficientemente as empresas de produção/distribuição de electricidade a criar uma adequada estrutura de abastecimento de energia eléctrica às comunidades.

Portanto, a dispersão e falta de organização relativamente a autoprodução dos industriais associada ao fraco consumo de electricidade dos consumidores domésticos dificultou a interligação dos mesmos e o desenvolvimento de uma rede eléctrica nacional; não havendo assim uma política ou plano de electrificação nacional definido. Como resultado, Portugal continuava a mergulhar em grandes atrasos em termos de electrificação, distanciando-se dos outros países que se iam desenvolvendo a velocidades vertiginosas. Esta situação podia ser traduzida em termos de consumo de energia eléctrica *per capita*, uma vez que o crescimento económico dos países e o conseqüente aumento do consumo de energia

das suas populações dependia da prossecução de uma política de electrificação nacional (10). A Figura 6 mostra o quadro de Portugal face aos outros países europeus, durante o ano de 1929.

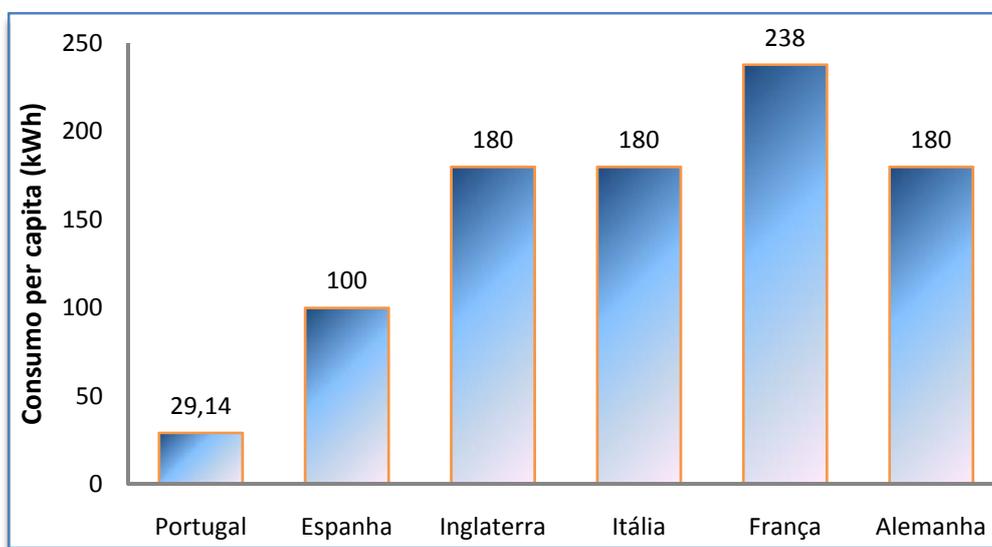


Figura 6 – Consumo de energia eléctrica per capita de alguns países europeus, 1929 (Fonte: Faria, 2003)

3.1.2. A Defesa de uma Rede Eléctrica Nacional

Não obstante Portugal possuir enormes recursos hídricos, a energia hidroeléctrica era uma opção pouco aproveitada, face aos elevados capitais de instalação e à inexistência de rede eléctrica para a sua distribuição que teria de ocorrer sempre a distâncias consideráveis.

Frente às estatísticas de consumo, começaram então a surgir as preocupações no sentido de promover a construção de uma rede eléctrica nacional que impulsionasse o consumo de energia eléctrica barata (hidroeléctrica) e fomentasse a economia do país.

Foi assim que Ferreira Dias manifestou-se dizendo: “As linhas devem multiplicar-se, as centrais sucederem-se”(11). No 1º Congresso Nacional de Engenharia, em 1931, expôs uma tese sobre a "Rede Eléctrica Nacional", em que entre outras conclusões, alertava para o papel do estado no sector eléctrico deixar de ser apenas de natureza policial¹³ e passar a ter um peso e abrangência maior. Eis o resumo das suas conclusões:

Aceite a utilidade da Rede Eléctrica Nacional como obra de fomento, cumpre ao Estado:

- 1º Construir e explorar as linhas;*
- 2º Incitar e condicionar a construção de centrais;*
- 3º Incitar e condicionar as distribuições locais.*

¹³ Visava acautelar problemas de segurança e eventuais problemas de interferência nas linhas telegráficas

Mas apesar das exortações de pessoas como Ferreira Dias e Ezequiel Campos, a paralisia governamental foi completa durante mais uma dúzia de anos, continuando a multiplicarem-se as pequenas iniciativas de privados, quase sempre assentes em pequenas centrais térmicas e algumas hidroeléctricas de pequeno porte.

Só em 1944 é que foi definitivamente criada a lei nº 2002, que estabelece as grandes linhas da electrificação nacional. Esta lei de forma geral velava pela necessidade de uma transformação radical do panorama existente: quanto à produção, no aspecto económico e político; quanto ao transporte, no sentido de coordenar todos os sistemas e construir novos; quanto à distribuição, no sentido de reduzir ao mínimo a ineficiência e estabelecer tarifas que permitam o alargamento do consumo de energia eléctrica.

Os planos de fomento de 1944 vieram enquadrar e fomentar grandes obras, sobretudo ao nível hidroeléctrico: no quinquénio de 1941-1945, a produção anual deste nível rondou os 100 milhões de kWh; em 1954 já atingia 1490 milhões de kWh. Contudo, nos anos 50, a capitação de consumo nacional continuava muito reduzida face aos países desenvolvidos. Alguns exemplos para o ano de 1952 podem ser vistos na Figura 7:

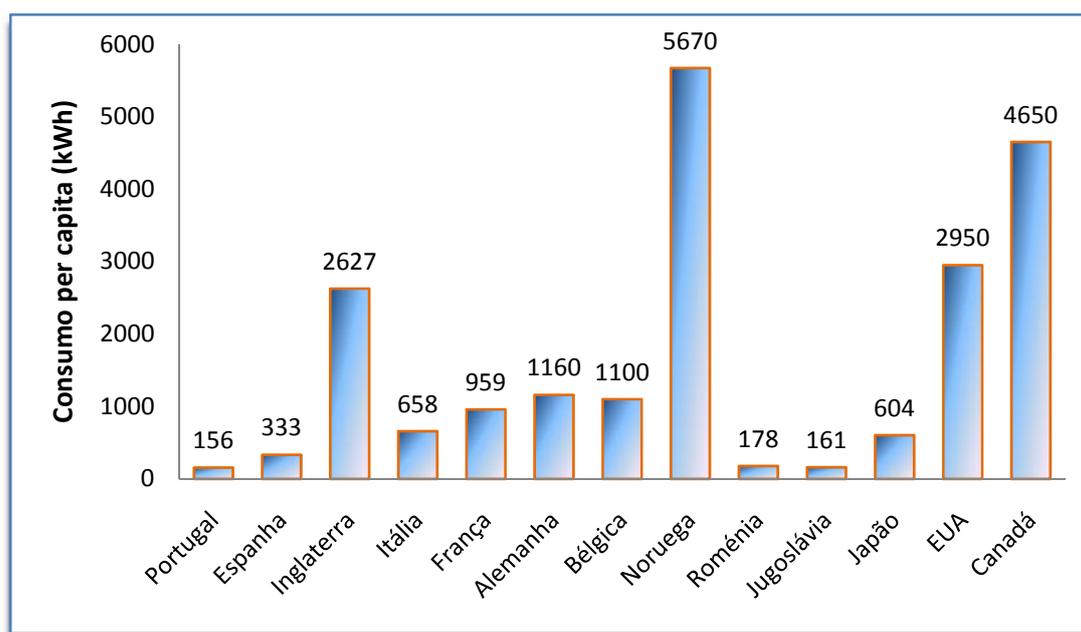


Figura 7 - Consumo de energia eléctrica per capita, durante o ano de 1952 (Fonte: Jorge Alves, 1999)

As realizações na produção de energia, neste período, deixavam ainda a descoberto graves carências no que respeitava ao fornecimento ao cliente, particularmente nas áreas interiores, uma vez que as linhas eram escassas e havia grandes zonas onde nem sequer existiam. Para se ter uma ideia, havia distritos que nem sequer eram cobertos por redes de alta tensão, como Bragança, onde só 0,4% das freguesias eram electrificadas, ou Évora (8%). E distritos como Porto e Aveiro, no litoral teoricamente coberto, a electrificação não ultrapassava

os 77% e 72% das freguesias, respectivamente. A nível nacional, só 36% das freguesias e 64% da população tinha energia eléctrica à disposição [Eng.º Paulo de Barros, conferência na Ordem dos Engenheiros, 1953].

Restava a consolação de Portugal ser um dos que apresentava um mais rápido crescimento na produção/consumo face aos anos anteriores, facto que pode ser observado pela evolução do número de consumidores em baixa tensão (Figura 8) e pela evolução da rede de alta tensão (Tabela 5), mas tão-somente porque os outros países já tinham as suas redes consolidadas e Portugal recuperava de níveis demasiado baixos.

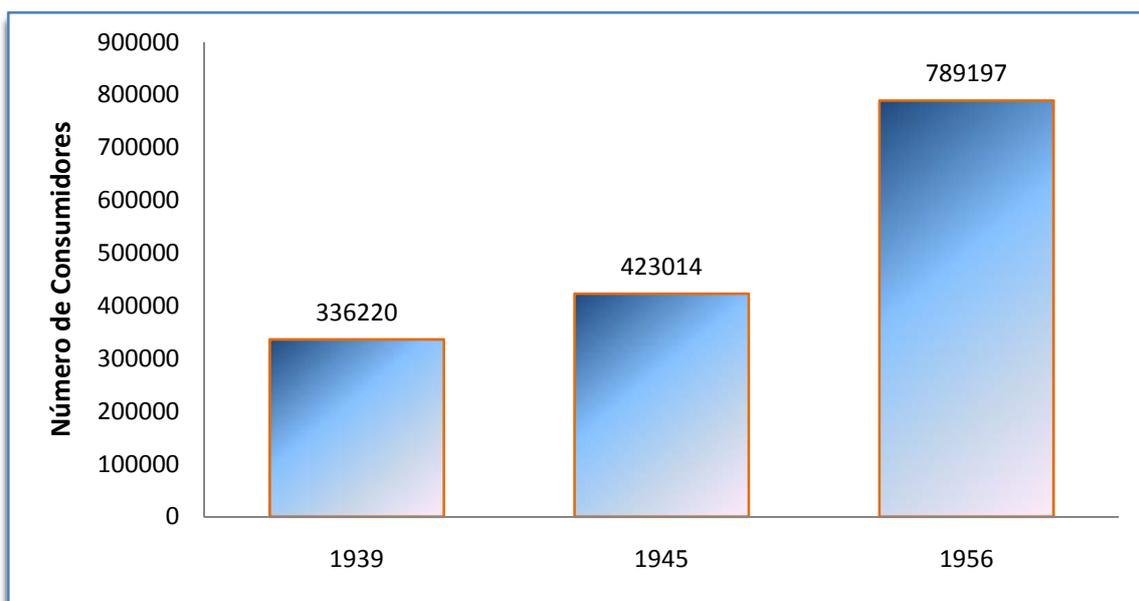


Figura 8 – Evolução do número de consumidores de Baixa Tensão (Fonte: Jorge Alves, 1999)

Tabela 5 - Evolução da rede de alta tensão (km)

NÍVEL de TENSÃO	1939	1945	1956
Até 25 kV	4020	4579	6920
De 25 a 50 kV	1049	1326	3027
De 50 a 100 kV	457	387	1033
Acima de 100 kV	-	86	1060
TOTAL	5526	6378	12040

Fonte: Relatório do II Plano de Fomento, VI, 286

As grandes alterações surgem em 1975, depois da revolução política de 1974 ter permitido a criação de um clima favorável às nacionalizações em vários domínios económicos, incluindo o sector eléctrico. Assim, a produção e distribuição de electricidade não fugiu à regra,

com a publicação do Decreto-Lei nº 205-G/75, de 16 de Abril, que estabelece a nacionalização das empresas de serviço público do sector e cria uma comissão de reestruturação. E, pelo artigo 12 desse decreto, estipulava-se que seriam transferidos para a entidade económico-jurídica a criar as instalações e serviços de produção e distribuição de energia eléctrica na altura exploradas por autarquias locais, directamente ou por intermédio de serviços municipalizados ou por federações de municípios. O Decreto-Lei nº 502/76 de 30 de Junho concretizou as opções da comissão de reestruturação, criando a Electricidade de Portugal - Empresa Pública (EDP E.P.), que integrou todas as empresas antes nacionalizadas, com o objectivo de prestar um serviço público que se pretendia em regime de exclusivo.

Este paradigma organizacional foi criado como forma de tornar eficaz a cobertura nacional pela electricidade e de resolver inúmeros problemas com distribuidores ineficazes e problemáticos, como eram muitos serviços municipalizados. Assim, estes aos poucos foram sendo absorvidos pela EDP E.P., através de contratos outorgados pelas Câmaras Municipais.

Portanto, foi com este modelo que finalmente se verificou ao longo dos anos 70/80 a electrificação praticamente total do território nacional, garantindo a participação estatal e a harmonização técnica das condições tarifárias e comerciais.

3.1.3. Conclusão

O rápido crescimento da rede eléctrica em Portugal, como resultado da pressão imposta pelos planos de recuperação de níveis de consumo demasiado baixos, que começaram praticamente nos anos 50's e que veio a intensificar-se nos anos 70/80 com a criação da EDP E.P., associada a insuficiência de verbas capaz de suportar adequadamente o ritmo de expansão do sistema eléctrico nacional, deixou marcas que ainda hoje dificultam uma boa qualidade da energia eléctrica(10), sobretudo nas zonas rurais que constituem a quase totalidade das Zonas C. Dentre os aspectos mais relevantes pode-se mencionar:

- A Pouca selectividade nas saídas das subestações, ou seja, separação inadequada de zonas industriais das zonas urbanas, das semi-urbanas e rurais;
- Saídas de média tensão demasiado extensas;
- Poucos pontos de telecomando;
- Redes de baixa tensão com comprimentos elevados;
- Quantidade significativa de redes nuas¹⁴;
- Desajustes entre a localização do PT¹⁵ e os respectivos centros de carga.

¹⁴ Não revestidas de isolamentos eléctricos

¹⁵ Posto de transformação de energia

3.2. AS VÁRIAS ENTIDADES DO SECTOR ELÉCTRICO NACIONAL

Em finais dos anos 80, iniciou-se a reorganização do sector eléctrico nacional, caracterizada pela passagem de uma situação de monopólio público verticalmente integrado (EDP – Electricidade de Portugal, E.P.) a uma situação onde operam várias empresas, algumas em livre concorrência (Sistema independente), outras articulando-se em torno de um sistema eléctrico público que conserva alguns elementos monopolistas. Esta reorganização corresponde ao desejo intrínseco de aumentar a eficiência económica do sector eléctrico e de promover o abaixamento do preço da energia eléctrica, ao tornar o mercado de electricidade concorrencial.

No sistema monopolizado verticalmente não existia competição a nenhum dos níveis, detendo a EDP E.P. o exclusivo da produção e da entrega aos consumidores finais através das redes de transporte e distribuição, como indicado na Figura 9.

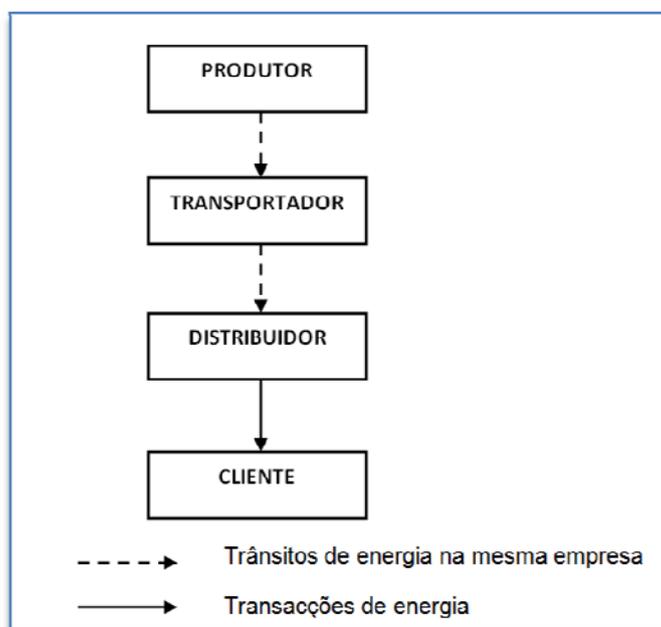


Figura 9 - Modelo do Sistema Eléctrico em monopólio

O novo enquadramento jurídico da actividade em 1995, permitiu a separação das actividades de produção, transporte, distribuição e comercialização de energia eléctrica, correspondendo a áreas empresariais distintas. A EDP E.P. deu então lugar à EDP S.A., que foi sucessivamente dividida numa multiplicidade de empresas controladas pelo Grupo EDP S.A. com explorações autónomas, ao mesmo tempo em que se promovia a sua privatização parcial. A segmentação da EDP E.P. permitiu a empresa apostar noutros mercados de energia e serviços no interior e exterior do país. No que concerne à sua actividade principal em Portugal, a nova política organizacional deu origem a EDP Produção, a REN – Rede Eléctrica Nacional S. A. (como subsidiária do Grupo EDP), a EDP Distribuição, a EDP comercial e a EDP Serviço Universal.

Na sua dupla qualidade de proprietário e de legislador, o Estado definiu assim um novo modelo de organização do sector eléctrico que apresenta cinco características principais:

1. Introdução de concorrência;
2. Coexistência do sistema eléctrico público com o sistema eléctrico independente;
3. Separação das actividades de produção, transporte e distribuição;
4. Privatização e;
5. Introdução de transparência no relacionamento das empresas do sector, quer entre elas, quer com as autoridades públicas.

O novo modelo organizacional corresponde ao modelo dual que compreende o Sistema Eléctrico de Serviço Público (SEP) e o Sistema Independente (SEI).

Ao SEP compete assegurar em todo território continental a satisfação das necessidades dos consumidores de energia eléctrica. Este sistema corresponde ao modelo representado na Figura 10, em que só um único agente – o operador da rede de transporte – tem a prerrogativa de comprar energia eléctrica aos vários produtores. Neste modelo, a competição entre os produtores ocorre através de concurso para atribuição do direito de construir e operar centros produtores. A relação entre os produtores e o comprador único é implementada através de contratos de longo prazo¹⁶. O comprador único detém o monopólio das redes e dos clientes finais, não sendo permitido o acesso à rede por terceiros para fornecimento daqueles.

O SEI por sua vez compreende o Sistema Eléctrico Não Vinculado (SENV) e a Produção em Regime Especial (PRE).

No SENV podem integrar-se produtores e consumidores não vinculados (elegíveis), ligados por contratos bilaterais físicos livremente negociados, usando a possibilidade de acesso de terceiros à rede de serviço público, mediante o pagamento da respectiva tarifa. A PRE é constituída pelos produtores independentes que usam a minihídrica (até 10 MW), outras fontes renováveis ou a cogeração.

¹⁶ Habitualmente designados pela sigla CAE (Contrato de Aquisição de Energia) ou PPA (Power Purchase Agreement)

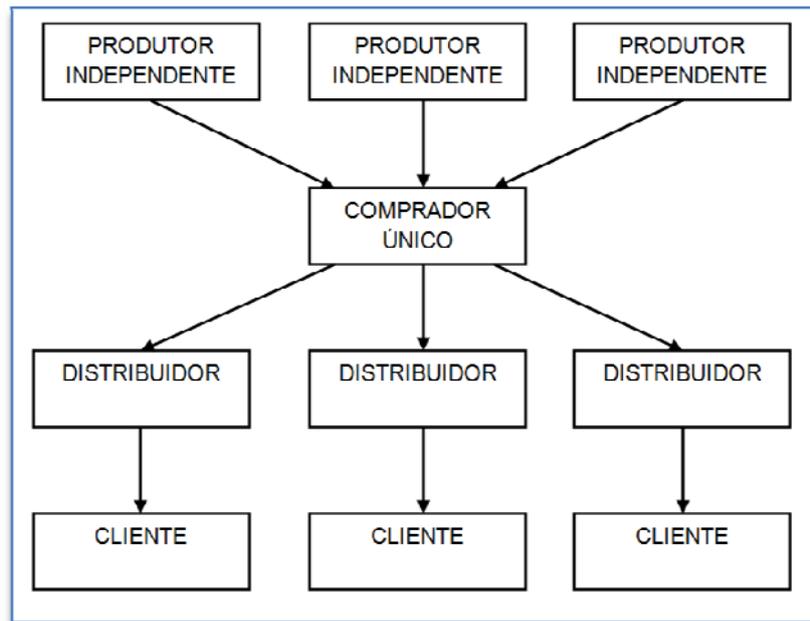


Figura 10 - Modelo do Sistema Eléctrico com comprador único

Ficaram assim então criadas as condições para que novos intervenientes pudessem entrar no mercado de energia eléctrica nacional.

Muito embora as funções produção e comercialização passassem a ser exercidas num contexto crescentemente concorrencial, as funções de transporte e distribuição continuariam a ser encaradas como monopólios “naturais”, por razões de carácter simultaneamente económico e ambiental. Deste modo, houve a necessidade de se definir novos quadros de regulação para estimular o correcto funcionamento do mercado até mesmo nas actividades ditas concorrenciais. O progressivo afastamento do Estado da gestão directa da economia é o principal factor que explica o aparecimento de novos modelos de organização do sector e desta necessidade de definição de novos quadros de regulação.

Portanto, ao mesmo tempo que se criava o novo enquadramento jurídico da actividade de energia eléctrica em 1995, foi criada uma nova Entidade Reguladora do Sector Eléctrico (ERSE)¹⁷ pelo Decreto-Lei nº 187/95 de 27 de Julho – com um estatuto de independência em relação ao poder político e à indústria de energia eléctrica, indispensável ao exercício das suas funções, dotando-a de autonomia administrativa e financeira – e pelo Decreto-Lei nº 44/97 de 20 de Fevereiro que aprovou os seus estatutos.

De forma simplificada, pode dizer-se que a regulação do Sistema Eléctrico Nacional (SEN) possui três objectivos essenciais:

- Promover o direito dos consumidores ao adequado abastecimento de energia eléctrica em termos de preço e qualidade;

¹⁷ Actualmente denominada Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos, também com competências no sector do gás.

- Garantir às empresas do SEP uma justa remuneração, obtida no respeito integral dos vínculos contratuais e regulamentares impostos por lei;
- Garantir o respeito de regras de relacionamento entre o SEP e o SENV transparentes e não discriminatórias;

Os objectivos e os princípios gerais de regulação do SEN encontram-se definidos nos Decretos-Lei nºs 182/95 a 187/95 de 27 de Julho, com as alterações introduzidas pelo Decreto-Lei nº 56/97 de 14 de Março. Neles se definem, em particular:

- Os procedimentos de tradução da política energética nacional em decisões relativas à expansão do sistema electroprodutor do SEP;
- O princípio da uniformidade tarifária;
- Os direitos e deveres das empresas do sector, incluindo as obrigações de interesse económico geral impostas a algumas empresas;
- Os valores mínimos de admissibilidade para clientes finais e distribuidores.

No entanto, o legislador absteve-se de detalhar na lei os mecanismos concretos de regulação, antes remetendo para sede específica - a ERSE - a responsabilidade pela emissão e verificação de aplicação dos Regulamentos Tarifário, das Relações Comerciais, do Despacho e do Acesso às Redes e às Interligações e da fiscalização da Qualidade de Serviço.

A competência para a emissão dos Regulamentos da Rede de Transporte, da Rede de Distribuição e da Qualidade de Serviço foi atribuída à Direcção-Geral de Energia¹⁸.

No que diz respeito à ERSE, para além da função normativa já referida (emissão e actualização de 4 regulamentos), cabem ainda funções fiscalizadoras (não só de aplicação dos regulamentos, mas também de inspecção de reclamações, entre outros), de consulta (a título de exemplo, emitir parecer sobre contratos de vinculação) e executivas (por exemplo, notificando entidades do SEP das acções a executar para a reposição da situação de normalidade, quando se considere ter havido infracção ao cumprimento dos regulamentos). Esta entidade entrou oficialmente em funções no dia 1 de Fevereiro de 1997.

Actualmente em termos organizativos, o SEN encontra-se constituído pela seguinte cadeia de valor:

- A electricidade é produzida com recurso a diversas tecnologias e a diferentes fontes primárias de energia (carvão, gás, fuel, gasóleo, água, vento, biomassa, entre outros). A actividade de produção ficou assim inteiramente aberta a concorrência e dividida em dois regimes: (i) produção em regime ordinário, relativa a produção de electricidade com base em fontes tradicionais não renováveis e em grandes centros electroprodutores hídricos, e (ii) produção em regime especial,

¹⁸ Actualmente denominada Direcção-Geral de Energia e Geologia (DGEG).

relativa a cogeração e à produção eléctrica a partir da utilização de fontes de energia renováveis e da cogeração. Os produtores vinculados ao regime ordinário estão relacionados com a REN através de Contratos de Aquisição de Energia (CAE) de longo prazo que asseguram a amortização dos investimentos efectuados com taxas de rentabilidade garantidas. No actual enquadramento legal, a lógica do planeamento centralizado de produção de electricidade é substituída por uma lógica de mercado e de iniciativa privada, havendo apenas lugar à intervenção do operador do sistema para efeitos de segurança do abastecimento de energia eléctrica no SEN quando se perspectivem situações de escassez energética. Em Portugal, os principais produtores são a EDP Produção, a Turbogás e a Tejo Energia.

- A actividade de transporte de electricidade é efectuada através da Rede Nacional de Transporte (RNT) que liga os produtores aos centros de consumo assegurando o equilíbrio entre a procura e a oferta. Esta actividade é realizada mediante uma concessão atribuída pelo Estado Português, em regime de serviço público e de exclusividade à REN S.A. Ou seja, no âmbito do respectivo contrato de concessão, a REN é a única entidade de transporte de electricidade em Portugal continental. No ano 2000, a REN foi autonomizada do grupo EDP, ficando maioritariamente na posse do estado 70% da companhia que era detido pelo grupo EDP.
- Os pontos de entrega da RNT permitem alimentar a rede de distribuição a partir da qual são abastecidos os consumos da maioria dos consumidores finais. A distribuição de electricidade processa-se através da exploração da rede nacional de distribuição (RND) constituída por infra-estruturas ao nível da alta e média tensão, assim como da exploração das redes de distribuição de baixa tensão. A rede nacional de distribuição é operada também através de uma concessão exclusiva atribuída pelo Estado Português. Actualmente, a concessão exclusiva para a actividade de distribuição de electricidade em alta e média tensão pertence à EDP Distribuição. As redes de distribuição de baixa tensão continuam a ser operadas no âmbito de contratos de concessão estabelecidos entre os municípios e os distribuidores, actualmente concentrados na EDP Distribuição.
- A comercialização de electricidade encontra-se inteiramente aberta à concorrência. As empresas de comercialização de electricidade são responsáveis pela gestão das relações com os consumidores finais, incluindo a facturação e o serviço ao cliente. Os comercializadores podem comprar e vender electricidade livremente e têm o direito de aceder às redes de transporte e de distribuição mediante o pagamento de tarifas de acesso estabelecidas pelo regulador. Os consumidores podem escolher o seu comercializador e trocar de comercializador sem quaisquer encargos adicionais. Deverá ser constituída uma nova entidade, cuja actividade será regulada pela ERSE, para supervisionar as operações logísticas de mudança de comercializador. Os comercializadores estão sujeitos a certas obrigações de

serviço público no que respeita à qualidade e ao abastecimento contínuo de electricidade e, também, a fornecer acesso à informação em termos simples e compreensíveis. A EDP Serviço Universal, que actua como Comercializador de Último Recurso do SEN, é actualmente o maior comercializador em Portugal. Adicionalmente, as principais empresas de comercialização em Portugal são a EDP Comercial, a Endesa, a Iberdrola e a Unión Fenosa.

Na Tabela 6 pode ser observada de forma resumida a correspondência entre as actividades relacionadas com a electricidade em Portugal Continental e os agentes económicos que as desenvolvem. No que concerne a distribuição, apesar da mesma ser feita por muitas Cooperativas, é de salientar que a EDP Distribuição concentra mais de 90% do mercado, uma vez que muitas destas cooperativas servem apenas pequenas zonas geográficas algumas das quais rurais.

Tabela 6 - Agentes económicos do SEM (Fonte: EDP)

PRODUÇÃO	TRANSPORTE	DISTRIBUIÇÃO	COMERCIALIZAÇÃO
Regime Ordinário <ul style="list-style-type: none"> • EDP Produção • Turbogás • Tejo Energia • EDIA • Outros 	REN – Rede Eléctrica Nacional, S.A.	EDP – Distribuição Energia, S.A.	Comercializadores Regulados <ul style="list-style-type: none"> • EDP Serviço Universal • Cooperativas de Consumidores
Regime Especial <ul style="list-style-type: none"> • Produtores de fontes renováveis e de biomassa • Cogeração 		Pequenos Distribuidores em BT (Cooperativas) <ul style="list-style-type: none"> • Cooperativa eléctrica de Vale De este • Cooperativa eléctrica de Vilarinho • Cooperativa eléctrica de Loreiro • Outros 	Comercializadores Não Regulados <ul style="list-style-type: none"> • EDP Comercial • Endesa/Sodesa • Iberdrola • União Fenosa • Viesgo • Outros

4. ENQUADRAMENTO TEÓRICO

4.1. METODOLOGIA DE ABORDAGEM PROPOSTA PELA EDP-DISTRIBUIÇÃO

A descrição do problema e os objectivos a atingir apresentados pela EDP Distribuição constam do anexo 1. Segundo esta entidade, os padrões de qualidade de serviço estabelecidos pela DGEG devem induzi-los a melhorar a qualidade do fornecimento de energia eléctrica até ao ponto limite em que os custos de fornecimento incorridos pela distribuidora ainda justificam os prejuízos causados nos consumidores. Caso contrário, do ponto de vista social, a Entidade Reguladora estaria a promover ineficiências no mercado de distribuição de electricidade, porquanto contribuía para o efeito custos de investimentos superiores aos benefícios que se viriam a alcançar. Assim, não estariam salvaguardados nem os interesses da EDP Distribuição nem os interesses dos consumidores, na medida em que para estes últimos, todos os investimentos feitos pelo Distribuidor são revertidos nos preços a pagar futuramente pela energia eléctrica (12). Esta análise é feita do ponto de vista de um modelo microeconómico.

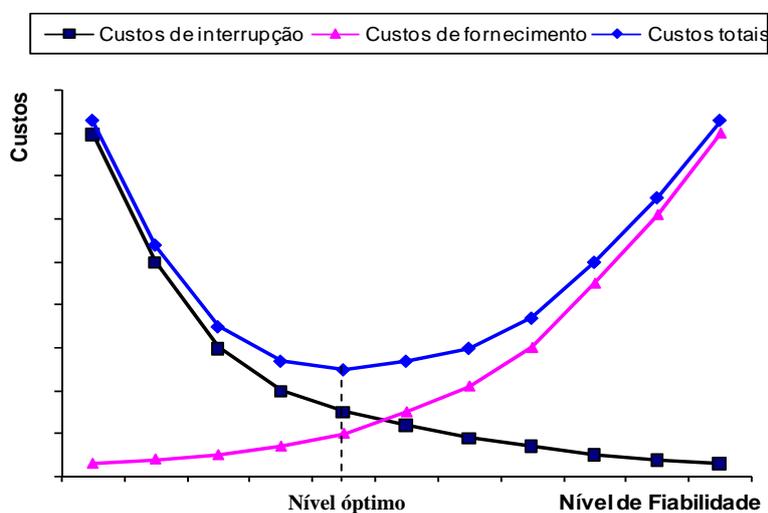


Figura 11 – Nível ótimo de Fiabilidade

A observação da Figura 11 torna clara a situação descrita no parágrafo anterior: esta figura, que representa a análise pelo modelo microeconómico, demonstra a relação que existe entre o nível de fiabilidade do serviço (continuidade de fornecimento do serviço), os custos de fornecimento de energia eléctrica incorridos pela companhia distribuidora e os custos de interrupção do serviço incorridos pelos consumidores. É uma ferramenta útil de apreciação de eficiência, que tem sido usada a nível mundial – em países como a Inglaterra, França, Itália,

Canadá, EUA, Japão e Suécia que é pioneira na regulação do sector eléctrico – pelas entidades reguladoras do sector energético e seus grupos de apoio, na determinação do nível óptimo de fiabilidade, através das políticas legislatórias impostas aos distribuidores(13),(14),(15),(16), ou ainda pelas companhias eléctricas nos países onde o sector eléctrico não é regulado, na determinação do nível de serviço a oferecer (2).

É visível no gráfico anterior que aumentos no nível de fiabilidade do serviço correspondem igualmente a aumentos nos custos de fornecimento de energia eléctrica, ao passo que os custos correspondentes a END (custos de interrupção) diminuem, em virtude do número de falhas do sistema tender a abrandar. Porém, pelas razões já descritas na parte inicial deste trabalho, é impossível garantir um nível de fiabilidade em 100%, porque este procedimento equivale ter investimentos em meios tecnológicos e de manutenção cada vez mais significativos, agravando desta forma os custos de fornecimento do serviço, o que confere à curva dos custos de fornecimento de energia um crescimento exponencial. Acréscimos no nível de fiabilidade contribuirão cada vez menos na redução dos custos da END, porque numa forma geral a sensibilidade dos consumidores às interrupções diminui com o aumento do nível de fiabilidade do serviço.

A combinação destas duas curvas (soma dos custos de fornecimento e da END) resulta na curva dos custos totais, que são os custos incorridos pela sociedade no geral, designados nesta tese e na literatura de custos sociais(2), (14),(17),(15).

O nível óptimo social de fiabilidade do serviço ocorre no ponto em que o custo total é mínimo, conforme ilustrado na Figura 11. Neste ponto, o benefício marginal da fiabilidade do serviço para a sociedade é igual ao custo marginal para provê-la.

Sob esta lógica, os padrões individuais definidos pela entidade reguladora e os valores das multas e compensações que a companhia distribuidora deve pagar no caso de incumprimento dos padrões, devem induzir o Distribuidor a melhorar o nível de fiabilidade do serviço prestado apenas até a este nível óptimo, sob pena de se estar a criar ineficiências no funcionamento do mercado de distribuição de electricidade, pelos custos de investimentos a despende revelarem-se superiores aos benefícios que daí se poderão obter.

Para atingir os objectivos, no Anexo 1 foi dito também que seria necessário ter uma estimativa do valor adequado da END e que para esse efeito deveria ser realizada uma pesquisa das metodologias adoptadas e resultados obtidos em empresas congéneres em outros países. Mas que uma das metodologias comumente aceite é a realização de inquéritos aos consumidores que permita extrair o valor que estes atribuem ao não fornecimento de energia.

4.1.1. Limitações da abordagem proposta pela EDP Distribuição

A abordagem do problema proposta pela EDP Distribuição tem a nosso ver limitações relativamente à metodologia sugerida e faz também uma apreciação que ultrapassa o âmbito do caso em estudo, pelas seguintes razões:

I.

A estimativa dos custos da END por inquérito aos consumidores é de facto o único método capaz de reunir os custos tangíveis e intangíveis, directos ou indirectos, incorridos pelos consumidores independentemente do tipo (residencial, industrial, comercial, agro-industrial, etc.), e que reúne mais consenso por parte dos grupos de interesse no sector eléctrico, relativamente à autenticidade dos valores obtidos. Mas a sua execução está limitada a grupos ou instituições com condições de efectuar estudos alargados¹⁹, tal como aconteceu em alguns países onde a actividade de distribuição de energia eléctrica também é regulada e com longo historial nesta vertente. É o caso da Noruega, onde o estudo foi desenvolvido conjuntamente pela *SINTEF Energy Research* e *SNF Institute for Research in economics and Business Administration*, financiado por *The Research Council of Norway* e pelo *Norwegian Water Resources and Energy Directorate* em conjunto com a companhia eléctrica daquele país, durante o período 2001-2003 (18); da Grécia, onde o estudo foi conduzido pelo *Power System Laboratory* da Universidade Técnica Nacional de Atenas, durante o ano de 1997(19); do Canadá, onde o estudo foi desenvolvido pelo *Power System Research Group* da Universidade de *Saskatchewan* no ano de 1991(14); entre outros (1), (3).

Este requisito deve-se ao facto desta tarefa consumir enormes recursos, nomeadamente monetários e tempo, o que a torna impossível de se efectuar nas condições deste trabalho de Dissertação.

II.

No que diz respeito a qualidade do serviço técnico, o RQS a vigorar em Portugal não expressa apenas a vontade das populações. Prima sobretudo que o desenvolvimento da actividade económica em Portugal se faça em condições de operação próximas das existentes em outros países(20).

No contexto da criação do mercado único europeu, a Comissão Europeia tomou a iniciativa de dinamizar o processo de liberalização do sector eléctrico, que veio a resultar na publicação da directiva 96/92/CE (Mercado Interno de Electricidade) (21). Houve com isso um alargamento das fronteiras relacionadas com as políticas energéticas dos Estados membros, e as decisões antes tomadas internamente a cada país passaram à escala europeia. Para tal foi constituído o CEER²⁰ cujo objectivo foi o de facilitar a criação de um mercado único de

¹⁹ Abrangendo um número considerável de consumidores a nível nacional.

²⁰ Council of European Energy Regulators

electricidade e gás, competitivo, eficiente e sustentável. No que concerne a qualidade do fornecimento de energia, esta entidade criou o “*Working Group on Quality of Electricity Supply*” que se incumbiu em analisar como a qualidade do fornecimento é regulada nos países membros da UE. Cada país, entretanto, tem o dever de apresentar dados relativos aos padrões de qualidade e os resultados obtidos, com o propósito de se efectuar um *benchmarking* que serve como instrumento de apoio à melhoria de desempenho das redes dos países em piores condições de qualidade técnica (22), (23).

Tal como se viu no Capítulo 3 (Secção 3.1 – O PROCESSO DE ELECTRIFICAÇÃO NACIONAL), o esforço na electrificação do país durante os anos 70’s deixou marcas que ainda hoje dificultam uma melhor qualidade de energia eléctrica e por outro lado, os níveis de exigências por parte dos consumidores em Portugal, em termos de qualidade de energia, foram sempre inferiores comparativamente aos níveis de exigências da maioria dos países membros, por estes serem países economicamente mais fortes e pelos consumidores terem uma dependência maior de energia eléctrica. Estas circunstâncias levaram a que os níveis de qualidade registados em Portugal se situassem sempre abaixo dos níveis registados no resto dos países membros²¹.

Nestas condições e com o intuito de Portugal caminhar rumo aos objectivos preconizados pela Comissão Europeia, o nível de fiabilidade do serviço exigido pelo regulador não é o que os consumidores lhe atribuem mas sim o nível que os países em melhores condições de qualidade técnica atribuem. Assim, o principal objectivo da entidade reguladora tem sido o de aproximar os níveis de continuidade de serviço em Portugal aos níveis admissíveis (médios) europeus, como se pode observar na Figura 12 e na Figura 13.

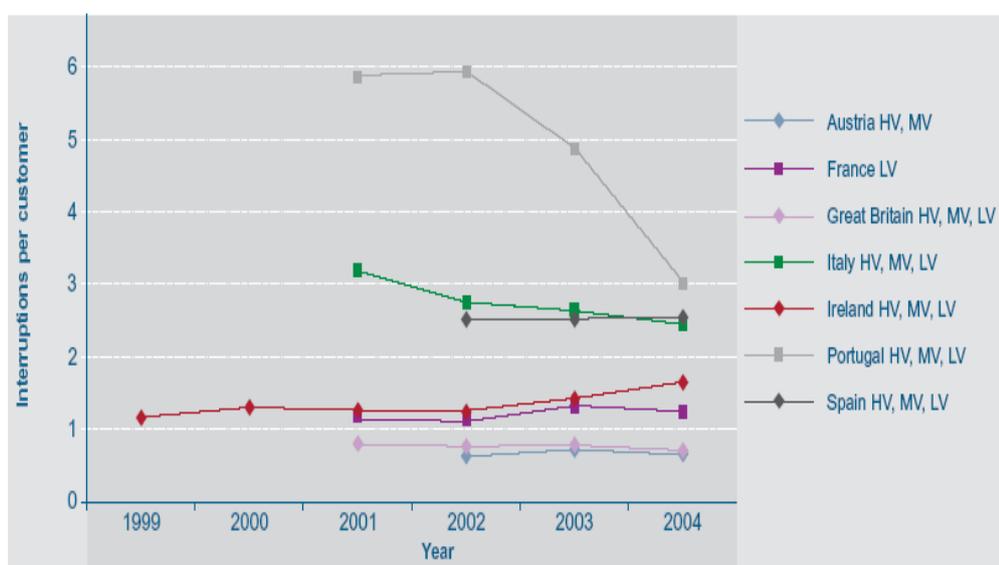


Figura 12 - Evolução do indicador de continuidade "SAIFI - Número de interrupções por cliente" (Fonte: CEER Third Benchmarking Report on Quality Electricity Supply, 2005)

²¹ Comparação feita apenas com os países membros da UE que participam no *Working Group on Quality of Electricity Supply* (Áustria, França, Grã Bretanha, Itália, Irlanda, Holanda e Espanha).

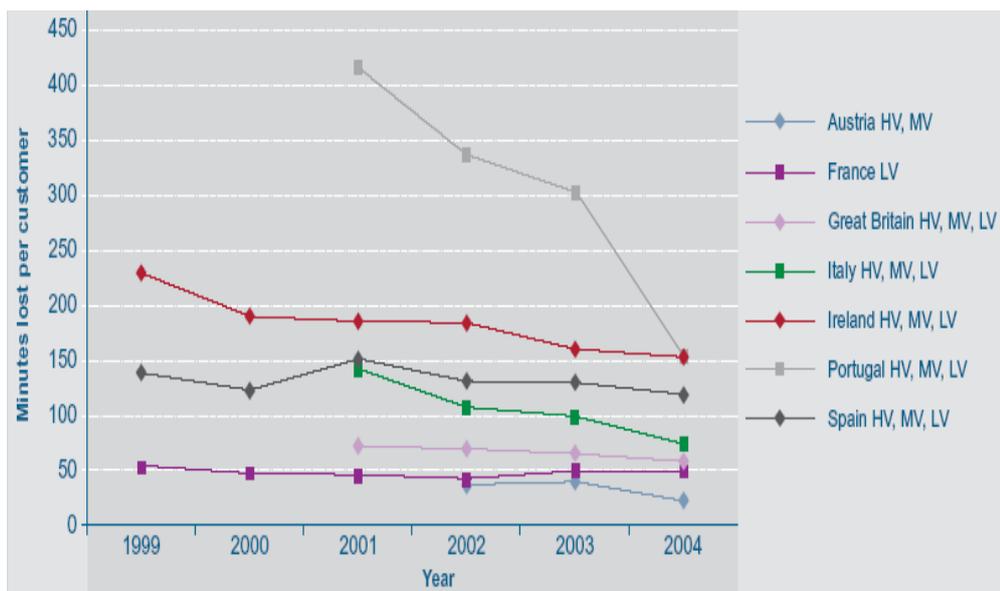


Figura 13 - Evolução do indicador de continuidade "SAIDI - Tempo de interrupção por cliente" (Fonte: CEER Third Benchmarking Report on Quality Electricity Supply, 2005)

4.1.2. Conclusão

Portanto, sob estas condições é inviável elaborar-se qualquer estudo para se apurar os custos que os consumidores atribuem à END, com o intuito de se efectuar uma reflexão acerca dos actuais padrões e compensações monetárias aos consumidores. Porque mesmo que houvesse condições técnicas para a sua realização é expectável que o estudo conduzisse a um valor da END inferior aos registados no resto dos Estados membros. Portanto, as conclusões do estudo seriam desfavoráveis à orientação para a uniformidade do sector eléctrico europeu (propósito do Regulador).

4.2. PROPOSTA DE ABORDAGEM PELA TEORIA DA DINÂMICA DE SISTEMAS

4.2.1. Considerações Iniciais

Este conceito (*System Dynamics - SD*) foi introduzido pela primeira vez por *Jay Wright Forrester*, que em 1940 se tornou assistente de investigação do Laboratório de Sistemas de Servomecanismos do MIT (*Massachusetts Institute of Technology*), onde era orientado pelo fundador do Laboratório (*Gordon S. Brown*), um pioneiro em sistemas de controlo e de *feedback* (24).

Após conduzir importantes projectos de pesquisa dos laboratórios do MIT, patrocinados pelo governo norte-americano, *Forrester* preocupou-se com as dificuldades normalmente

enfrentadas pelos gestores no exercício das suas funções. Concluiu que as maiores barreiras para o sucesso das organizações provinham, não de questões de engenharia ou relativas ao processo industrial e produtivo, mas de questões de gestão e administrativas. A razão disso é que os sistemas humanos e sociais são muito mais complexos e difíceis de compreender do que os sistemas físicos.

Em 1956, foi-lhe atribuída a posição de Professor de Administração na *Sloan School of Management*, onde criou o *System Dynamics Group*, dando início às pesquisas da Dinâmica de Sistemas no campo das ciências administrativas. Numa das suas primeiras experiências foi desafiado a explicar o que teria levado à demissão de metade dos empregados da *General Electric* (GE) após um período de bons resultados operacionais. Os gestores da GE estavam perplexos porque o nível de emprego em suas fábricas de electrodomésticos em *Kentucky* exibiu um claro ciclo de três anos. Já haviam percebido que este ciclo no nível de emprego não se relacionava (pelo menos as evidências não permitiam estabelecer a relação) com o ciclo de negócio do produto. A dúvida era: quais as causas das recorrentes oscilações no quadro de funcionários, e porque é que os gestores eram incapazes de evitá-las?

Forrester começou a fazer simulações, cruzando dados sobre produção e volume de mão-de-obra com as estratégias que estavam sendo seguidas, tentando prever como oscilaria o quadro de funcionários nos períodos seguintes. Conseguiu demonstrar que a instabilidade no nível de empregos da GE se devia à estrutura interna da organização e não a variáveis exógenas como, por exemplo, o ciclo de negócio. Era o primeiro modelo de Dinâmica de Sistemas.

A partir de sua experiência com desenvolvimento e construção de equipamentos de computação e servomecanismos, foi capaz de transferir as Teorias de Feedback e Controlo, da área de Ciências Exactas – que permite a caracterização de um sistema na forma de equações diferenciais – para a área da Administração, como meio de avaliar negócios e outros contextos organizacionais e sociais.

Em 1961 publicou o seu primeiro livro sobre o tema, intitulado *Industrial Dynamics*. Mas a primeira grande aplicação da Dinâmica de Sistemas não associada a questões de negócio foi publicada por *Forrester*, em 1969, no livro *Urban Dynamics*. O modelo desenvolvido discute razões pelas quais as políticas urbanas populistas são completamente ineficientes ou responsáveis pela maior degradação das condições sociais. Uma das conclusões mais polémicas do trabalho é a de que a pior política pública de habitação é a ocupação de áreas com potencial comercial por residências sociais. O autor justifica argumentando que o recurso escasso (a área) quando alocado na construção das moradias populares deprecia-se, inviabilizando a sua exploração produtiva. O reflexo seria a redução gradual do potencial produtivo da economia, retornando o impacto aos próprios moradores das habitações construídas em função de uma menor oferta de empregos a longo prazo. Esta atitude, segundo o modelo, esconde uma armadilha, um ciclo de reforço da pobreza, que estagna o

desenvolvimento urbano. Ou seja, a ocupação da área por habitações de baixa renda gera um ciclo vicioso, comprometendo a geração de emprego e, no longo prazo, uma necessidade ainda maior de construção de habitações de baixa renda, em função do empobrecimento da economia como um todo.

Seguiram-se outros modelos como o *World1* e o *World2* publicados no seu livro *World Dynamics* em 1971, que apresentavam importantes inter-relações entre o crescimento populacional, a produção industrial, a poluição, os recursos e os alimentos. Prevê um colapso mundial em algum momento do século XXI, se medidas sérias não forem tomadas em relação à ocupação e exploração dos recursos globais. O modelo foi também usado para identificar políticas de intervenção capazes de gerar condições de bem-estar social adequadas e sustentáveis.

4.2.2. Motivação do Emprego desta Metodologia

Aplica-se ao caso descrito nesta tese que, algumas políticas implementadas num sistema para melhorar o seu estado podem criar efeitos colaterais inesperados que acabam por prejudicá-lo. *Forrester* chamou este fenómeno de “*Comportamento Contra-intuitivo dos Sistemas Sociais*” (24). Esta dinâmica inesperada do sistema frequentemente conduz à “Resistência à Política” (*Policy Resistance*) – conceito introduzido por *Meadows*(25) – que reflecte a tendência para as intervenções sofrerem de atrasos, diluição ou supressão como resposta do sistema às mesmas intervenções.

Uma das causas da Resistência à Política é a tendência que se tem em interpretar experiências como uma série de acontecimentos. A visão orientada aos eventos conduz a propostas de soluções orientadas aos eventos. A Figura 14 mostra como frequentemente se tentam resolver os problemas:

- Avalia-se a situação actual e compara-se com o objectivo traçado. A diferença entre o objectivo e a situação actual define o problema. Assim, consideram-se as opções disponíveis para resolver o problema e selecciona-se aquela que parece a melhor e implementa-se, conduzindo (pensamos nós) desta forma ao alcance de um melhor resultado.

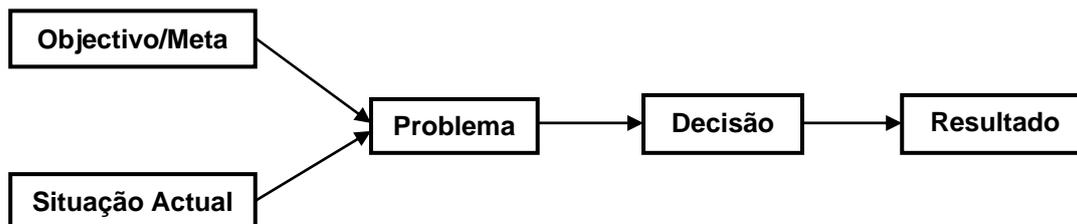


Figura 14 - Visão orientada aos eventos (Fonte: *Sterman*, 2000)

Porém, o sistema reage à solução implementada, tornando-se esta solução no problema de amanhã, ou seja, há *feedback*²²: os resultados das acções tomadas definem a situação que se há-de encarar no futuro. A nova situação altera a avaliação do problema e as decisões a tomar no futuro.

Estas situações aparecem porque frequentemente não se conseguem perceber todos os processos de *feedback* existentes num sistema.

Para se evitar estas consequências despercebidas e encontrarem-se políticas mais consistentes é necessário expandir as fronteiras dos modelos mentais dos decisores, só assim se percebem as implicações dos processos de feedback criados pelas decisões que tomam. A Dinâmica de Sistemas, entretanto, reúne ferramentas que ajudam a compreender melhor as consequências das decisões tomadas nos sistemas.

A motivação principal para o uso desta metodologia reside na possibilidade de desenvolver simulações, os chamados “*micromundos*” (simuladores, ou simuladores de voo gerências), em laboratório, onde podem ser observadas as consequências de decisões. Nestes “*micromundos*” simulados, por serem réplicas desenvolvidas em laboratório, podem-se identificar os padrões de comportamento dos sistemas reproduzidos e suas respectivas causas com mais facilidade do que quando se está envolvido na complexidade do mundo real.

Esta metodologia foi inicialmente desenvolvida para aplicações na área da Administração, actualmente está a ser utilizada nas mais diversas áreas do conhecimento: Medicina, Economia, Sociologia, Planeamento Militar, para não mencionar as diversas aplicações no domínio dos negócios.

4.2.3. Conceito

A Dinâmica de Sistemas é uma metodologia que procura compreender as estruturas de sistemas organizacionais ou sociais, analisando a inter-relação das suas forças, vendo-as num contexto amplo e entendendo-as como parte de um processo comum. Por meio da simulação, procura compreender como o sistema evolui no tempo e como as mudanças em suas partes afectam todo o seu comportamento. Procura esclarecer comportamentos gerais dos sistemas, partindo dos padrões de comportamento entre as partes e das estruturas determinantes destes padrões. Permite ao pesquisador testar diferentes políticas e soluções para operação do sistema, avaliando o impacto de decisões. Proporciona, por fim, um conjunto de instrumentos para compreensão e comunicação sobre os modelos da realidade (24), (25).

²² O conceito de feedback utilizado em SD não é o de uso comum. Ou seja feedback positivo não significa elogios e feedback negativo não significa críticas.

Como técnica de modelação, assume que a estrutura e os processos dinâmicos do mundo real podem ser recriados em diagramas com simbologia específica e modelos matemáticos. De forma mais específica, busca a compreensão da estrutura e do comportamento dos sistemas compostos por vínculos de *feedback* interactivos. Para esta compreensão, utiliza principalmente dois tipos de notação: Diagramas de Ciclo Causal e Diagramas de Níveis e Fluxos.

O emprego da Dinâmica de Sistemas possibilita a construção de um modelo da realidade, com as suas variáveis essenciais visíveis, e podendo o resultado das suas inter-relações ser acompanhado graficamente, ao longo do tempo, por simulação. Isto torna possível a experimentação de alternativas e o seu acompanhamento através da visualização do comportamento das variáveis. A partir dos modelos criados podem ser definidos vários cenários baseados em mudanças das condições das variáveis principais, resultando em diferentes comportamentos do sistema.

Na Dinâmica de Sistemas, o termo “estrutura” tem um significado particular. Refere-se à inter-relação dos recursos tanto tangíveis como intangíveis do sistema. Deste ponto de vista, o comportamento do sistema é uma consequência da sua “estrutura”, pois é o sistema que rege as interacções entre os seus elementos.

Para uma melhor compreensão da Dinâmica de Sistemas apresenta-se a seguinte síntese, descrita por MAANI e CAVANA (2000, p. 14-15):

a) O QUÊ – um método rigoroso para auxiliar a pensar, visualizar, compartilhar e comunicar a respeito da evolução de sistemas complexos no tempo;

b) PARA QUÊ – com o objectivo de solucionar problemas e desenvolver planos e estratégias mais robustos, que minimizem a probabilidade de resultados inesperados, com consequências indesejadas;

c) COMO – criando modelos e desenvolvendo simulações que exteriorizem os modelos mentais e capturem as inter-relações dos agentes, das forças, dos padrões comportamentais, dos limites organizacionais, das políticas, dos ciclos de causa/efeito e dos atrasos (*delays*) e, por meio do modelo e conhecimento desenvolvidos, permitindo testar o comportamento e reacções do sistema;

d) QUEM - Seja uma equipa ou um indivíduo, competente para verificar e apresentar as necessidades e valores (modelos cognitivos) do sistema, de modo franco, aberto, claro e responsável.

4.2.4. Diagramas de Ciclo Causal

Na Dinâmica de Sistemas, ao modelarem-se os sistemas é apropriado utilizarem-se preliminarmente modelos, como os representados na Figura 15, apropriados para o entendimento amplo do sistema, proporcionando uma ligação útil entre a descrição verbal e a sua representação em modelos computacionais.

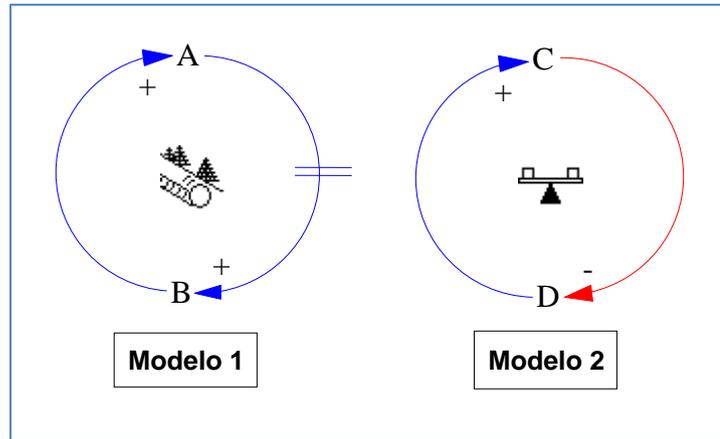


Figura 15 - Diagramas Causais

Esta forma de representação é conhecida como Diagramas de Ciclo Causal (também chamados de Diagramas Causais ou Diagramas de Influência). São estruturas em forma de grafos, utilizados nas ciências sociais para a visualização de qualquer sistema humano, através da identificação das suas características estruturais, das relações de causa/efeito e dos tempos de espera (*delays* ou atrasos) presentes no comportamento do sistema.

Estes diagramas, de natureza qualitativa, apresentam ordenadamente as variáveis do modelo e, principalmente, as relações de causa e efeito entre elas. Através da pesquisa dos “elementos” que compõem o sistema e dos seus “relacionamentos”, permitem compreender os padrões de comportamento do sistema, visualizando como os seus elementos interagem e influenciam o conjunto. São particularmente úteis no desenvolvimento de um entendimento compartilhado, ou mesmo para comunicar alguma coisa não tida em vista.

Os Diagramas de Ciclo Causal mostram todas as ligações relevantes entre causa e efeito, indicando a direcção através de flechas e todas as relações de *feedback* com as respectivas polaridades. Todas as estruturas são constituídas apenas por dois tipos de ciclos indicados na Figura 15: o de reforço (Modelo 1) e o de equilíbrio (Modelo 2). O sinal “+” indica relações directamente proporcionais entre as variáveis e o sinal “-” indica relações inversamente proporcionais.

Um ciclo (*loop*) existe sempre que uma acção provoca consequências que mais tarde voltam a influenciar esta acção. Estas consequências podem ser rápidas e directas, causando

efeitos facilmente atribuíveis à causa; ou indirectas, no longo prazo (com atrasos – *delays*) e com resultados menos perceptíveis (representado na Figura 15, seta com 2 traços paralelos). Quanto mais longo for o tempo para ocorrer o ciclo, e menos directas as consequências, mais dificuldades tenderão a existir para que os agentes envolvidos, afectados ou interessados pela situação sistémica em análise identifiquem as estruturas de ciclos.

No ciclo de reforço (Figura 15, Modelo 1), um aumento na variável A provoca um aumento na variável B que por sua vez incrementa a variável A, levando ao crescimento indefinido do ciclo. No ciclo de equilíbrio (Figura 15, Modelo 2), um aumento na variável C provoca uma diminuição na variável D que por sua vez decresce a variável C, conduzindo o ciclo a um determinado equilíbrio.

Os Diagramas Causais têm assim dois importantes papéis: primeiro, servir como um esboço das hipóteses causais; segundo, simplificar a ilustração do modelo. Em ambos os casos, permitem ao pesquisador, comunicar rapidamente os pressupostos estruturais do modelo. Portanto, são úteis na parte inicial do estudo dos sistemas.

4.2.5. Diagramas de Níveis e Fluxos

Embora de grande ajuda, os Diagramas Causais não estão habilitados para a simulação computacional do comportamento das estruturas sistémicas ao longo do tempo. É muito difícil antecipar situações futuras do sistema a partir deles. Para se tornar possível a criação de um modelo adequado à simulação, usam-se os Diagramas de Níveis e Fluxos.

Estes diagramas de Níveis e Fluxos são a utilização das características estruturais definidas nos Diagramas Causais para se desenvolver um modelo de simulação do sistema. Esta abordagem quantitativa permite que se explore a evolução de um sistema ao longo do tempo e dentro de um período de interesse.

Num Diagrama de Níveis e Fluxos, a estrutura do sistema é representada matematicamente, permitindo quantificar as relações de causa e efeito entre os elementos do sistema. Na perspectiva da Dinâmica de Sistemas, qualquer sistema, natural ou artificial, pode ser descrito por um Diagrama de Níveis e Fluxos, através de uma linguagem composta de quatro elementos:

a) Níveis (“*Stocks*”) – representam as acumulações de um determinado recurso como, por exemplo, pedidos em carteira, trabalhadores, disponibilidade financeira, inventários ou capital intelectual;

b) Fluxos (“*Flows*”) - são actividades que produzem crescimento ou redução dos Níveis, o movimento de materiais e informação dentro do sistema;

c) Conversores – são componentes para a realização de operações algébricas, que processam informações a respeito dos Níveis e Fluxos ou representam fontes de informação externas ao sistema;

d) Conectores – são ligações de informação que descrevem a relação entre os Níveis, Fluxos e Conversores.

A Dinâmica de Sistemas considera que todo o comportamento dinâmico de um sistema está baseado no Princípio da Acumulação. Este princípio afirma que todo comportamento dinâmico no mundo ocorre quando Fluxos acumulam-se em Níveis. Ou seja, o comportamento dinâmico surge quando algo flui por algum meio, acumulando-se (ou esgotando-se) de alguma forma. Na modelação com Diagramas de Níveis e Fluxos, variáveis físicas ou não podem fluir pelos Fluxos acumulando-se nos Níveis.

Os Níveis representam a condição, o estado: “como as coisas são” ou “como estão”. E os Fluxos representam as acções: “como as coisas fluem” ou “como mudam”. A distinção entre Níveis e Fluxo é fundamental para se conseguir capturar todo o comportamento dinâmico gerado pelo sistema. Com o objectivo de identificar estas estruturas o modelador deve descobrir quais as variáveis que determinam o estado, a situação do sistema (os seus Níveis), e quais são as variáveis, os elementos, que estabelecem as mudanças (os seus Fluxos).

Actualmente, existem muitos softwares capazes de modelar diagramas de Níveis e Fluxos (*iThink*, *Stella*, *Vensim*, *Powersim*, *Goldsim*, etc.). Para este trabalho em particular optou-se pela utilização do software *Powersim* por existir uma versão destinada a estudantes.

Como exemplo, na Figura 16 apresenta-se um diagrama de Níveis e Fluxos duma empresa fictícia que produz para inventário e posterior expedição, construído a partir do software *Powersim*. Neste exemplo podemos identificar os quatro elementos que compõem esta linguagem: As variáveis “Produção” e “Expedição” representam os fluxos; a variável “Inventário” representa um Nível; as variáveis (ou constantes) “Produtividade” e “Força de trabalho” representam os conversores e por fim vêm-se dois conectores que partem destas últimas variáveis e ligam à “produção”.

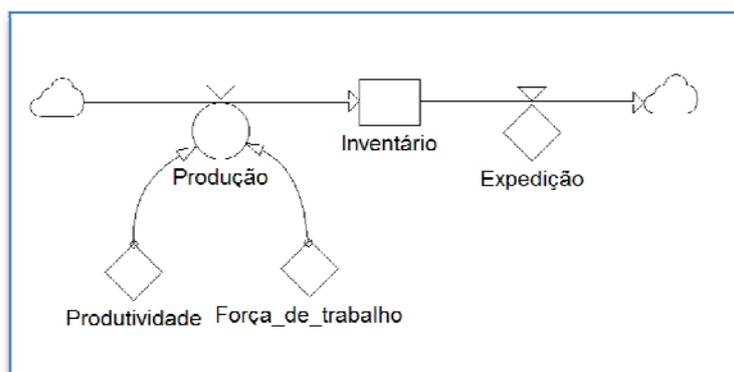


Figura 16 - Diagrama de Níveis e Fluxos

4.2.6. Limitações da metodologia

Os estudos em Dinâmica de Sistemas levaram a admitir que a maioria dos sistemas possui uma complexidade infinita que seria impossível de ser compreendida completamente do ponto de vista da consciência racional. Por isso, quando há interesse em se analisar uma questão, há que se levar em conta um conjunto de trocas compensatórias entre o aumento da complexidade, ao se considerar cada vez mais elementos dentro de uma situação, e a possibilidade de deixar de fora um elemento importante da realidade buscando a simplificação da análise(25).

Outra limitação é a mesma de qualquer processo de modelação da realidade: não há garantias completas da aderência do modelo à realidade em todos os seus aspectos. É claro que, por ser impossível, esta aderência total não pode ser exigida, restando os desafios do aperfeiçoamento e da contestação para futuros esforços.

Deste ponto de vista, os críticos sugerem que a modelação não deva ser utilizada para prever o comportamento do futuro, porque para isto seriam necessários modelos completos e precisos da realidade, o que na prática é inviável. Estas argumentações reforçam um papel bastante claro que a modelação possui dentro do pensamento sistêmico, que é o de ferramenta de aprendizagem ao invés de instrumento de predição de tendências futuras sobre a realidade.

5. DESENVOLVIMENTO DOS MODELOS

5.1. ARQUÉTIPOS DE SISTEMAS

Baseado no trabalho de Forrester, *Peter M. Senge*, também pesquisador do Instituto de Tecnologia de Massachusetts, revolucionou a gestão empresarial com os conceitos publicados no seu livro "A Quinta Disciplina". O conceito por ele introduzido de "organizações que aprendem" causou grande impacto nas práticas administrativas da década de 90 e continua nos dias atuais, moderno e poderoso. A chave desta longevidade é a sua ideia central: a de que a capacidade de aprender mais rápido que os concorrentes é a única vantagem competitiva sustentável a longo prazo. Apresenta uma teoria baseada no ser humano. Afirma que as pessoas são o principal meio de elevação de qualquer processo de mudança. Partindo desse ponto, desenvolveu um amplo leque de ferramentas que visam estimular o trabalho em equipa, a criatividade, a habilidade em encarar desafios e adaptar-se continuamente às mudanças. A quinta disciplina é o pensamento sistémico, que integra todos os compartimentos do saber e da prática.

Neste contexto, explica que uma das mais importantes, e potencialmente a mais habilitada, das percepções que vem da origem do pensamento sistémico é que certos padrões de comportamento de estruturas ocorrem frequentemente nos mais variados sistemas organizacionais(26) e chamou-os de "Arquétipos de sistemas" ou "Estruturas Genéricas". Senge afirmou ainda que as empresas e os outros feitos humanos também são sistemas. Estão igualmente conectados por fios invisíveis de ações inter-relacionadas, que muitas vezes levam anos para manifestar os seus efeitos umas sobre as outras.

Segundo o autor, estes Arquétipos de Sistemas que mostram lições dinâmicas obtidas de sistemas com estrutura visível são a chave para aprender a observar as estruturas nas nossas vidas pessoais e organizacionais. Os Arquétipos de Sistemas, que existem em número relativamente pequeno, indicam que nem todos problemas administrativos, e não só, são únicos. Assim, os arquétipos são comuns a uma larga variedade de situações nos mais diversos campos da ciência (biologia, psicologia, economia, ciências políticas, ecologia, gestão, etc.) e revelam uma simplicidade inacreditável por trás da complexidade dos problemas apresentados (26).

O propósito dos Arquétipos de Sistemas é o de aperfeiçoar as nossas percepções, para com mais facilidade poderem-se observar as estruturas em movimento, e verem-se nelas os pontos de influência comportamental. Quando um Arquétipo de Sistemas é identificado numa determinada situação, este irá sempre advertir os pontos fortes e fracos de influência comportamental do sistema em estudo.

Actualmente, os pesquisadores na área identificaram cerca de doze arquétipos de sistemas: “Balancing Process with Delay”, “Limits to grow”, “Shifting the Burden”, “Eroding Goals”, “Escalation”, “Success to the Successful”, “Tragedy of the Commons”, “Fixes that Fail” e “Grow and Underinvestment”.

No caso do problema em estudo, procurou-se alguma semelhança com os vários arquétipos existentes na literatura. A situação apresentada aproximou-se do arquétipo *Shifting the Burden*, cujo Diagrama de Ciclo Causal está representado na Figura 17.

Todos os arquétipos de sistemas são construídos por blocos constituídos por ciclos de reforço, ciclos de balanço e atrasos.

No caso do arquétipo “*Shifting the Burden*”, este é constituído de dois ciclos de equilíbrio, representados na Figura 17 com o símbolo (▲), e um ciclo de reforço representado com o símbolo (🌀).

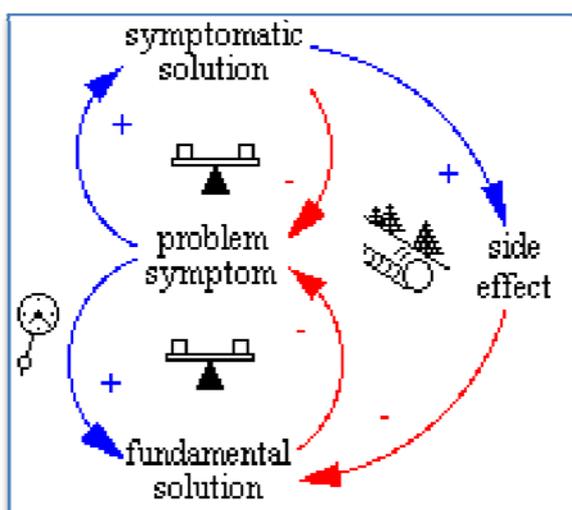


Figura 17- Arquétipo “*Shifting the Burden*” (Fonte: Senge, 2006)

No diagrama representado na Figura 17, um sintoma provocado por determinado problema (*Problem Symptom*) é percebido com múltiplos possíveis cursos de acção. Um possível curso de acção, a solução sintomática²³ (*Symptomatic Solution*) tem uma aparente vantagem de tempo sobre a solução fundamental (*Fundamental Solution*), na medida em que está associado a este último um atraso (*delay*), representado com o símbolo “🌀”, que pode ser visto em termos de dificuldade financeira, tecnológica, burocrática, etc. Como resultado, o problema influencia o emprego da solução sintomática. A aplicação da solução sintomática reduz o sintoma do problema, que por sua vez dissipa a necessidade percebida de se buscar a

²³ Que resolve apenas o sintoma e não o problema de facto.

solução fundamental. A falha na implementação da solução fundamental faz reaparecer mais tarde os sintomas do problema.

Como se não bastasse, o emprego da solução sintomática influi o desenvolvimento de efeitos colaterais imprevistos, que se manifestam, normalmente, como uma espécie de dependência. Estes efeitos colaterais, por sua vez, enfraquecem o emprego da solução fundamental. A interação entre o sintoma do problema, a solução sintomática, a solução fundamental e os efeitos colaterais levam o sistema a um único ciclo de reforço que torna o problema ainda mais difícil de se resolver.

A dinâmica das variáveis deste arquétipo encontra-se representada na Figura 18, em que é verificável: o reaparecimento do Sintoma do problema (*Problem Symptom*) de forma cada vez mais acentuada, o enfraquecimento da aplicação da solução fundamental (*Fundamental Solution*) e a recorrência à solução sintomática (*Symptomatic Solution*) ao longo do tempo (27).

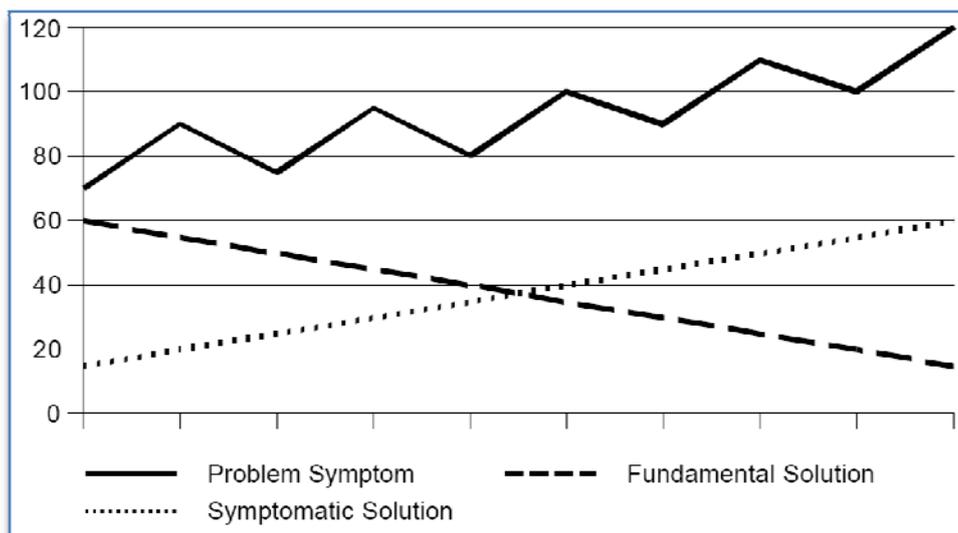


Figura 18 - Comportamento do Arquétipo "Shifting the Burden" ao longo do tempo (Fonte: Braun, 2002)

Com base neste arquétipo, construiu-se o Diagrama de Ciclo Causal que espelha as relações de causa e efeito do problema sentido pela EDP Distribuição.

5.2. O DIAGRAMA CAUSAL

Construir-se-á nesta fase do trabalho o diagrama de ciclo causal, que é a exposição do comportamento observado no mercado de distribuição de energia eléctrica, no que concerne a qualidade do serviço. A construção do diagrama é feita com base nos conhecimentos das relações de causa/efeito existentes entre as variáveis, que não é mais senão a representação

do modelo mental das situações relacionadas com a qualidade de serviço, do conhecimento do Distribuidor.

A construção deste diagrama será feita passo-a-passo até se chegar ao modelo final. Nas figuras seguintes, as setas representam relações de casualidade entre variáveis, em que os sinais (+ ou -) indicam a influência causal. Numa condição em que todas as outras variáveis do sistema se mantêm constantes: $A \xrightarrow{+} B$ significa que um aumento em A conduz a um aumento em B e uma diminuição em A conduz a uma diminuição em B; $A \xrightarrow{-} B$ significa que um aumento em A conduz a uma diminuição em B e uma diminuição em A conduz a um aumento em B.

Na Figura 19, o nível de exigências do Regulador nacional relativamente aos valores dos padrões individuais de qualidade de serviço depende dos níveis de qualidade de serviço registados nos países membros da UE. Quanto maiores forem as exigências dos padrões maior será a diferença entre a qualidade exigida pelo Regulador e aquela que o Distribuidor efectivamente entrega aos consumidores (representada na Figura 19 como “Diferença de qualidade”). A melhoria (ou pioria) da qualidade de serviço aos consumidores pode atenuar (ou agravar) a “Diferença de qualidade”. Por sua vez, a “Diferença de qualidade” faz aumentar a pressão sobre a EDP Distribuição para fazer o que estiver ao seu alcance (Obrigação de actuar), com o intuito de cumprir as condições impostas pelo Regulador.

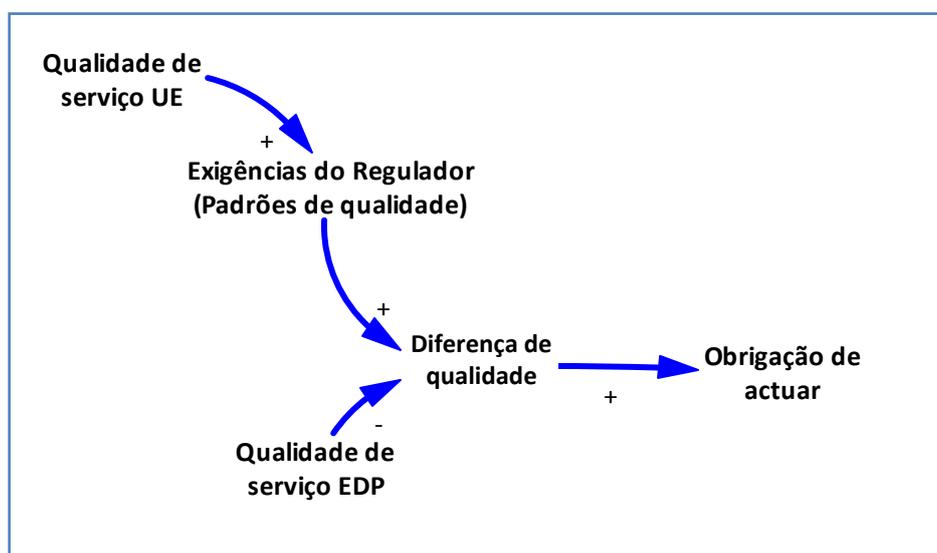


Figura 19 – Os níveis de qualidade de serviço dos distribuidores dos países da UE obrigam a EDP a actuar sobre a Qualidade de Serviço nacional.

Uma das condições impostas pelo Regulador nacional foi que a EDP Distribuição deve compensar monetariamente todos os consumidores submetidos a níveis de qualidade inferior aos níveis regulamentados no RQS.

A “Obrigação de actuar” leva a EDP a duas possíveis alternativas, indicados a seguir:

a) Uma possível alternativa é compensar os consumidores pelas falhas no fornecimento de energia eléctrica, no caso de não satisfazer as condições impostas no RQS (Figura 20). As “Compensações aos consumidores” por sua vez influenciam a “Obrigação de actuar”, na medida em que uma vez tomada esta decisão gera alívio, apesar de a curto prazo, na obrigação de o distribuidor fazer alguma coisa. O valor das compensações aos consumidores, definido pelo Regulador no RQS, é afectado pelos “Factores de compensação”, que são os valores monetários atribuídos à frequência e duração unitárias das interrupções (ver ponto 2.2 – A REGULAÇÃO DA CONTINUIDADE DO FORNECIMENTO EM PORTUGAL CONTINENTAL), e pelo “Pagamento automático”, que reflecte a política de pagamento de compensações aos consumidores. O termo “automático” designa a passagem da condição em que o pagamento das compensações era efectuado após reclamação dos consumidores afectados para a condição em que o Distribuidor é obrigado a pagar sempre que se verificar o direito ao recebimento de compensações, mesmo sem haver qualquer reclamação. Contudo, o pagamento automático das compensações não abrange todos os consumidores afectados, deixando de parte aqueles cujo valor a receber seja inferior aos custos administrativos e de processamento envolvidos. Portanto, há alguma flexibilidade na variável “Pagamento automático”.

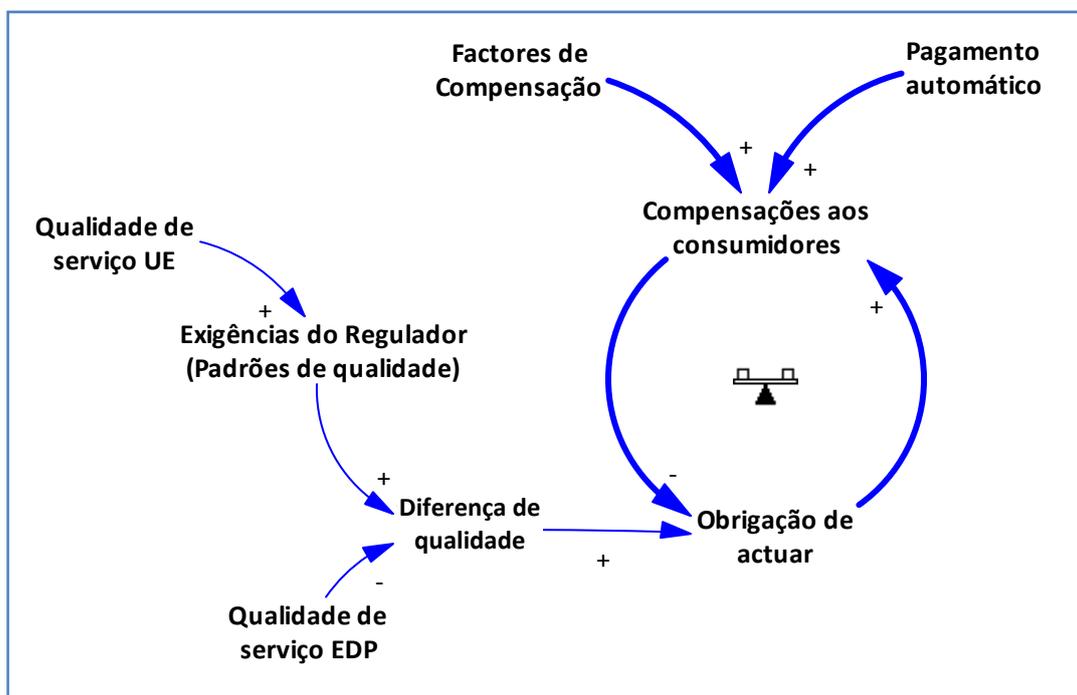


Figura 20 - A "Obrigação de actuar" pode levar a Compensações monetárias aos consumidores afectados por níveis de qualidade inferior.

b) A Figura 21 mostra a outra possível alternativa que é efectuar um “Esforço de investimento” na rede de distribuição; que por seu turno, uma vez concretizado, diminui a “obrigação de actuar”. Esta opção corresponde à solução que efectivamente contribui de forma segura para a diminuição da “Obrigação de actuar”. Mas entretanto, é uma solução de longo prazo, cuja realização é dificultada por um atraso em termos de investimentos (indicado na figura por dois traços paralelos sobre uma das setas que liga as duas variáveis aqui referidas). Ou seja, não é uma solução imediata, na medida em que pressupõe o envolvimento de recursos, nomeadamente financeiros, tecnológicos e humanos, nem sempre disponíveis no momento.

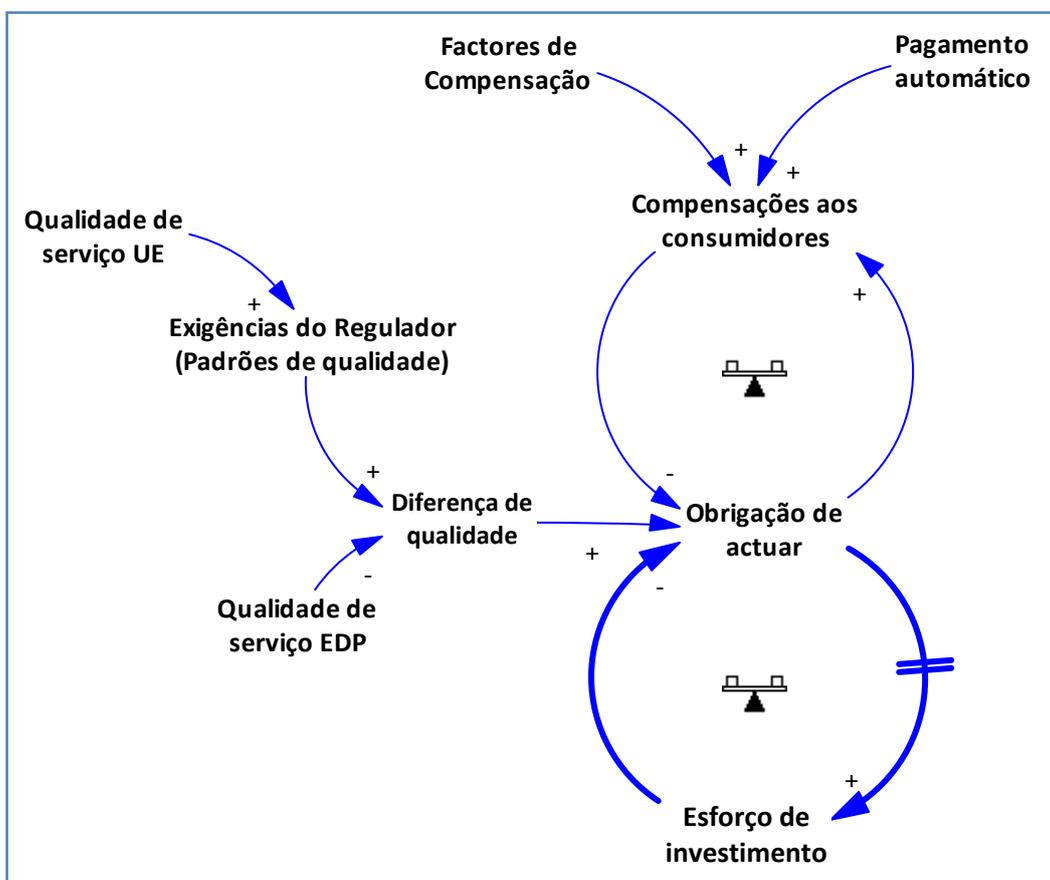


Figura 21 - A "Obrigação de actuar" pode levar à execução de trabalhos programados na rede de distribuição.

Pelas dificuldades associadas ao Esforço de investimento, como solução fundamental para a EDP melhorar a qualidade de serviço e reduzir a pressão de actuar sob o regulamento, as vezes não resta outra saída senão o Distribuidor compensar monetariamente os consumidores afectados por uma qualidade de serviço inferior à regulamentada. Esta solução,

entretanto, resolve o sintoma mas não resolve o problema. Uma vez posta em acção, afasta por algum tempo a possibilidade de recorrência à solução fundamental, pois nesta altura nenhuma pressão mais é exercida no sentido de o Distribuidor fazer alguma coisa.

Como indicado na Figura 22, as Compensações aos consumidores têm influência na Capacidade de investimento da empresa. Quanto mais o distribuidor compensar os consumidores e/ou quanto maior for a quantia desembolsada pela empresa, tanto menor será a sua capacidade para lidar com os investimentos de que necessita, por falta de recursos financeiros. Nestas condições, a falta de Capacidade de investimento funcionará como inibidor do “Esforço de investimento” na rede de distribuição. Com isso, o emprego da solução fundamental torna-se cada vez mais inalcançável, levando o distribuidor no futuro a compensar mais e mais os consumidores. Estas relações entre variáveis constituem o arquétipo acima mencionado “*Shifting the Burden*”, introduzido no ponto 5.1 – ARQUÉTIPOS DE SISTEMAS.

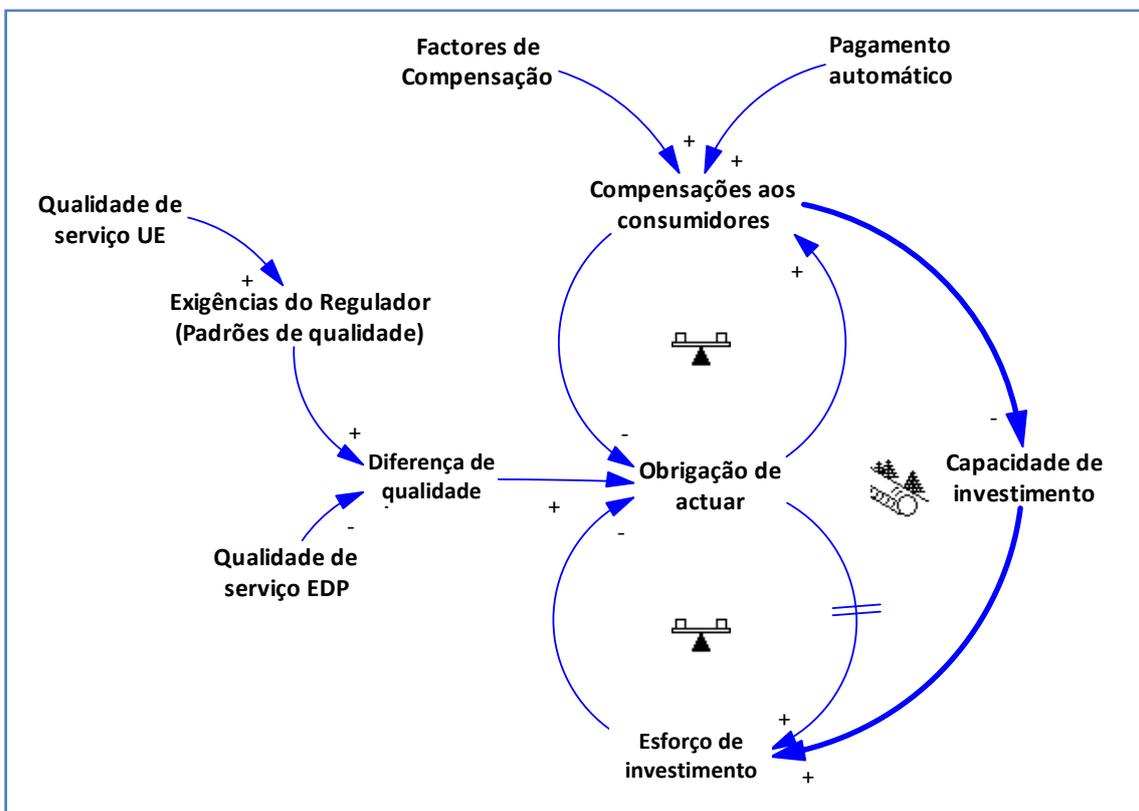


Figura 22 - As Compensações aos consumidores absorvem a Capacidade de investimento que dificultam o Esforço de Investimento.

A degradação da rede eléctrica (representada na Figura 23) é uma consequência do envelhecimento natural da rede, representado pela “Idade”, e é também uma consequência do Agravamento das “Condições meteorológicas” da região que esta rede serve.

as interrupções do fornecimento que ocorrem quando os consumidores são informados com antecedência.

Trata-se de interrupções necessárias, com vista a apresentação de uma melhor qualidade de serviço futura, mas que de imediato mostram-se prejudiciais à qualidade de serviço.

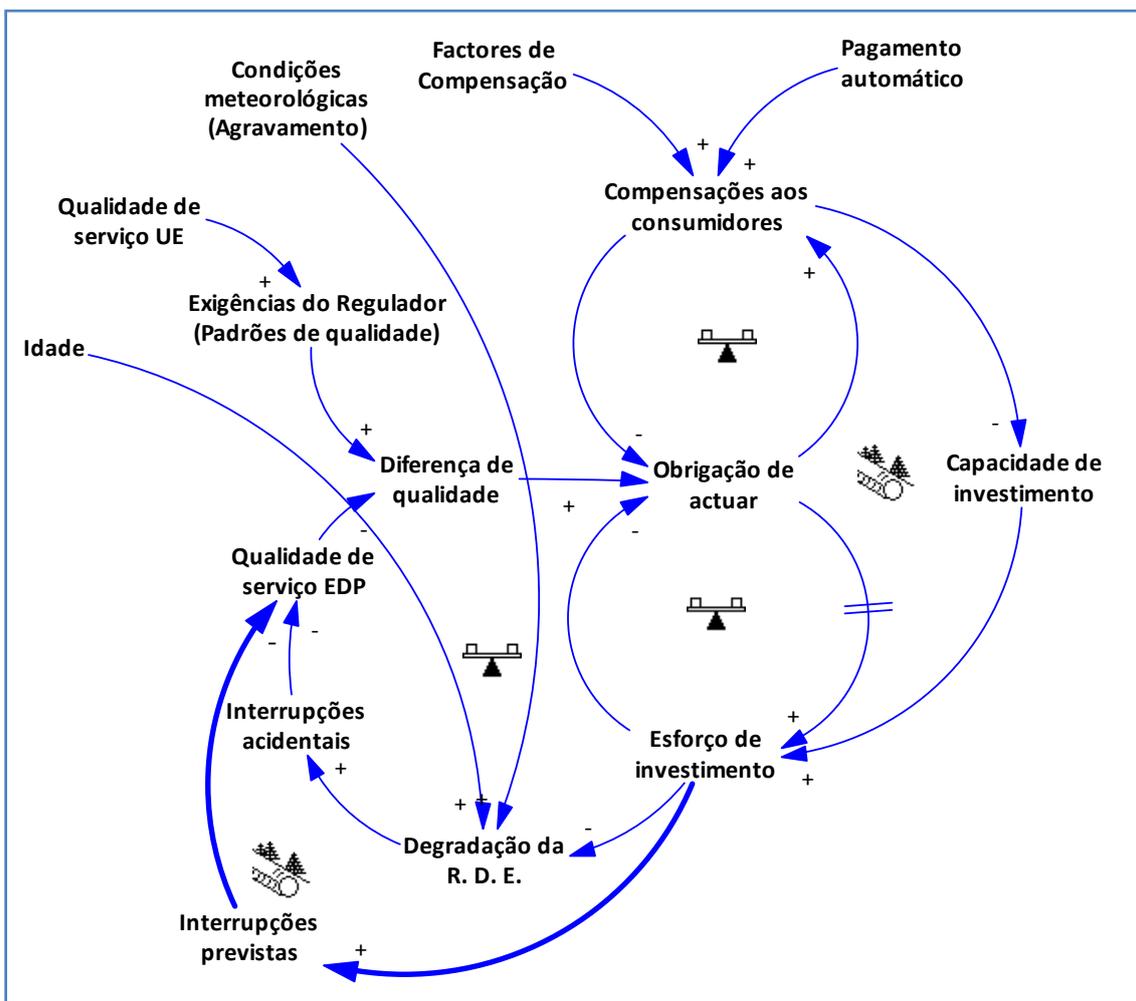


Figura 24 – As Interrupções previstas prejudicam de imediato a Qualidade de serviço da EDP

O Esforço de investimento e as Interrupções acidentais exigem Custos de investimento (Figura 25). No caso das interrupções acidentais, os custos estão relacionados com os trabalhos efectuados para o restabelecimento imediato do serviço.

Os Custos de investimento retiram Capacidade de investimento à empresa, uma vez que se traduzem em consumo de recursos financeiros.

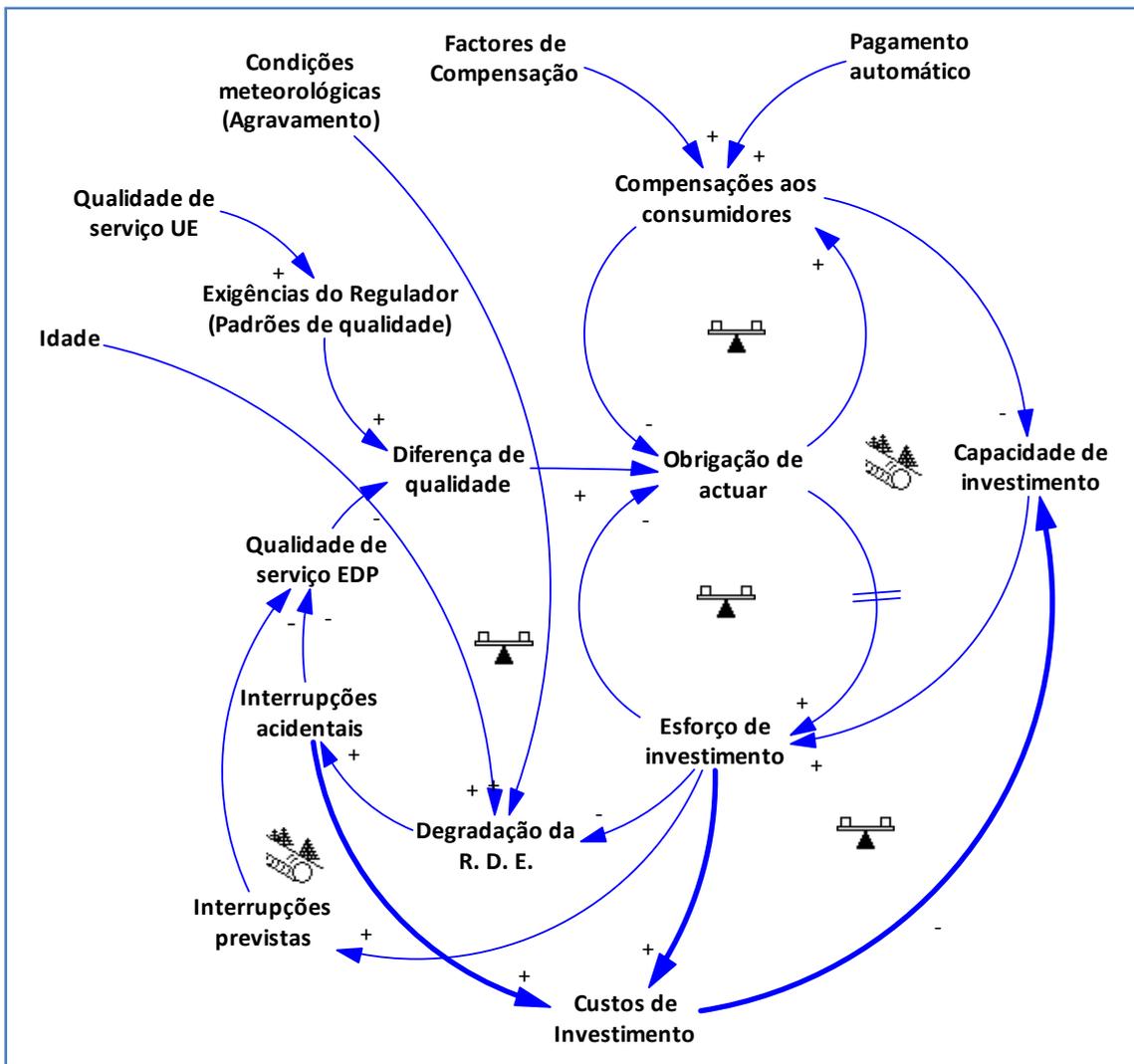


Figura 25 - As Interrupções acidentais e o Esforço de investimento retiram Capacidade de investimentos à empresa

Quando os consumidores são afectados por uma Qualidade de serviço inferior à regulamentada, o montante que não é efectivamente entregue aos mesmos sob a forma de compensação reverte-se para um “Fundo de investimento em melhoria” (Figura 26). Esta quantia que corresponde aos valores de até 2,5 € para os consumidores alimentados em BT e 5 € para os restantes consumidores (variável representada na figura por “Valores para o F.I.”), dados os custos administrativos e de processamento que envolvem, é destinada ao reforço dos programas de melhoria da infra-estrutura dirigido às zonas mais afectadas.

Por sua vez, o Fundo de investimento em melhoria reforça a Capacidade de investimento da empresa.

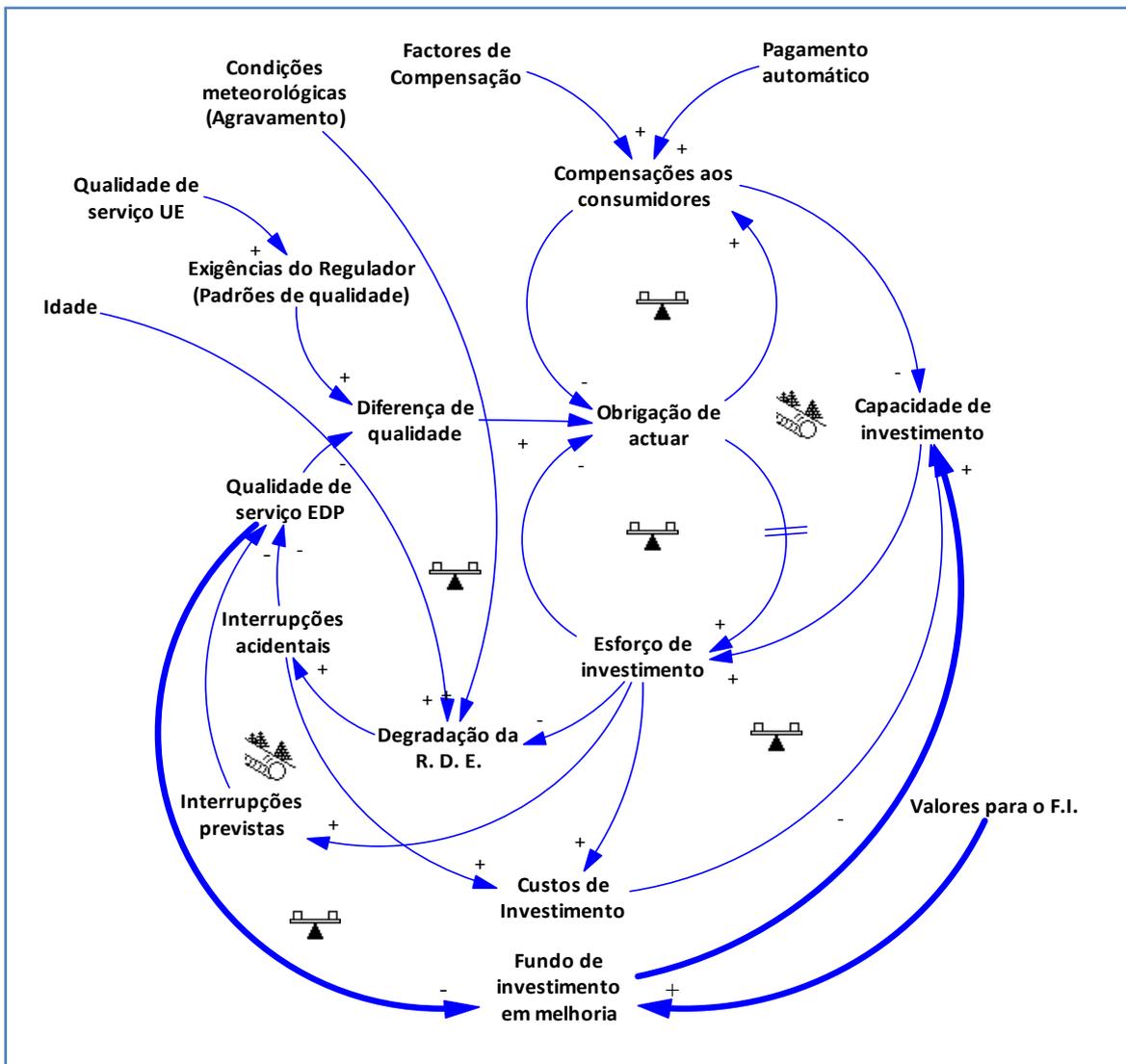


Figura 26 – O nível de Qualidade de serviço altera a Capacidade de Investimentos, via Fundo de investimento em melhoria.

A Capacidade de investimento pode ser aumentada pela “Atractividade de investimento” dos accionistas da empresa (Figura 27). Estes por terem muitas opções de investimento dentro do grupo EDP (EDP Renováveis, EDP Produção, EDP Comercialização, EDP Gás SGPS, etc.), podem ser impelidos a investir o seu dinheiro no ramo da Distribuição de energia, se a “Taxa de remuneração percebida” dos seus investimentos for suficiente para os estimular neste sentido. A Taxa de remuneração percebida é aquela que efectivamente recompensa o capital investido pelos accionistas. Esta variável depende da “Taxa de remuneração” teórica estipulada pelo Regulador e do “Grau de aceitação do investimento” também definido pelo Regulador. Ou seja, para uma dada “Taxa de remuneração”, quanto menor for o “Grau de aceitação do investimento” em melhoria pelo Regulador, menor será a

“Taxa de remuneração percebida”, na medida em que a taxa teórica definida não remunera a totalidade do investimento em causa.

Por outro lado, quanto mais compensações aos consumidores houver, pior será a imagem da empresa, e assim haverá uma menor Atractividade de investimento.

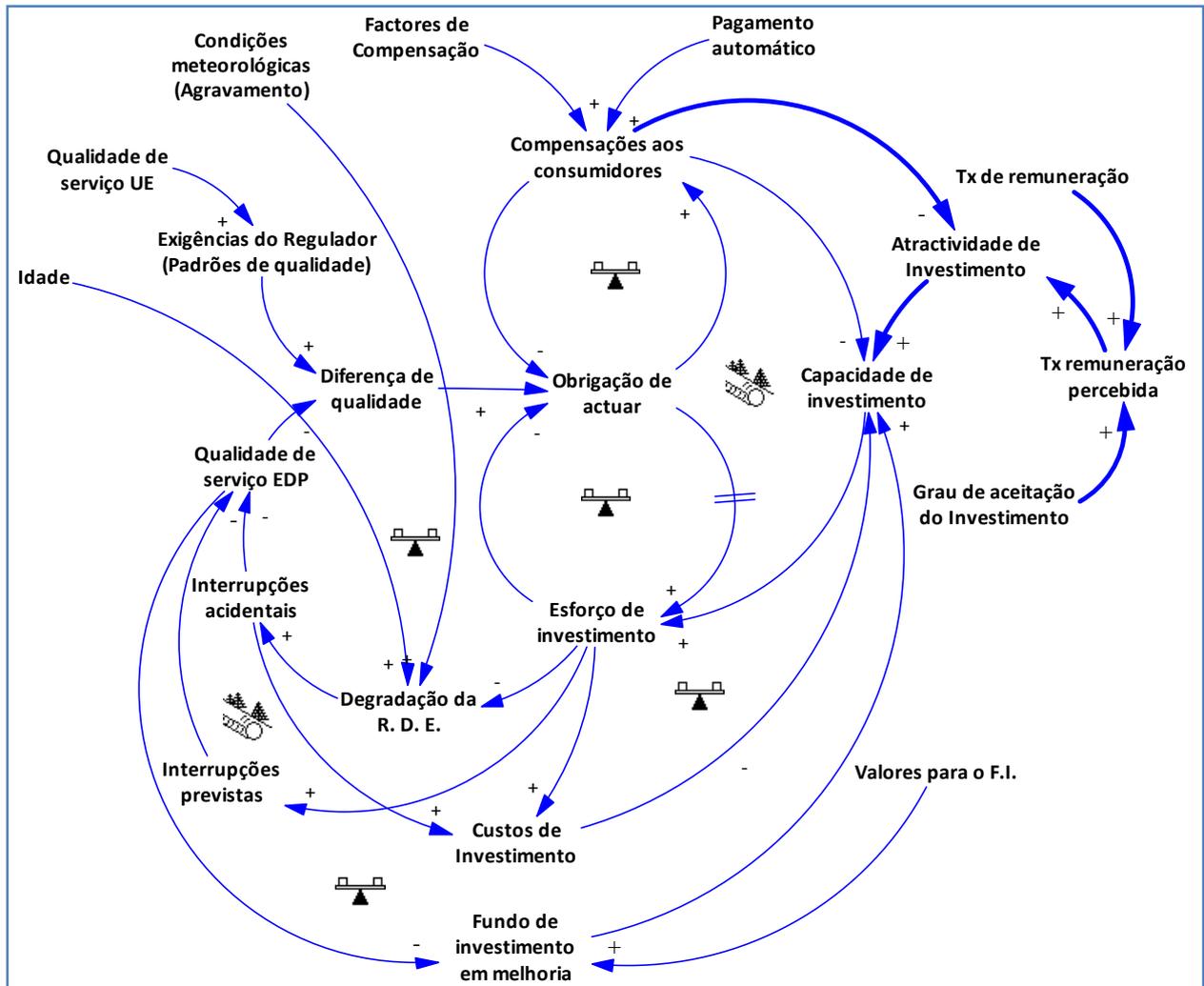


Figura 27 - A Taxa de remuneração do investimento aumenta a Capacidade de investimento

5.3. DIAGRAMA DE NÍVEIS E FLUXOS

Tal como descrito no ponto 4.2.5, os diagramas causais não estão habilitados para mostrar a evolução do sistema ao longo do tempo e dentro de um período de interesse. Para isso é necessário quantificar as variáveis daquele diagrama, recorrendo-se desta forma ao Diagrama de Níveis e Fluxos.

O modelo que será apresentado nesta parte do trabalho foi elaborado com auxílio do Software Powersim Constructor, versão 2.51 para estudantes, desenvolvido pela Powersim Software AS. Este modelo é baseado nos quatro elementos que compõem esta linguagem. É constituído por 4 Níveis, 8 Fluxos, 43 Conversores (dos quais 22 Constantes) e 59 Conectores.

Tendo em conta a grande dimensão do Diagrama de Níveis e Fluxos que espelha o comportamento do sistema em estudo, é apresentada na Figura 29 uma versão simplificada do mesmo – que não é mais senão a parte do modelo que captura o arquétipo “*Shifting the Burden*” – onde se pretende elucidar a compreensão do modelo global que consta no Anexo 2.

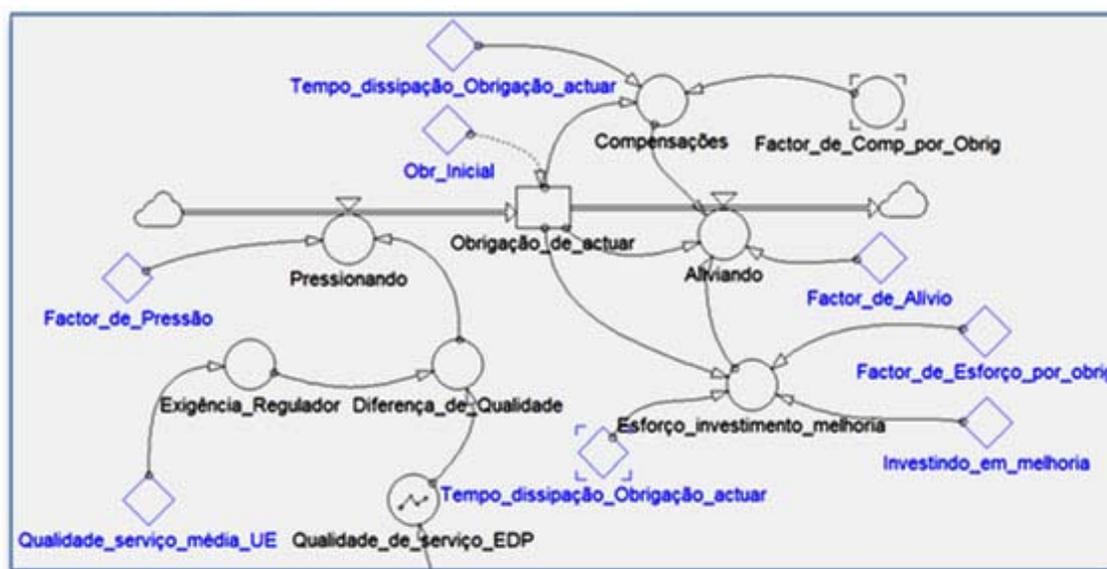


Figura 29 – Parte do Diagrama de Níveis e Fluxos que mostra o arquétipo “*Shifting the Burden*”

O modelo na Figura 29 é constituído por um Nível representado pela “Obrigação de actuar” – variável que expressa a obrigação anual do distribuidor fazer o que estiver ao seu alcance com o intuito de cumprir as condições impostas no RQS. Este Nível cai a zero toda vez que forem feitos investimentos em melhoria da qualidade do serviço ou os consumidores forem compensados pela qualidade de serviço inferior, através do Fluxo de saída “Aliviando”, que é expresso pela seguinte equação:

$$\text{Aliviando} = \text{IF}(\text{Compensações} > 0 \text{ OR } \text{Esforço_investimento_melhoria} > 0, \text{Obrigação_de_actuar} * \text{Factor_de_Alívio}, 0) \quad (7)$$

O “Factor_de_Alívio” presente na Equação (7) é uma constante que indica a atenuação que sofre o Nível “Obrigação de actuar” por cada valor unitário deste Nível.

A variável “Compensações” é um Conversor, representado pela seguinte equação:

$$\text{Compensações} = \frac{\text{Factor_de_Comp_por_Obrig} * \text{Obrigação_de_actuar}}{\text{Tempo_dissipação_Obrigação_actuar}} \quad (8)$$

O Conversor “Factor_de_Comp_por_Obrig” é a variável que expressa a quantia compensada aos consumidores por cada valor unitário do Nível “Obrigação de actuar”.

O “Tempo_dissipação_Obrigação_actuar” é uma constante que expressa o período de tempo que leva o Nível “Obrigação de actuar” a cair a zero. Este tempo é de um ano.

A variável “Esforço_investimento_melhoria”, como Conversor, é representada pela seguinte equação:

$$\text{Esforço_investimento_melhoria} = \text{IF}(\text{Consumo_max_da_capac} > \frac{\text{Obrigação_da_actuar} * \text{Factor_de_Esforço_por_obrig}}{\text{Tempo_dissipação_Obrigação_actuar}}, \frac{\text{Obrigação_da_actuar} * \text{Factor_de_Esforço_por_obrig}}{\text{Tempo_dissipação_Obrigação_actuar}}, \frac{\text{Consumo_max_da_capac}}{2}) \quad (9)$$

O esforço de investimento em melhoria depende da capacidade de investimento da Companhia Distribuidora. Pese embora o modelo representado na Figura 29 não capturar este dado presente no modelo global em anexo 2, é importante incluí-lo aqui na apresentação da equação. Pois o comportamento da variável “Esforço_investimento_melhoria” depende significativamente daquela variável, representada na equação pelo “Consumo_max_da_capac”. Esta última variável integra o facto de que, se o investimento necessário em melhoria for superior a capacidade de investimento disponível, então não se faz todo investimento necessário.

O “Factor_de_Esforço_por_Obrig” é a variável que expressa a quantia que é dispendida em investimento por cada valor unitário do Nível “Obrigação de actuar”.

O Nível “Obrigação de actuar” é afectado, por outro lado, pela variável “Diferença_de_Qualidade” (que expressa a diferença entre a qualidade exigida pelo Regulador e aquela que é efectivamente entregue aos consumidores), através do Fluxo “Pressionando” que o faz aumentar, dado pela seguinte equação:

$$\text{Pressionando} = \text{Factor_de_Pressão} * \text{Diferença_de_Qualidade} \quad (10)$$

O “Factor_de_Pressão” é a constante que expressa quanto de “obrigação de actuar” existe em cada valor unitário de qualidade de serviço.

Pelo facto do tratamento dos dados presentes nos Relatórios de Qualidade de Serviço da EDP Distribuição requererem muito mais tempo que aquele disponível para a execução deste trabalho – pela complexidade inerente a organização do sistema eléctrico nacional –, associada a dificuldade de obtenção de dados de carácter sigiloso, não foi possível quantificar as variáveis presentes no modelo com dados reais. Optou-se por apresentar, em alternativa, valores de carácter apenas demonstrativo. Esta decisão, entretanto, não põe em causa a boa forma do modelo apresentado, uma vez que como dito anteriormente, o que se pretende com a execução do trabalho é a demonstração do comportamento do sistema, construído a partir dos modelos mentais dos agentes da instituição acima referida, e não fazer qualquer análise de sensibilidade dos resultados obtidos do modelo.

Para determinadas variáveis, dada a subjectividade associada a quantificação das mesmas e a dificuldade na definição das unidades que as representam – como é o caso, na Figura 29, do Nível “Obrigação_de_actuar”, do Conversor “Qualidade_de_serviço_EDP ” da Constante “Qualidade_serviço_média_UE” e demais variáveis presentes no modelo global – preferiu-se representá-las por índices. Como resultado, o modelo vai apresentar acréscimos ou decréscimos no valor destes índices em lugar dos seus valores absolutos.

É importante notar que os índices e os valores definidos para determinadas variáveis foram escolhidos arbitrariamente, mas não têm por isso efeitos menos próprios na simulação do modelo, uma vez que esta selecção foi feita de forma consistente em todo o modelo.

Deste modo, o Nível “Obrigação de actuar” toma inicialmente o valor adimensional de 7,5, dada pela constante “Obr_inicial”. Este Nível varia conforme a equação abaixo representada:

$$\text{Obrigação_de_actuar} = -dt * \text{Aliviando} + dt * \text{Pressionando} \quad (11)$$

As constantes “Qualidade_serviço_média_UE”, “Factor_de_pressão”, “Factor_de_alívio”, “Factor_de_esforço_por_obrig” e “Tempo_dissipação_Obrigação_actuar”, tomam respectivamente os valores de 100 [%], $0,1 \left[\frac{1}{\% \cdot \text{ano}} \right]$, $1 \left[\frac{1}{\text{ano}} \right]$, 5×10^6 [€] e 1 [ano].

As equações das variáveis ou valores das constantes de todos os elementos do Modelo Global encontram-se em Anexo 3.

5.3.1. Painel de Controlo do Modelo

Desenvolveu-se neste trabalho um Painel de Controlo, que permite ao utilizador do modelo testar diferentes políticas ou simular vários cenários sem a necessidade de aceder ao modelo completo e, efectuar nele as alterações necessárias. Pretende-se demonstrar o que sucederia ao sistema se as variáveis apresentadas no ponto 5.2, cujos valores estão sujeitos a regulação, sofressem alterações; nomeadamente:

- O valor das compensações aos consumidores fosse aumentado ou diminuído;
- Houvesse direito ao pagamento das compensações de forma automática ou não;
- O valor do fundo de investimento em melhoria de qualidade fosse aumentado;
- O valor da taxa de remuneração do investimento fosse aumentado ou diminuído e;
- O grau de aceitação do investimento fosse total ou parcial.

Adicionalmente foi introduzida a variável “investindo em melhoria”, que é uma variável binária com a qual se pretende demonstrar como é feita a adequação do comportamento do modelo ao arquétipo “*Shifting the Burden*”.

Na Figura 30 pode-se apreciar o formato do Painel de Controlo, que engloba todas as variáveis acima mencionadas. O software *Powersim* permite também incluir gráficos dinâmicos, que serão apresentados mais adiante na Secção 6. Estes gráficos permitem rapidamente ter uma ideia de como cada variação nas variáveis presentes no Painel de Controlo influencia directamente o resultado do processo. Os parâmetros do Painel de Controlo podem ser modificados através dos controlos deslizantes. A medida que os parâmetros são modificados, os gráficos variam automaticamente os seus resultados.

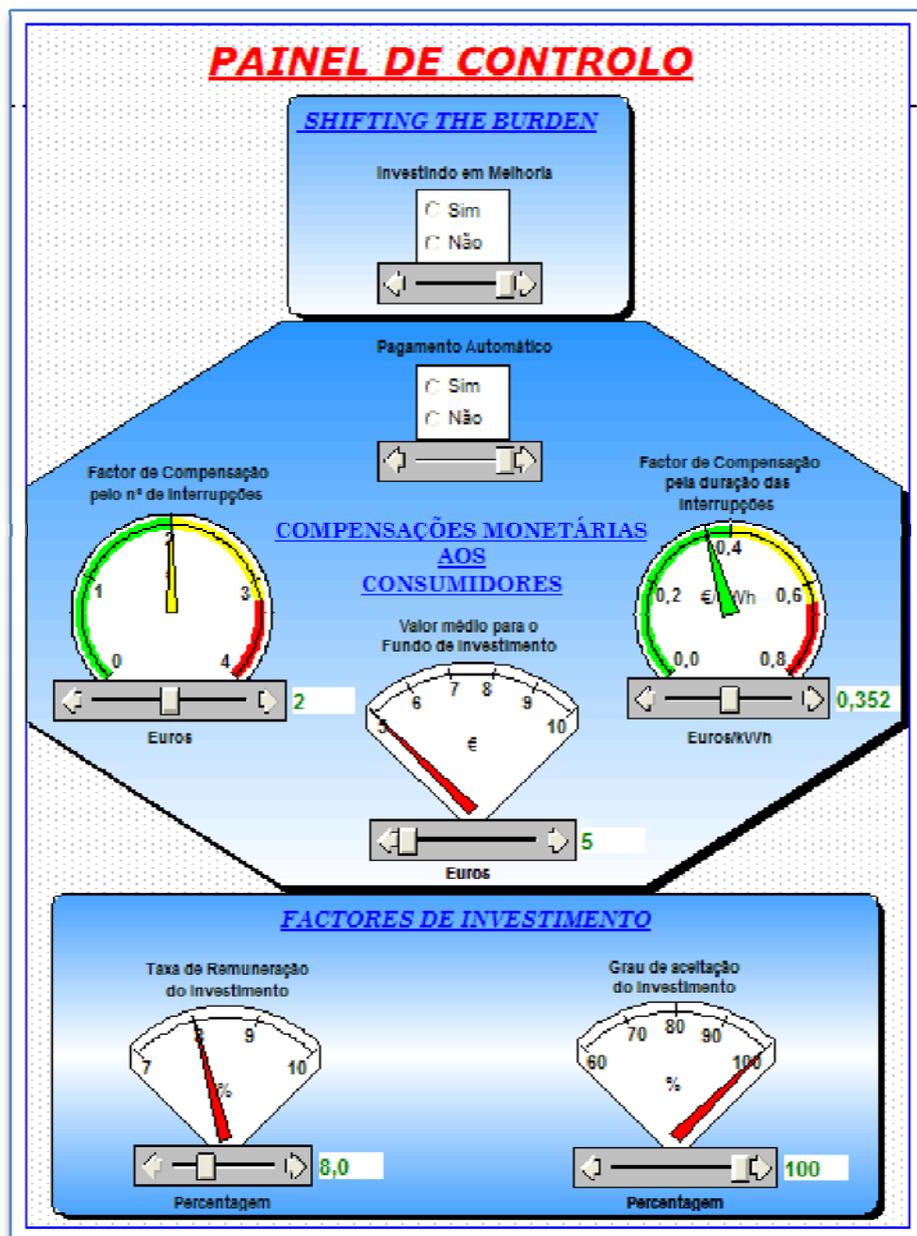


Figura 30 - Painel de Controlo

6. ANÁLISE DE POLÍTICAS

6.1. O ARQUÉTIPO “SHIFTING THE BURDEN”

O arquétipo “*Shifting the Burden*” representado na Figura 18, pressupõe que, sempre que o Distribuidor tenha a obrigação de fazer alguma coisa para baixar a pressão imposta pelo Regulador, irá decidir unicamente entre compensar os consumidores e não fazer qualquer investimento, ou fazer investimentos em melhoria da qualidade e não pagar as compensações. Nestas condições e pela obrigatoriedade do Distribuidor compensar os consumidores sempre que forem afectados por uma qualidade de serviço inferior, recorrer-se-á permanentemente à primeira opção. Esta opção equivale a colocar o controlador “Investindo em melhoria” na posição “Não” e ter o Painel de Controlo configurado da forma indicada na Tabela 7:

Tabela 7 - Configuração do Painel de Controlo para o “*Shifting the Burden*”

CONTROLADORES	VALORES
<i>Investindo em melhoria</i>	<i>Não</i>
<i>Pagamento Automático</i>	<i>Sim</i>
<i>Factor de Compensação pelo nº de interrupções</i>	<i>2€</i>
<i>Factor de Compensação pela duração das interrupções</i>	<i>0,352 €/kWh</i>
<i>Valor médio para o Fundo de Investimento</i>	<i>5€</i>
<i>Taxa de Remuneração do Investimento</i>	<i>8%</i>
<i>Grau de aceitação do Investimento</i>	<i>100%</i>

Com o simulador inicializado com estes valores, o resultado da falta de investimento é que a qualidade de serviço oferecida pela EDP Distribuição vai baixando com o passar dos anos e, conseqüentemente, vai aumentando a diferença entre a qualidade oferecida e a exigida pelo Regulador. O comportamento destas variáveis está indicado no gráfico dinâmico da Figura 31.

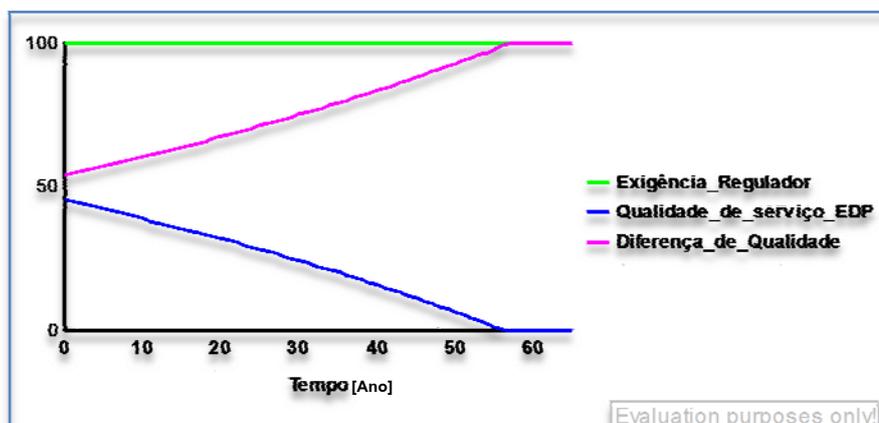


Figura 31 - Comportamento da Qualidade de Serviço

O aumento da diferença de qualidade implicará o aumento anual da obrigação de actuar, variável apresentada na Figura 32. Isto porque haverá a necessidade de cada vez mais compensar os consumidores em decremento da qualidade do serviço entregue aos mesmos.

A Figura 32 representa o comportamento típico do arquétipo “*Shifting the Burden*”, apresentado no ponto 5.1, Figura 18. Por limitações do software utilizado, não foi possível apresentar a variação anual até ao valor nulo que sofre a variável “Obrigação de actuar”, pois o software não o faz. Apenas foi possível obter, a partir deste software, o valor máximo que a mesma atinge em cada ano. Na realidade, o valor desta variável cai anualmente a zero, situação visível no interior do círculo presente na Figura 18.

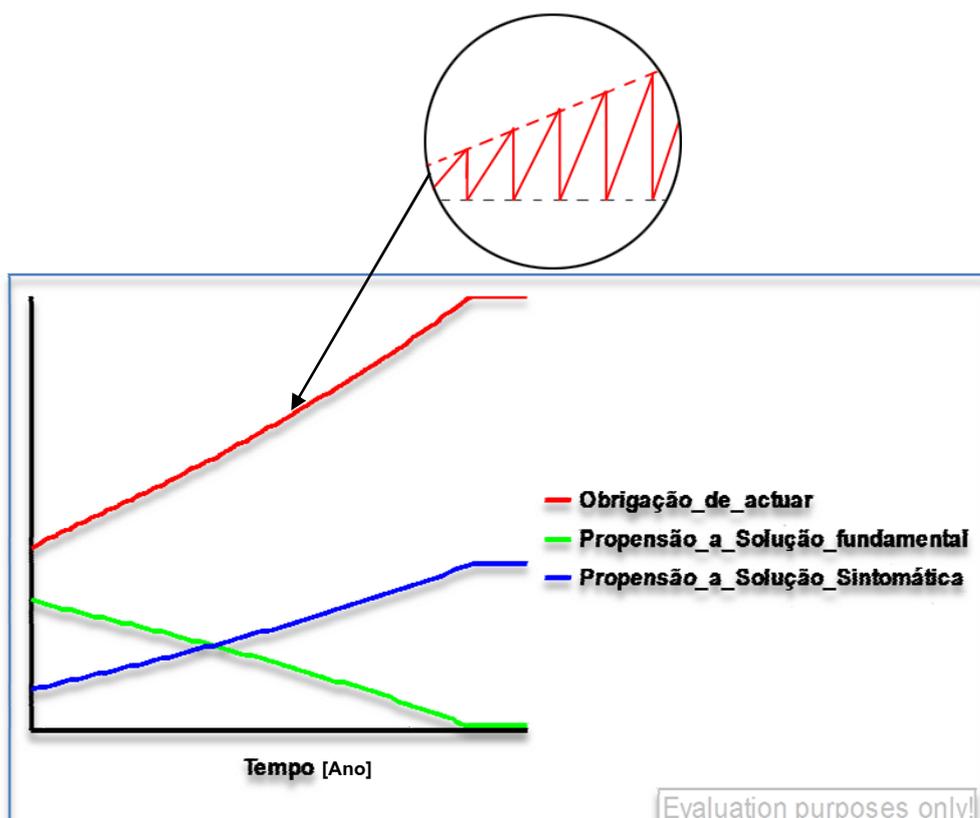


Figura 32 - Comportamento da Obrigação de actuar

O aumento anual do valor das compensações vai absorvendo a capacidade de investimento (Figura 33). Esta condição torna ainda mais difícil a aplicação da solução fundamental (representada na Figura 32), que corresponde a intenção do Distribuidor fazer investimentos em melhoria da qualidade. Assim em contrapartida, cria-se incentivos para a aplicação da solução sintomática (representada na Figura 32), que corresponde a intenção de compensar os consumidores.

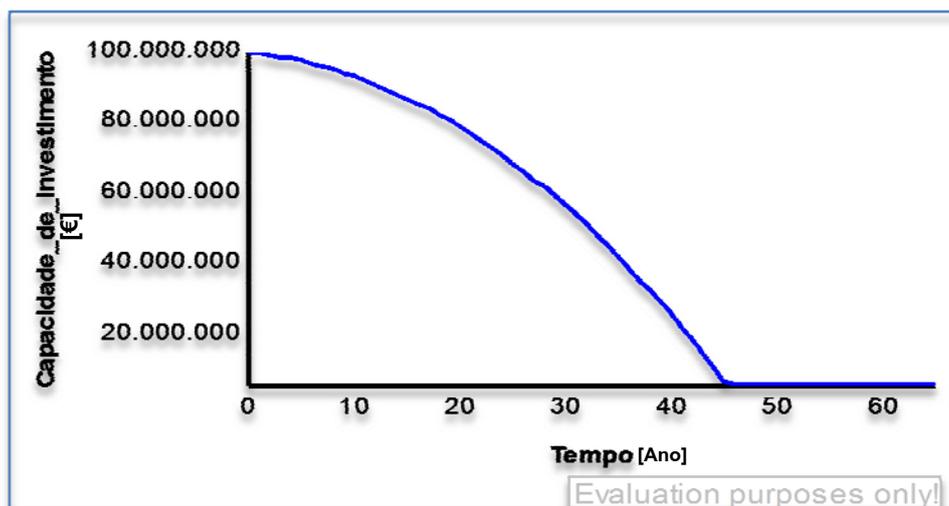


Figura 33 - Comportamento da Capacidade de investimento

6.2. POLÍTICAS EM ESTUDO

A situação descrita anteriormente é utópica, apresentada simplesmente com o intuito de mostrar como é feita a consonância do sistema em análise ao arquétipo objecto de estudo. Na realidade, acontece que a EDP Distribuição faz gradualmente investimentos em melhoria da qualidade ao mesmo tempo que vai compensando os consumidores pela diferença de qualidade em relação ao nível desejado pelo Regulador.

Nestas condições, regista-se uma ligeira alteração no comportamento das variáveis, pelo que, pretende-se nesta parte do trabalho clarificar o comportamento do sistema para diferentes políticas de regulação a apresentar. Deseja-se especificamente observar, não tanto o comportamento do arquétipo em si, mas o comportamento de algumas variáveis externas ao arquétipo que sofrem uma influência directa do mesmo.

Muito embora o Painel de Controlo apresentado permite uma grande combinação de políticas, debruçar-se-á apenas em quatro delas, que foram enfatizadas pelo Distribuidor, no sentido de chamar a atenção ao Regulador para os seus efeitos, ficando as restantes ao critério do utilizador do simulador.

6.2.1. POLÍTICA 1: MANTENDO-SE A SITUAÇÃO ACTUAL

Nas condições existentes actualmente no mercado de distribuição de energia eléctrica o Painel de Controlo toma os valores apresentados na Tabela 8.

Tabela 8 - Configuração do Painel de Controlo (Política 1)

CONTROLADORES	VALORES
<i>Investindo em melhoria</i>	<i>Sim</i>
<i>Pagamento Automático</i>	<i>Sim</i>
<i>Factor de Compensação pelo nº de interrupções</i>	<i>2€</i>
<i>Factor de Compensação pela duração das interrupções</i>	<i>0,352 €/kWh</i>
<i>Valor médio para o Fundo de Investimento</i>	<i>5€</i>
<i>Taxa de Remuneração do Investimento</i>	<i>8%</i>
<i>Grau de aceitação do Investimento</i>	<i>100%</i>

Considerando que o instante igual a zero do simulador corresponde exactamente ao período em que se dá início a regulação do sector eléctrico (ano 2000), devido à satisfatória capacidade de investimento inicialmente existente (Figura 35, instante igual a zero), o Distribuidor faz todo investimento necessário que as suas condições técnicas permitem. O nível de qualidade de serviço tem então um crescimento acelerado até ao instante dado pela linha L1 (representada na Figura 34).

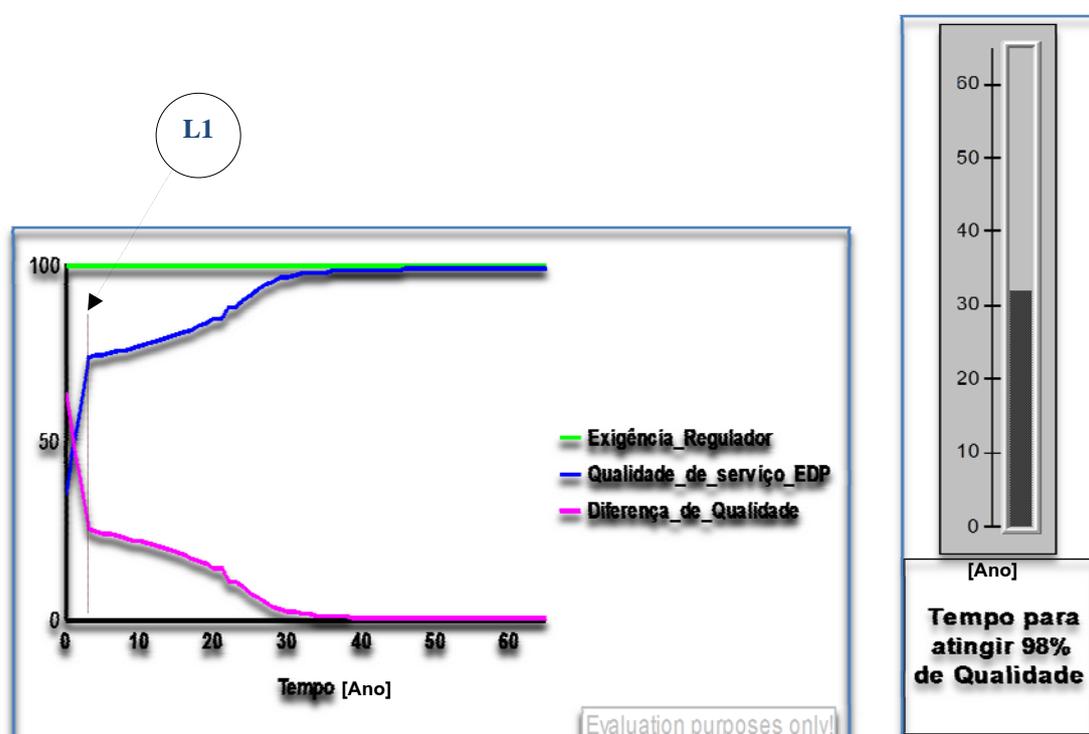


Figura 34 - Comportamento da Qualidade de Serviço (Política 1)

O rápido crescimento do nível de qualidade do serviço é feito a custa de muito investimento, dada a pressão em atingir-se níveis satisfatórios de qualidade. Portanto, a capacidade de investimento (Figura 35) não tem a aptidão de regeneração adequada para cobrir a intenção de crescimento anual do nível de serviço. Como resultado, a capacidade de investimento vai sofrendo consideráveis decréscimos até ao ponto B.

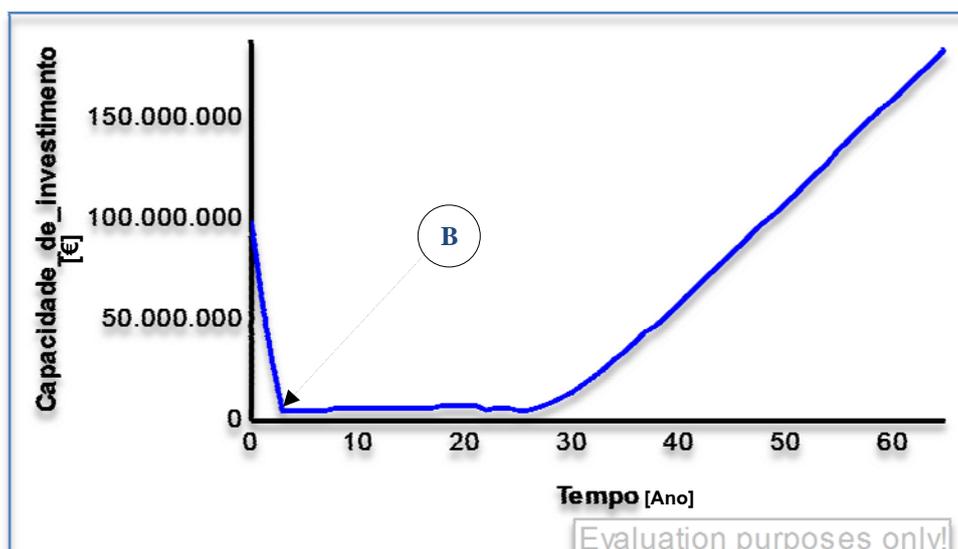


Figura 35 - Comportamento da Capacidade de Investimento (Política 1)

A partir do momento que a capacidade de investimento atingir o ponto B, o Esforço em melhoria que anteriormente era igual ao investimento necessário²⁵ (indicado na Figura 36 com o ponto C), passa a ser inferior em relação a esta variável. Este comportamento deve-se ao facto de, a partir deste instante, não se dispor de capacidade financeira suficiente para cobrir o investimento necessário em melhoria da qualidade.

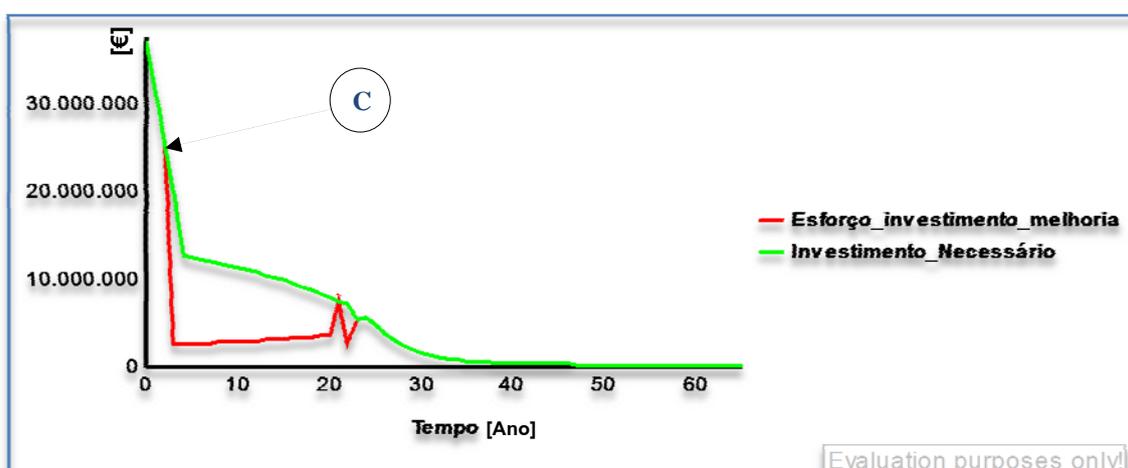


Figura 36 - Comportamento do Esforço de investimento em melhoria vs. Investimento necessário (Política 1)

²⁵ Variável que representa o investimento anual máximo possível, que as condições técnicas do Distribuidor permitem.

Como resultado, há um abrandamento no crescimento do nível de qualidade de serviço (a partir da linha L1, representado na Figura 34). A consequência é que se leva mais tempo a atingir-se os níveis de qualidade pretendidos pelo Regulador e pelo Distribuidor. Esta situação está representada no gráfico da Figura 34, em que do lado direito da mesma pode-se observar na barra apresentada, o tempo que se leva a atingir 98% do nível de qualidade exigido pelo Regulador, cujo valor em termos de simulação corresponde a 33 anos.

A redução anual que se sente nas compensações aos consumidores sofre uma atenuação durante o período de abrandamento do crescimento do nível de qualidade de serviço (Figura 37). Esta situação, que tem início no ponto D, dificulta a rápida recuperação da capacidade de investimento para fazer cobrir a futuros Esforços em melhoria da qualidade de serviço.

Com o passar dos anos, o investimento necessário vai sendo cada vez menor em resultado do esforço despendido em melhoria. Só a partir do momento em que o Esforço em melhoria volta a igualar o investimento necessário (Figura 36, intervalo compreendido entre os 20 e 30 anos de simulação) é que a capacidade de investimento vai melhorando continuamente (Figura 35, a partir do intervalo compreendido entre os 20 e 30 anos de simulação). Este comportamento aparece como resultado, por um lado da diminuição gradual dos valores das variáveis “investimento necessário” e “compensações”, e por outro do aumento do Fluxo de receitas, pela boa imagem da empresa em decremento das compensações (explicado no ponto 5.2, Figura 27). Mais adiante, apresentar-se-ão as interações destas últimas variáveis e as suas influências no sistema.

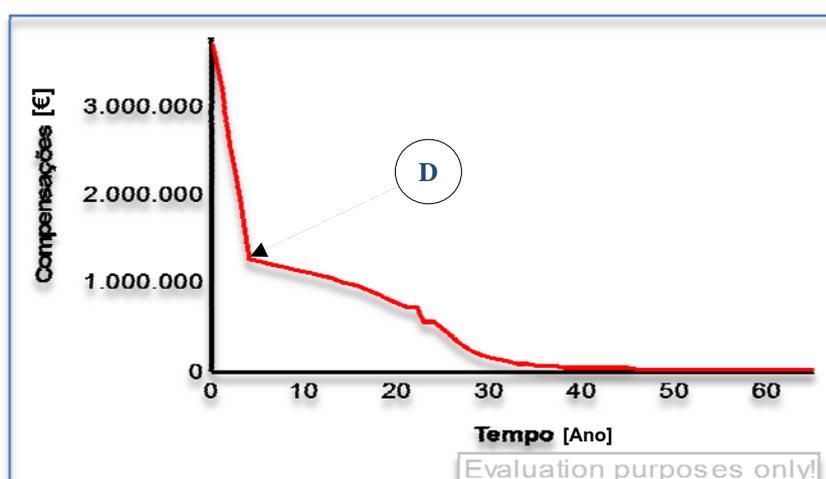


Figura 37 - Comportamento das Compensações (Política 1)

Olhando para a Figura 3 e Figura 4 que nos apresentam o número e a duração das interrupções acidentais, nota-se que a partir de 2004 há um abrandamento na redução anual do valor destes indicadores. Como a qualidade de serviço é função do número e duração das

interrupções, pode-se afirmar que a partir desta altura se regista uma atenuação na melhoria da qualidade do serviço.

O gráfico da qualidade de serviço, apresentado agora na Figura 38, consegue descrever este comportamento dos indicadores de qualidade (número e duração das interrupções) no instante de simulação igual a 3 anos, marcado pela linha L1.

Já decorreram 4 anos desde 2004 – altura em que teve início o abrandamento da redução anual dos indicadores – até ao momento actual. Assumiu-se entretanto que, o momento actual no simulador corresponde ao instante de tempo igual a 6 anos (Figura 38, linha L2). Conclui-se assim que, o comportamento do gráfico de qualidade de serviço a partir da linha L2 para trás espelha o que já aconteceu no mercado de distribuição de energia, e que desta linha em diante espelha o que pode vir a acontecer se as condições de regulação se mantiverem as mesmas.

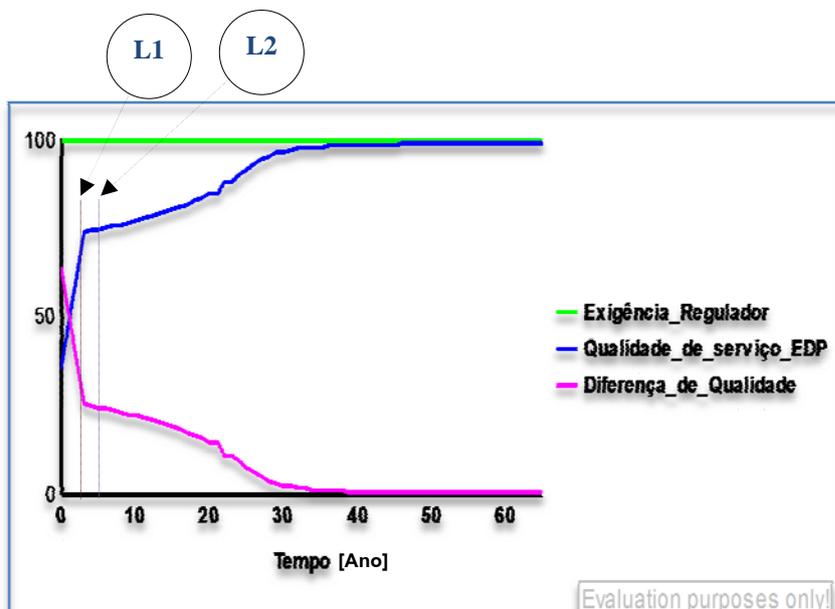


Figura 38 - Comportamento da Qualidade de Serviço (Política 1)

Para os próximos cenários, procurar-se-á fazer as alterações do painel de controlo decorridos 6 anos de simulação com as condições actualmente existentes. Isto para se ter um comportamento mais realista do sistema (das situações que podem ocorrer).

6.2.2. POLÍTICA 2: AUMENTANDO O VALOR DAS COMPENSAÇÕES

A Tabela 9 apresenta a configuração do painel de controlo, para elucidar o comportamento do sistema baseado no aumento do valor dos factores de compensação do número e duração das interrupções (comentados nos pontos 2.2 e 5.2).

Tabela 9 - Configuração do Painel de Controlo (Política 2)

CONTROLADORES	VALORES
<i>Investindo em melhoria</i>	<i>Sim</i>
<i>Pagamento Automático</i>	<i>Sim</i>
<i>Factor de Compensação pelo nº de interrupções</i>	<i>3€</i>
<i>Factor de Compensação pela duração das interrupções</i>	<i>0,528 €/kWh</i>
<i>Valor médio para o Fundo de Investimento</i>	<i>5€</i>
<i>Taxa de Remuneração do Investimento</i>	<i>8%</i>
<i>Grau de aceitação do Investimento</i>	<i>100%</i>

Se no momento actual (instante dado pela linha L2, Figura 39) o Regulador aumentar o valor dos factores de compensação (para obrigar o Distribuidor ao investimento em melhoria, ou então por julgar dar um tratamento mais digno aos consumidores lesados) a qualidade de serviço levará ainda mais tempo a atingir os níveis desejados (Figura 39). Em termos de simulação este tempo corresponde a 40 anos, dado pela barra no lado direito da mesma figura.

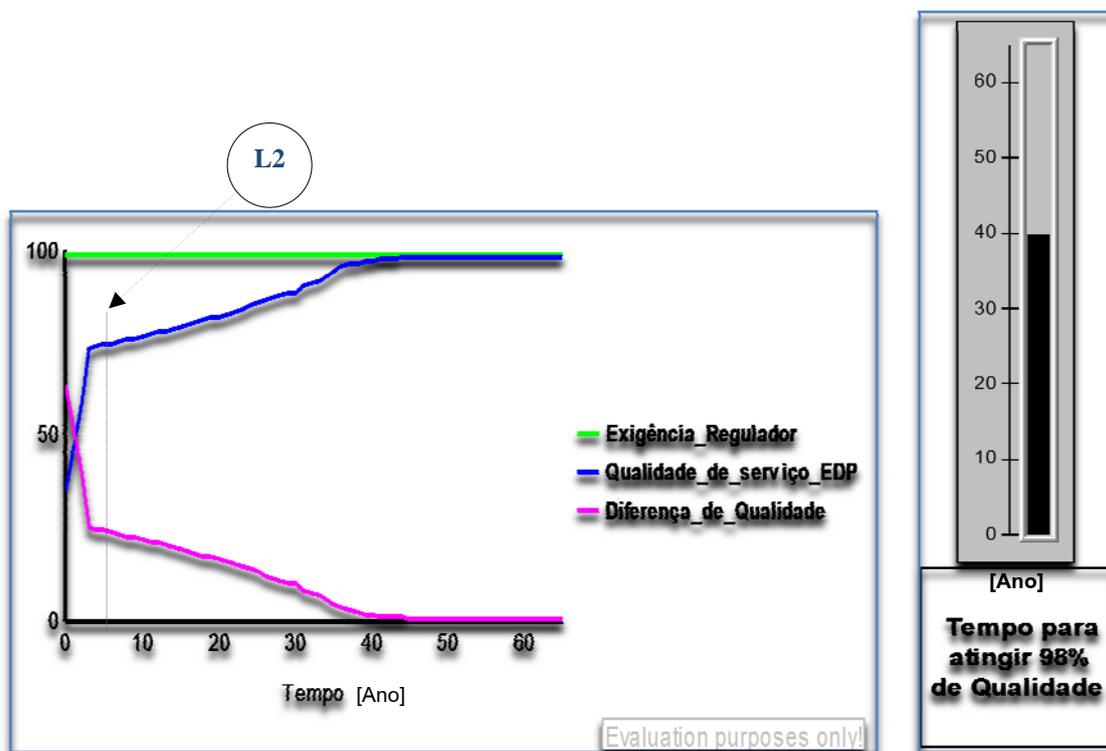


Figura 39 - Comportamento da Qualidade de Serviço (Política 2)

A razão deste comportamento está no facto de que, com o aumento no valor dos factores de compensação desencadeia-se um agravamento nas compensações pagas aos consumidores (comportamento observado a partir da linha L2, Figura 40). Este agravamento dificulta por mais tempo a recuperação da capacidade de investimento, que na simulação só acontece entre os 30 e os 40 anos (Figura 41).

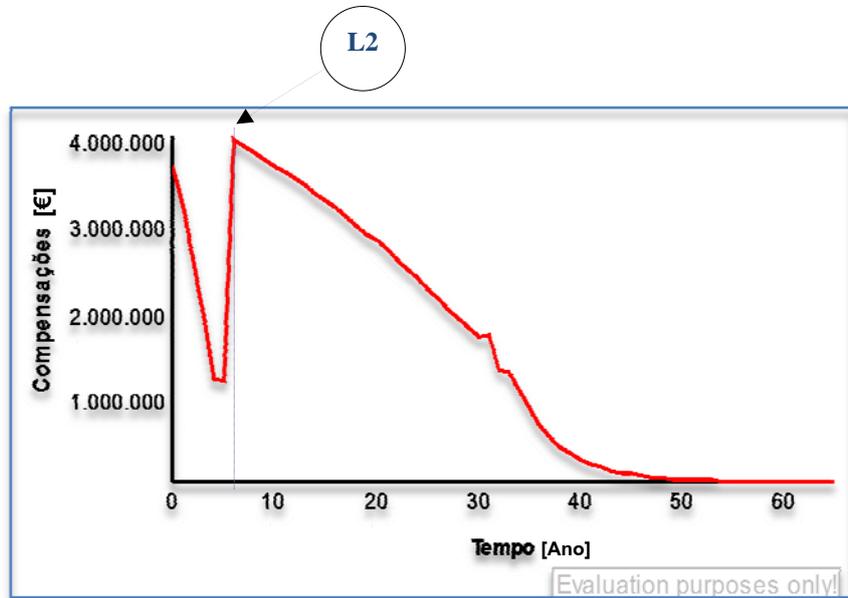


Figura 40 - Comportamento das Compensações (Política 2)

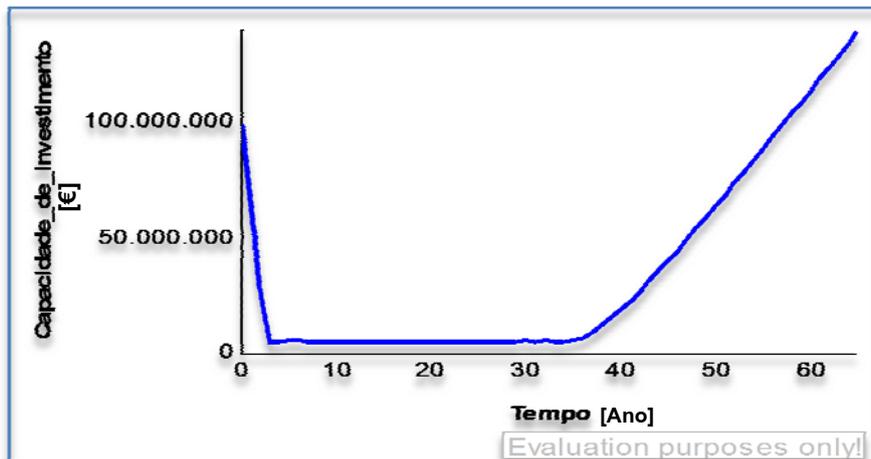


Figura 41 - Comportamento da Capacidade de Investimento

Deste modo, prolonga-se por mais tempo a diferença entre o esforço em melhoria despendido e o investimento necessário (Figura 42), levando a qualidade de serviço a atingir os níveis desejados mais tardiamente.

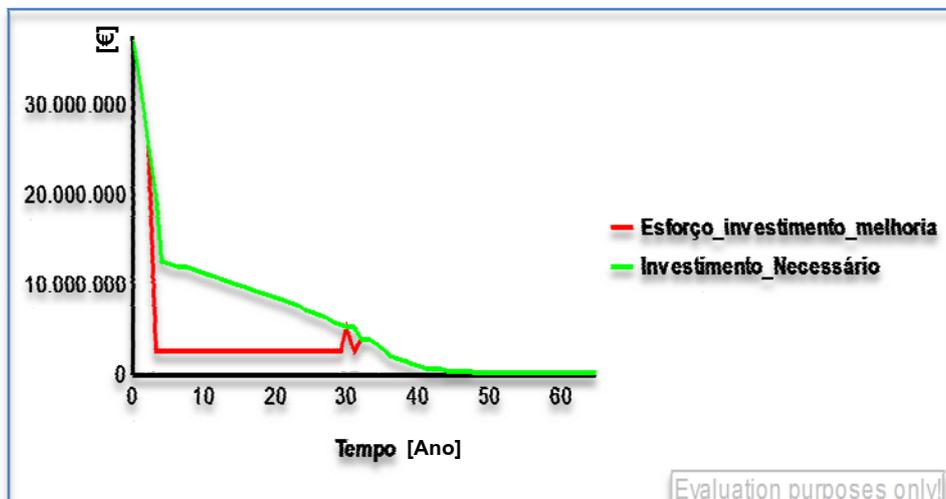


Figura 42 - Comportamento do Esforço de investimento em melhoria vs. Investimento necessário (Política 2)

Se por hipótese, os valores presentes na Tabela 9 fossem introduzidos logo no início da regulação do sector eléctrico, que corresponde no simulador ao instante igual a zero, então pelas mesmas razões, a qualidade de serviço levava mais tempo ainda a atingir os níveis desejados, tempo de simulação correspondente a 55 anos (dado pela barra da Figura 43).

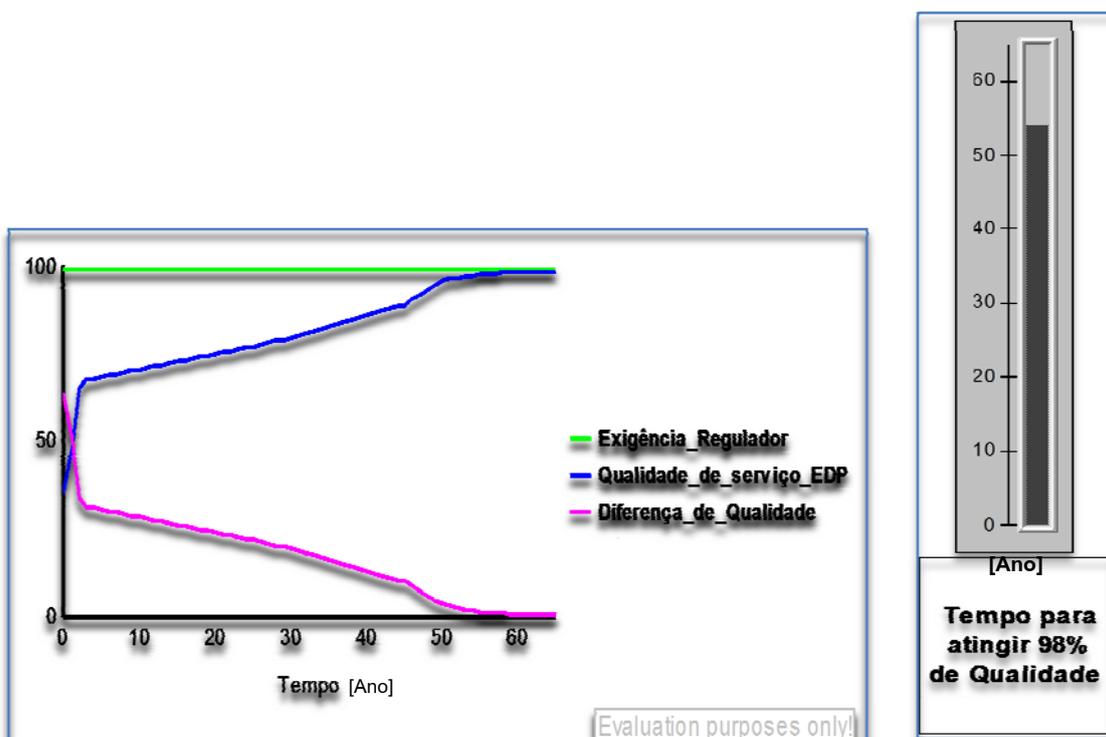


Figura 43 - Comportamento da Qualidade de Serviço (Política 2)

6.2.3.POLÍTICA 3: DIMINUINDO O VALOR DAS COMPENSAÇÕES

Pretende-se demonstrar agora o que acontece ao sistema caso o Regulador decida baixar o valor dos factores de compensação do número e duração das interrupções. A título de exemplo, baixaram-se os factores de compensação para os valores dados na Tabela 10, que mostra a configuração do painel de controlo.

Tabela 10 - Configuração do Painel de Controlo (Política 3)

CONTROLADORES	VALORES
<i>Investindo em melhoria</i>	<i>Sim</i>
<i>Pagamento Automático</i>	<i>Sim</i>
<i>Factor de Compensação pelo nº de interrupções</i>	<i>1€</i>
<i>Factor de Compensação pela duração das interrupções</i>	<i>0,176 €/kWh</i>
<i>Valor médio para o Fundo de Investimento</i>	<i>5€</i>
<i>Taxa de Remuneração do Investimento</i>	<i>8%</i>
<i>Grau de aceitação do Investimento</i>	<i>100%</i>

Partindo do princípio que a linha L2 da Figura 44 representa o momento actual, se nesta altura o Regulador resolver baixar o valor dos factores de compensação, o Distribuidor atingirá os níveis de qualidade desejados em menos tempo do que em qualquer dos casos apresentados até agora. Este tempo, em termos de simulação, corresponde a 28 anos, dado pela barra presente na figura referida anteriormente.

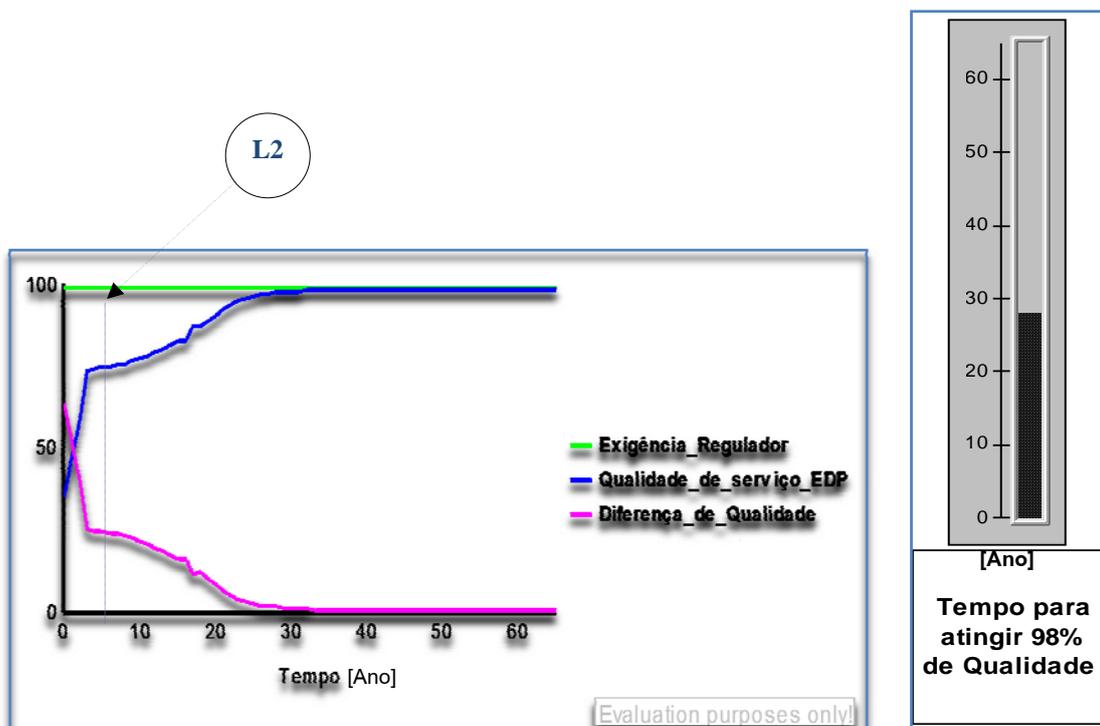


Figura 44 - Comportamento da Qualidade de Serviço (Política 3)

A justificação do comportamento do nível de qualidade acima referido está assente no facto de que a partir do momento em que o Regulador resolve baixar os valores dos factores de compensação, sente-se uma queda significativa no valor das compensações pagas aos consumidores (Figura 45, a partir da linha L2). A diminuição das compensações sobrecarrega menos a capacidade de investimento, facilitando a sua recuperação em menos tempo. Em termos de simulação acontece logo após os 20 anos (Figura 46).

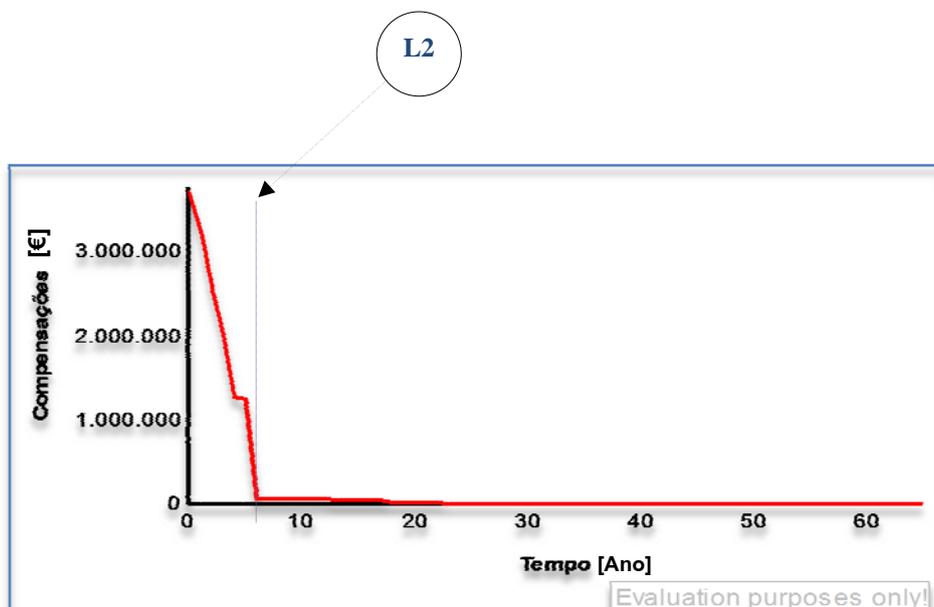


Figura 45 - Comportamento das Compensações (Política 3)

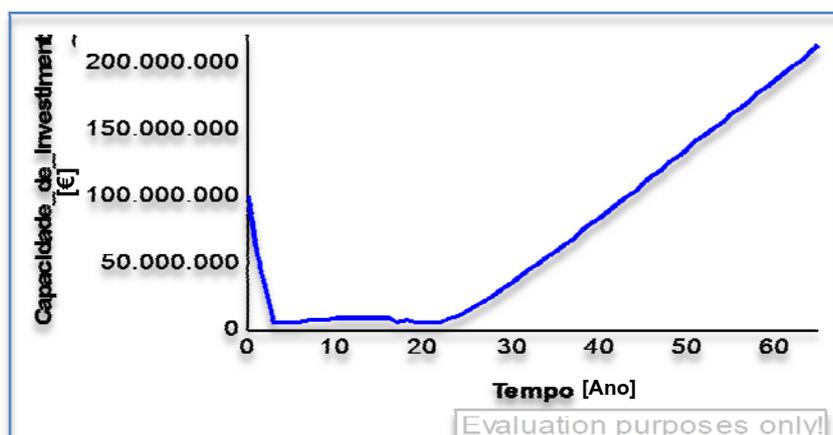


Figura 46 - Comportamento da Capacidade de Investimento (Política 3)

O comportamento destas variáveis levam a que o Esforço em melhoria volta a igualar o Investimento necessário em menos tempo que em qualquer dos casos apresentados até aqui, permitindo assim um rápido crescimento do nível de qualidade do serviço. O comportamento ao longo do tempo das variáveis Esforço em melhoria e Investimento necessário encontram-se representados na Figura 47.

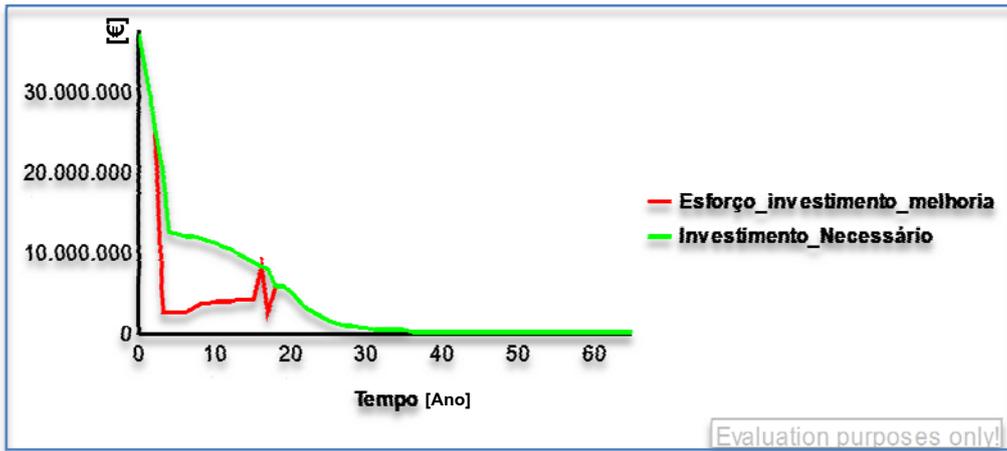


Figura 47 - Comportamento do Esforço de investimento em melhoria vs. Investimento necessário (Política 3)

Hipoteticamente, se os valores da Tabela 10 fossem introduzidos no princípio da regulação do sector eléctrico, que corresponde no simulador ao instante igual a zero, então pelas mesmas razões, a qualidade de serviço levava menos tempo ainda a atingir os níveis desejados, tempo de simulação correspondente a 25 anos, dado pela barra da Figura 48.

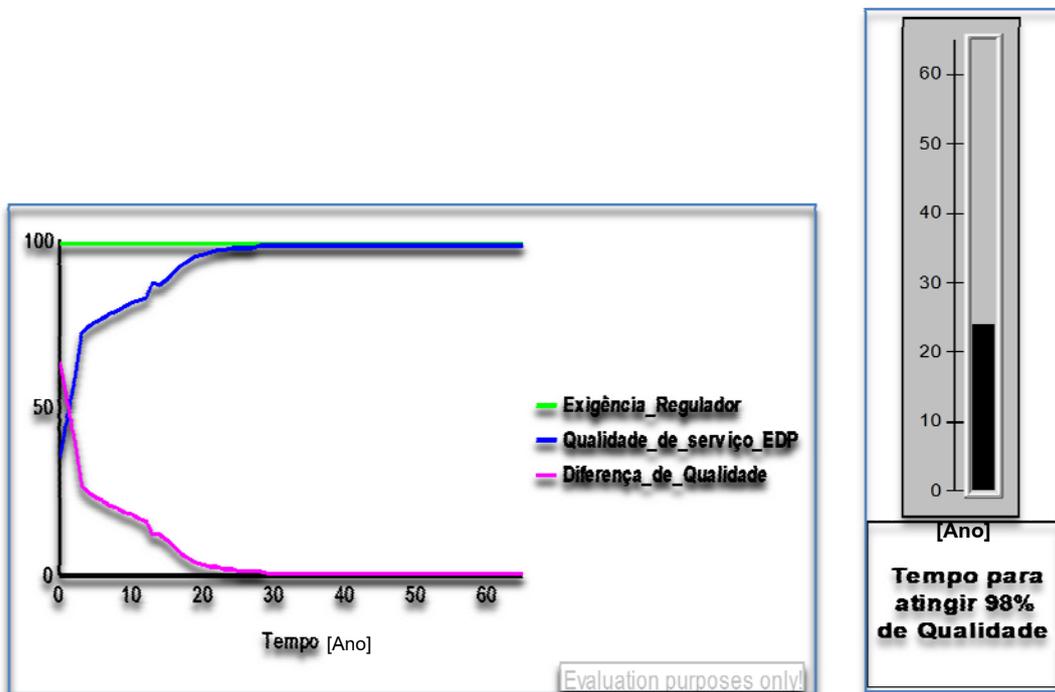


Figura 48 - Comportamento da Qualidade de Serviço (Política 3)

6.2.4. POLÍTICA 4: AUMENTANDO A TAXA DE REMUNERAÇÃO DO INVESTIMENTO

Viu-se nos cenários anteriores que a variável “Investimento Necessário” – que representa o investimento anual máximo possível que as condições técnicas do Distribuidor permitem – possui valores que decrescem com o tempo. No contexto de uma situação inicial estes valores são inicialmente elevados, dado o baixo nível de qualidade de serviço existente no princípio, fazendo assim com que a meio do percurso de qualquer dos casos apresentados, a capacidade de investimento permaneça por algum tempo abaixo do valor crítico (em que se reduz a determinados valores que impedem que se faça todo investimento em melhoria desejado).

Deste modo, para se ter os melhores resultados no que diz respeito ao tempo necessário para obter os níveis de qualidade desejados pelo Regulador, a capacidade de investimento não deve permanecer abaixo do valor crítico. E se por alguma razão assim for, há que se evitar que permaneça por tempo significativo.

Muito embora as compensações pagas aos consumidores tenham influência no comportamento que se quer evitar da variável “Capacidade de Investimento”, elas por si só não conseguem impedir que a mesma permaneça por tempo considerável abaixo do nível crítico. A Figura 49 mostra o comportamento da capacidade de investimento, num cenário em que o Distribuidor não compensa de forma alguma os consumidores afectados por uma qualidade de serviço inferior. Nota-se (na figura) que esta variável só volta a recuperar, para valores que permitem o investimento desejado, perto dos 20 anos de simulação.

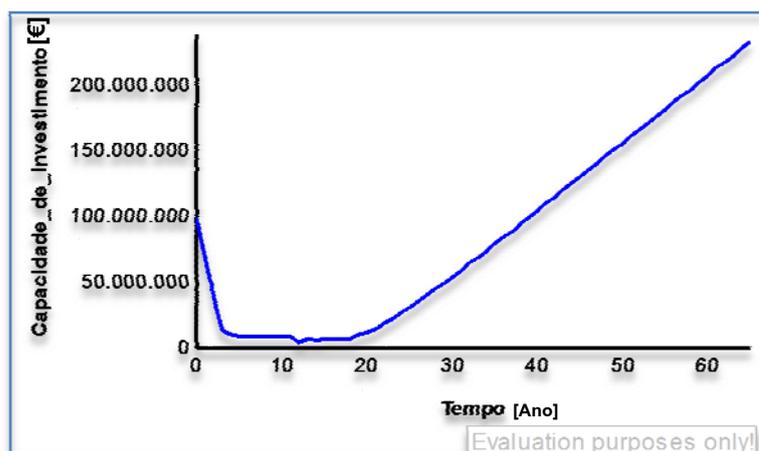


Figura 49 - Comportamento da Capacidade de investimento (sem pagamento de compensações)

Portanto, o comportamento que se quer dar à capacidade de investimento deve vir, como último recurso, das receitas adquiridas para investimento em melhoria. Em qualquer dos

casos apresentados, os valores desta variável não foram satisfatórios no sentido de evitar que, os níveis da capacidade de investimento atingissem valores muito baixos que impedissem investimentos desejados (e que permanecessem baixos por determinado tempo).

A Figura 50 apresenta o fluxo de receitas anuais para as diferentes políticas, que como se pode observar, é claramente inferior aos investimentos necessários nos períodos iniciais (ver Figura 36, Figura 42, Figura 47).

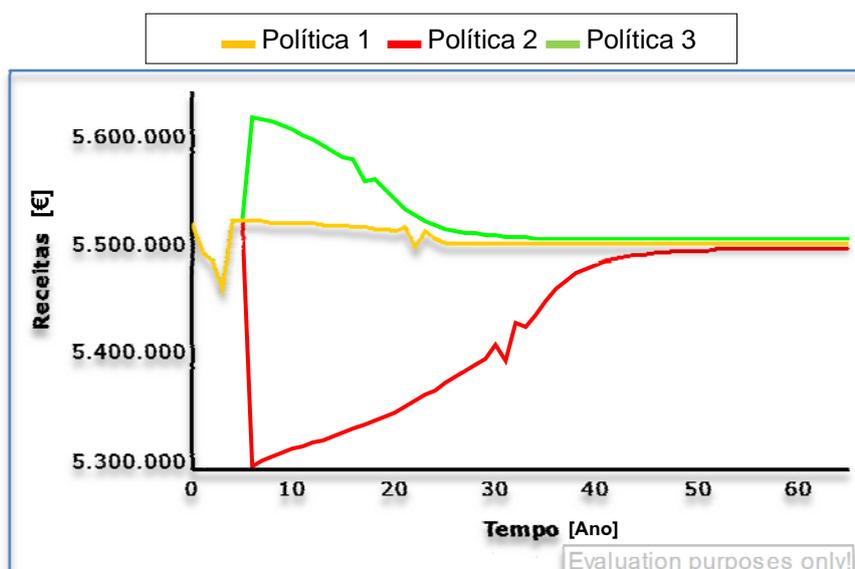


Figura 50 - Comportamento das Receitas (Política 1 – Política 3)

Dado que as receitas dependem maioritariamente da atractividade de investimento (variável explicada no ponto 5.2, Figura 27), então conclui-se que não tem havido angariação de receitas suficientes para cobrir as despesas necessárias de investimento, sobretudo nos períodos iniciais. A Figura 51 mostra os valores que esta variável adquire nas diferentes políticas apresentadas.

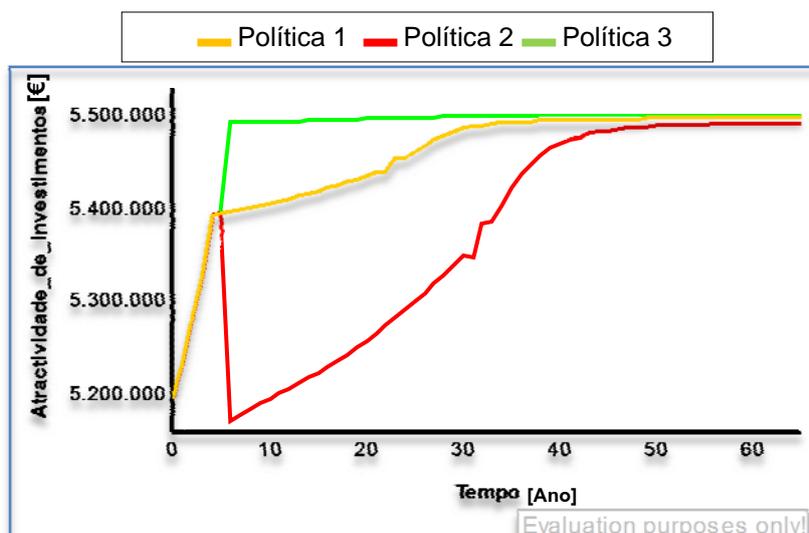


Figura 51 - Comportamento da Atractividade de investimentos (Política 1 – Política 3)

A atractividade de investimento por sua vez depende da taxa de remuneração do investimento, (variável explicada também no ponto 5.2, Figura 27).

O baixo nível de qualidade de serviço oferecido pelo Distribuidor não teve origem internamente à empresa (por exemplo por má gestão dos recursos disponíveis, afectos ao sistema eléctrico). Pelo contrário, foi resultado da falta de uma estratégia política adequada para levar avante o processo de electrificação nacional (ver ponto 3.1). Deste modo, seria aceitável que, o Estado pelo seu Órgão Regulador, criasse mecanismos de angariação de receitas que ajudassem rapidamente a solucionar o problema. Este mecanismo pode passar por exemplo pelo aumento da taxa de remuneração do investimento (dinheiro investido pelos accionistas da empresa).

Assim, apresenta-se nesta parte do trabalho, o comportamento do sistema na condição em que se altera apenas a taxa de remuneração do investimento e se mantêm todos os outros controladores do sistema intactos. Nestas condições, o painel de controlo toma a configuração presente na Tabela 11.

Tabela 11 – Configuração do Painel de Controlo (Política 4)

CONTROLADORES	VALORES
<i>Investindo em melhoria</i>	<i>Sim</i>
<i>Pagamento Automático</i>	<i>Sim</i>
<i>Factor de Compensação pelo nº de interrupções</i>	<i>2€</i>
<i>Factor de Compensação pela duração das interrupções</i>	<i>0,352 €/kWh</i>
<i>Valor médio para o Fundo de Investimento</i>	<i>5€</i>
<i>Taxa de Remuneração do Investimento</i>	<i>9,5%</i>
<i>Grau de aceitação do Investimento</i>	<i>100%</i>

Se no momento actual o Regulador decidir, mesmo que por relativamente pouco tempo, aumentar a taxa de remuneração do investimento destinado à melhoria da qualidade de serviço, a atractividade de investimento e consequentemente as receitas (que praticamente têm o mesmo comportamento) serão maiores durante este intervalo de tempo (pelas razões descritas anteriormente). No simulador esta decisão corresponde em alterar o valor da taxa de remuneração de 8% para 9,5% no ano 6 (dado pela linha L2, Figura 52) e depois então no ano 11 (linha L3) voltar a condição inicial (8%). Vê-se na referida figura que durante este período se regista um aumento no valor das receitas anuais.

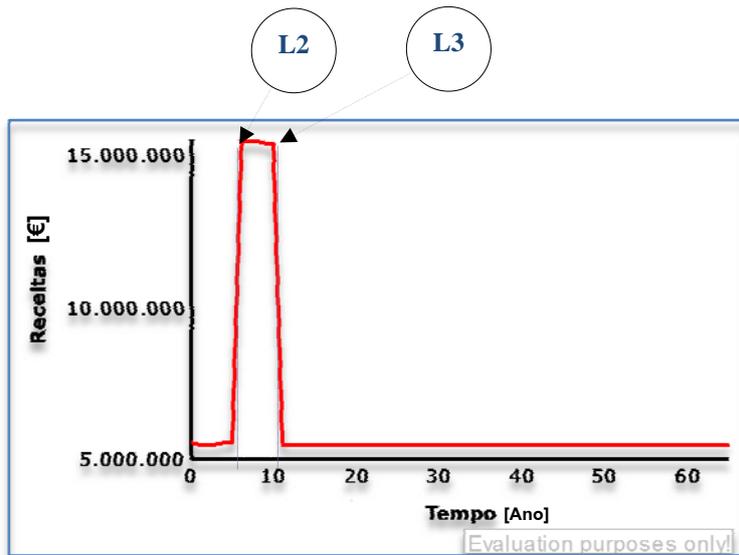


Figura 52 - Comportamento das Receitas (Política 4)

O aumento das receitas anuais naquele período permite a recuperação rápida da capacidade de investimento para cobrir a grande necessidade de investimento que se sente particularmente nos primeiros anos. Esta recuperação da capacidade de investimento está representada na Figura 53, a partir da linha L2.

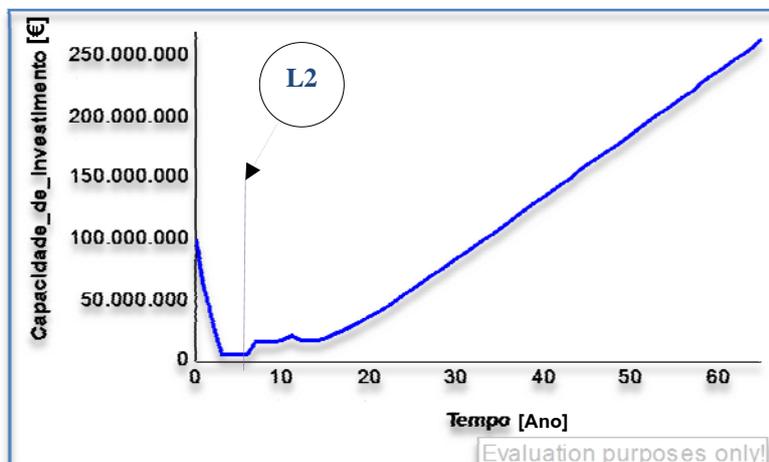


Figura 53 - Comportamento da Capacidade de Investimento (Política 4)

Como resultado, o Esforço em melhoria volta a igualar o Investimento Necessário (Figura 54), em menos tempo que qualquer dos cenários apresentados, permitindo desta forma que o Distribuidor, a partir desta data, consiga realizar todas as operações de que deseja para solucionar o problema da falta de qualidade do serviço.

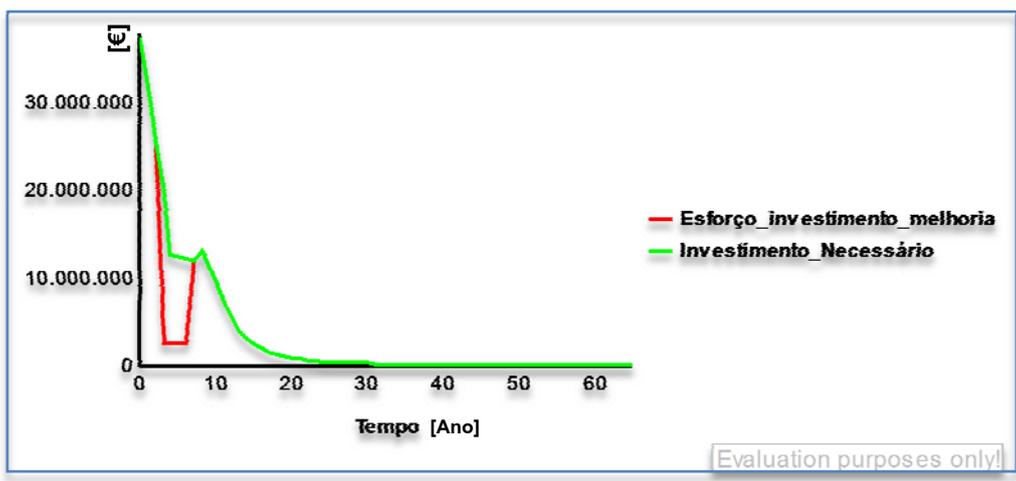


Figura 54 – Comportamento do Esforço em melhoria vs. Investimento necessário (Política 4)

Portanto, garante-se assim um rápido crescimento do nível de qualidade do serviço (a partir da linha L2, Figura 55), que em termos de simulação leva a atingir-se a marca de 98% de qualidade aos 20 anos, sendo até aqui o melhor resultado de todos os cenários apresentados. Mas nota-se no mesmo gráfico que logo após a alteração da taxa de remuneração (que acontece no momento dado pela linha L2, Figura 55) passa-se por um período de pioria de qualidade de serviço, para depois então se ter um crescimento acelerado. Isto deve-se ao facto de o aumento das receitas permitir um aumento muito significativo de trabalhos na rede de distribuição. Os trabalhos só são possíveis fazendo-se interrupções previstas do fornecimento de energia. Estas interrupções, como já dito anteriormente, prejudicam a qualidade do serviço no período em que ocorrem.

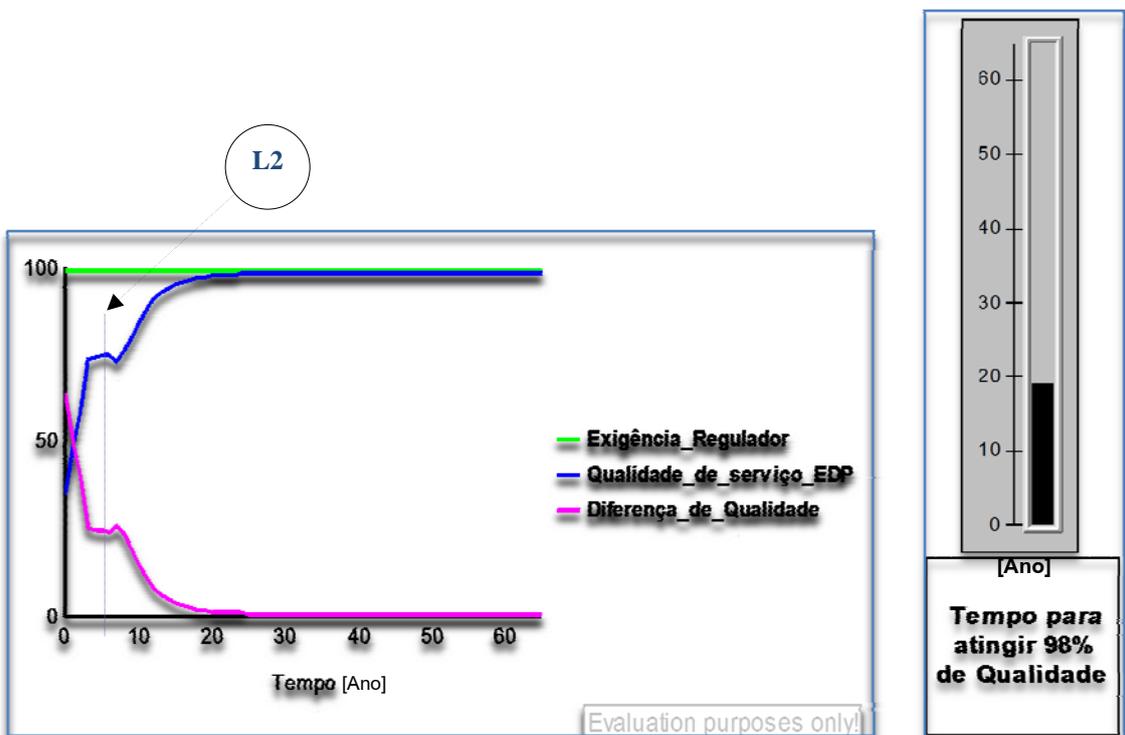


Figura 55 - Comportamento da Qualidade de Serviço (Política 4)

Se, por hipótese, os valores da Tabela 11 fossem introduzidos logo no princípio da regulação do sector eléctrico e apenas por pouco tempo, então seria possível atingir-se o tempo mínimo imaginável de melhoria do serviço. Em termos de simulação, precisa-se apenas de ter os primeiros 5 anos sob as condições da Tabela 11 para se atingir este tempo, que equivale a 15 anos (Figura 56). Esta política garantiria em qualquer altura a igualdade entre o Esforço em melhoria e o investimento Necessário (Figura 57).

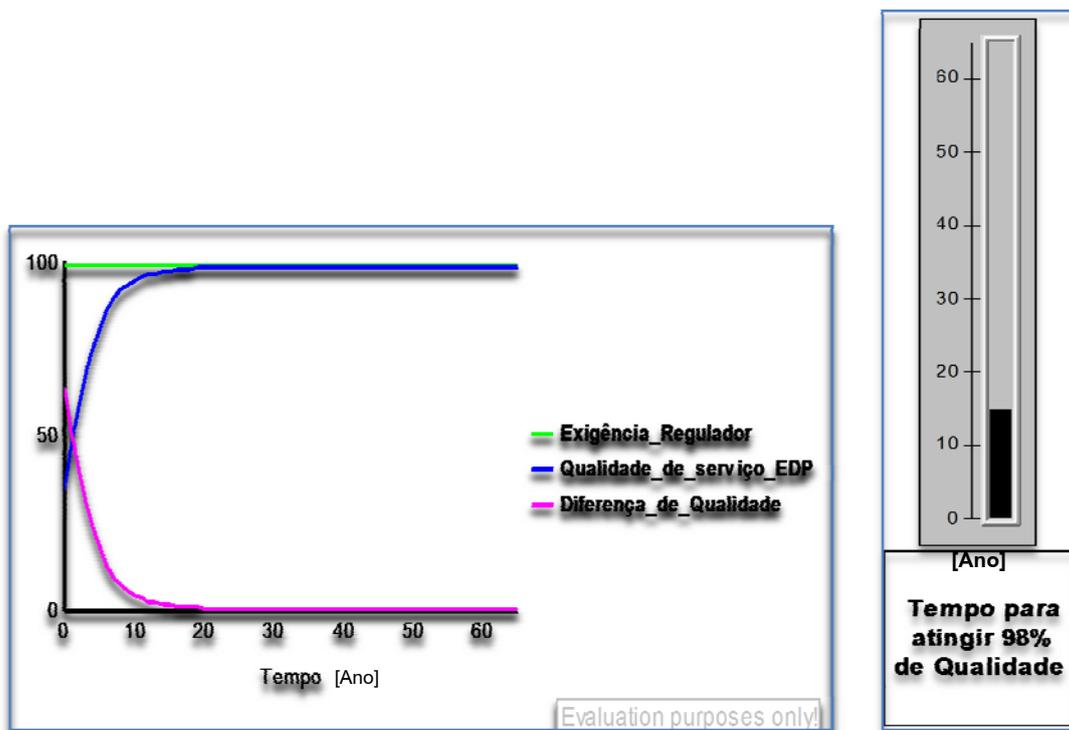


Figura 56 - Comportamento da Qualidade de Serviço (Política 4)

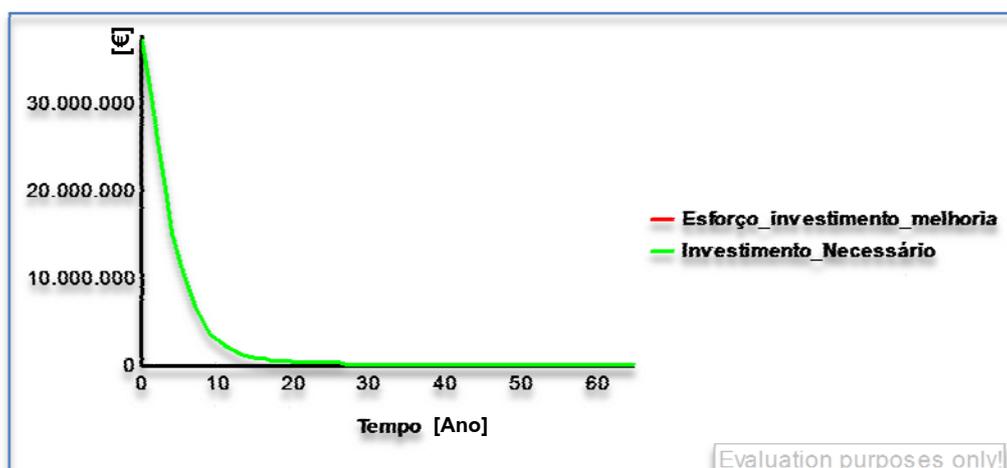


Figura 57 – Comportamento do Esforço em melhoria vs. Investimento necessário (Política 4)

7. CONCLUSÃO

O objectivo desta Tese de Mestrado passava por fortalecer a posição da EDP Distribuição, propondo argumentos que possam ser apresentados à Entidade Reguladora no sentido de atenuar o valor das compensações.

Construiu-se assim um modelo que permitiu observar o comportamento de algumas variáveis relacionadas com o mercado de distribuição de energia, quando sujeitas a diferentes políticas de regulação. A finalidade deste modelo era, por um lado, mostrar como as actuais políticas podiam ser desfavoráveis aos objectivos da Entidade Reguladora, e por outro, mostrar as políticas que proporcionam o comportamento do mercado que melhor se adequa às pretensões do Regulador.

De lembrar que, o objectivo da Entidade Reguladora é o de coagir níveis altos de qualidade de serviço no mercado de distribuição de energia eléctrica Português (em conformidade com os níveis registados na EU), que na melhor das situações deve acontecer no menor tempo possível.

A diminuição do valor das compensações (como se viu no capítulo anterior) produz um comportamento do mercado favorável aos objectivos do Regulador (e do Distribuidor). Mas entretanto, algumas políticas menos afectas à alteração dos factores de compensação podem produzir melhores resultados. É o caso da alteração dos Factores de Investimento, que passa por exemplo pelo aumento da Taxa de Remuneração do investimento que, como apresentado no capítulo anterior, proporcionou o melhor comportamento do sistema. Ou seja, conseguiu-se em menos tempo atingir os níveis de qualidade de serviço exigidos pela Entidade Reguladora.

A razão da experimentação da política baseada na alteração dos Factores de Investimento reside no facto de se concluir que o problema da falta de qualidade de serviço existente actualmente no mercado de distribuição de energia eléctrica teve origem na inexistência de uma estratégia política adequada do governo para avançar com o processo de electrificação nacional. Logo, a actual situação não deve ser encarada apenas como um problema interno à EDP Distribuição. Na verdade, este mecanismo de incentivo à melhoria da qualidade não funciona como tal, pois verifica-se que o Distribuidor não dispõe de uma estrutura adequada de suporte de custos de investimento para melhoria, em que as compensações ainda lhe são prejudiciais. Portanto, actuando nos factores de investimento, consegue-se de facto minorar esta debilidade.

Interessa realçar que não se pretendeu de forma alguma, com a execução deste trabalho, dar apoio ao Distribuidor sobre a melhor decisão, pois à partida esta Entidade tem conhecimento dos efeitos de cada uma das políticas aqui apresentadas. De qualquer modo não seria razoável fazê-lo dado que os modelos apresentados não capturam as consequências das políticas que são menos afectas a qualidade de serviço. É o caso por exemplo do aumento da Taxa de Remuneração do Investimento, que como se sabe de antemão, traduz-se num aumento da tarifa de energia eléctrica para os consumidores.

A finalidade deste trabalho foi a de proporcionar um instrumento, que tendo como base o modelo mental dos elementos da EDP Distribuição sobre o comportamento do mercado, clarifique os efeitos das diferentes decisões que se podem tomar neste mercado. Serve assim de instrumento de apoio à negociação com o Regulador. Deste modo, preferiu-se chamar a este instrumento de “Protótipo de Simulador”.

Seria interessante, em trabalhos futuros, poder-se calibrar este instrumento e utilizá-lo para determinar o nível óptimo de compensações. Nível este que permite uma remuneração justa aos consumidores lesados por qualidade inferior ao mesmo tempo que favorece a melhoria da qualidade de serviço.

BIBLIOGRAFIA

1. **Choi, S. B., et al.** "Evaluation of the Customer Interruption Cost taking into consideration Macro-Economic Approach in Korea". *IEEE*. 2002.
2. **Sullivan, Michael J., et al.** "Interruption Cost, Costumer Satisfation and Expectations for Service Reliability". *IEEE Transaction on Power Systems*. Vol. 11, Nº 2, 1996.
3. **Choi, S. B., et al.** Assessment of Interruption Cost for Commercial Customers in Korea. *International Conference on Power System Tecnology - POWERCON 2004*. 2004.
4. **Tahvanainen, Kaisa, et al.** Quality Regulation in Electricity Distrubution Business. *Lappeeranta University of Technology*. 2005.
5. **EDP ; ISR - Departamento de Engenharia Electrotécnica, Universidade de Coimbra.** *Manual da Qualidade da Energia Eléctrica*. 2005.
6. **Figueira, João.** As Ligações Fronteiriças e das Redes Eléctricas Portuguesas e Espanholas. *REVISTA DE HISTÓRIA ECONÓMICA E SOCIAL*. Nº 5 - 2ª Série, 2003.
7. "*Hulha Branca*" Uma História de Triunfos, Impasses e de Renovados Desafios. **Rollo, Maria Fernanda**. 2006.
8. **Campos, Ezequiel de.** "A indústria da electricidade". *Indústria Portuguesa*. 1949.
9. *O Processo de Electrificação em Portugal entre 1926 e 1944*. **Faria, Fernando**. 2003.
10. *A Electrificação Nacional: O Cíclo das Grandes Barragens (1944 - 1961)*. **Henriques, Sofia Teives**. 2005.
11. **Brito, J. M. Brandão de.** A electrificação nacional como base do desenvolvimento: Ezequiel de Campos e Ferreira Dias. *Actas do Encontro Ibérico sobre História do Pensamento Económico*. Lisboa: CISEP, 1992.
12. **Direcção-Geral de Energia e Geologia.** *Regulamento de Qualidade de Serviço - Despacho nº5255/2006 (2ª Série)*. 2006.
13. **Allan, R. N. and Billinton, R.** Power System Reliability and its Assessment: Part 3, Distribution Systems and Economic Considerations. *Power Engineering Journal*. 1993.
14. **Ali, Sadeka A., Wacker, G. and Billinton, R.** "Determination and Use of Sector and Composite Customer Damage Functions". *IEEE Proceedings*. Power System Research Group, 1999.
15. **Bozié, Zoran.** "Customer Interruption Cost Calculation for Reliability Economics: Practical Consideration". *IEEE*. Western Power Corporation, 2000.
16. **Chowdhury, A.A. e Koval, Don O.** "Application of Customer Interruption Cost in Transmission Network Reliability Planning". *IEEE Transactions on Industry Applications*. Vol. 37, Nº 6, 2001.

17. **Rivier, J., et al.** Power Quality Regulation under the New Regulatory Framework of Distribution System. *Power System Computation Conference*. 1999.
18. **Sandal, K., et al.** "Interruption Cost and Consumer Valuation of Reliability of Service in a Liberalised Power Market". *9th International Conference on Probabilistic Methods Applied to Power Systems*. 2006.
19. **Koskolos, N. C., Megaloconomos, S. M. and Dialynas, E. N.** Assessment of Power Interruption Cost for the Customers in Greece. *8th Internacional Conference on Harmonics and Quality of Power*. 1998.
20. **Direcção -Geral de Energia e Geologia.** *Regulamente de Qualidade de Serviço - Despacho Nº 2410-A/2003 (2ª Série)*. 2003.
21. **Paiva, José Pedro Sucena.** *Redes de Energia Eléctrica - Uma Análise Sistemica*. Lisboa : IST Press, 2005.
22. **R. Malaman et al..** "Quality of Electricity Supply: Initial Benchmarking on Actual Levels, Standards and Regulatory Strategies". *Council of European Energy Regulators - Working Group on Quality of Electricity Supply*. 2001.
23. **CEER - Electricity Working Group (Quality of Supply Task Force) .** *Third Benchmarking Report On Quality Electricity Supply 2005*. 2005.
24. **Forrester, J. W.** The beginning of System Dynamics. *The McKinsey Quarterly*. n.4, 1995.
25. **Sterman, John D.** "Business Dynamics: System Thinking and Modeling for a Complex World". USA : McGraw-Hill, 2000. 978-0-07-231135-8.
26. **Senge, Peter M.** *THE FIFTH DISCIPLINE, The Art & Practice of the Learning Organization*. USA : DOUBLEDAY, 2006. 0-385-51725-4.
27. **Braun, William.** The System Archetypes. 2002.

Anexo 1 – Enunciado Original do Problema

TESES DE MESTRADO EM ENGENHARIA E GESTÃO INDUSTRIAL

I. Valorização da Energia não Fornecida

- Empresa – EDP Distribuição Energia, S.A.
- Elemento de Contacto – Eng. João Torres / Eng. Manuel Rodrigues da Costa
- Área Científica – Planeamento e Produção (manutenção)
- Descrição do Problema:

O fornecimento de energia eléctrica deve ser contínuo. No entanto, não é possível garantir um fornecimento em 100% do tempo.

Uma interrupção do fornecimento de energia eléctrica induz prejuízos no distribuidor de energia eléctrica e nos consumidores atingidos.

No distribuidor, os prejuízos correspondem à redução nos resultados da empresa decorrentes do não fornecimento de energia eléctrica.

Nos consumidores com uma actividade económica, correspondem também à redução de resultados (menores vendas, menor utilização dos factores de produção fixos, sobrecustos para produção em período nocturno, ...).

Nos consumidores residenciais, traduzem a redução de conforto/satisfação (impossibilidade de ver TV, impossibilidade de cozinhar, ausência de aquecimento/arrefecimento, ...).

Para reduzir a probabilidade de ocorrer uma interrupção de energia eléctrica e o tempo de reposição do serviço quando se verifica uma interrupção é necessário mobilizar recursos, nomeadamente financeiros e humanos, para investir ou manter as instalações.

É imprescindível proceder a um balanço entre os recursos necessários para uma redução das interrupções, da energia não distribuída e os prejuízos decorrentes das interrupções de forma a garantir uma utilização adequada dos recursos.

Para a empresa de distribuição tomar em consideração nesta análise não apenas os prejuízos da empresa mas também os prejuízos dos consumidores, a entidade reguladora estabeleceu uma penalização/bonificação quando a energia não distribuída anual se encontrar acima ou abaixo de um valor objectivo. Esta penalização deve traduzir os impactes negativos nos consumidores, permitindo uma internalização destes prejuízos. A definição dum valor correcto para a penalização/bonificação a aplicar à empresa de distribuição é essencial para garantir a utilização adequada dos recursos.

Por outro lado, o Regulamento da Qualidade de Serviço estabelece padrões mínimos quanto à continuidade de serviço (TIEPI, SAIDI, ...). Se estes padrões forem demasiado exigentes, a sua satisfação tem implícita uma valorização demasiado alta da energia não distribuída.

- Objectivos a Atingir

São três os objectivos que se pretende atingir com a tese de mestrado:

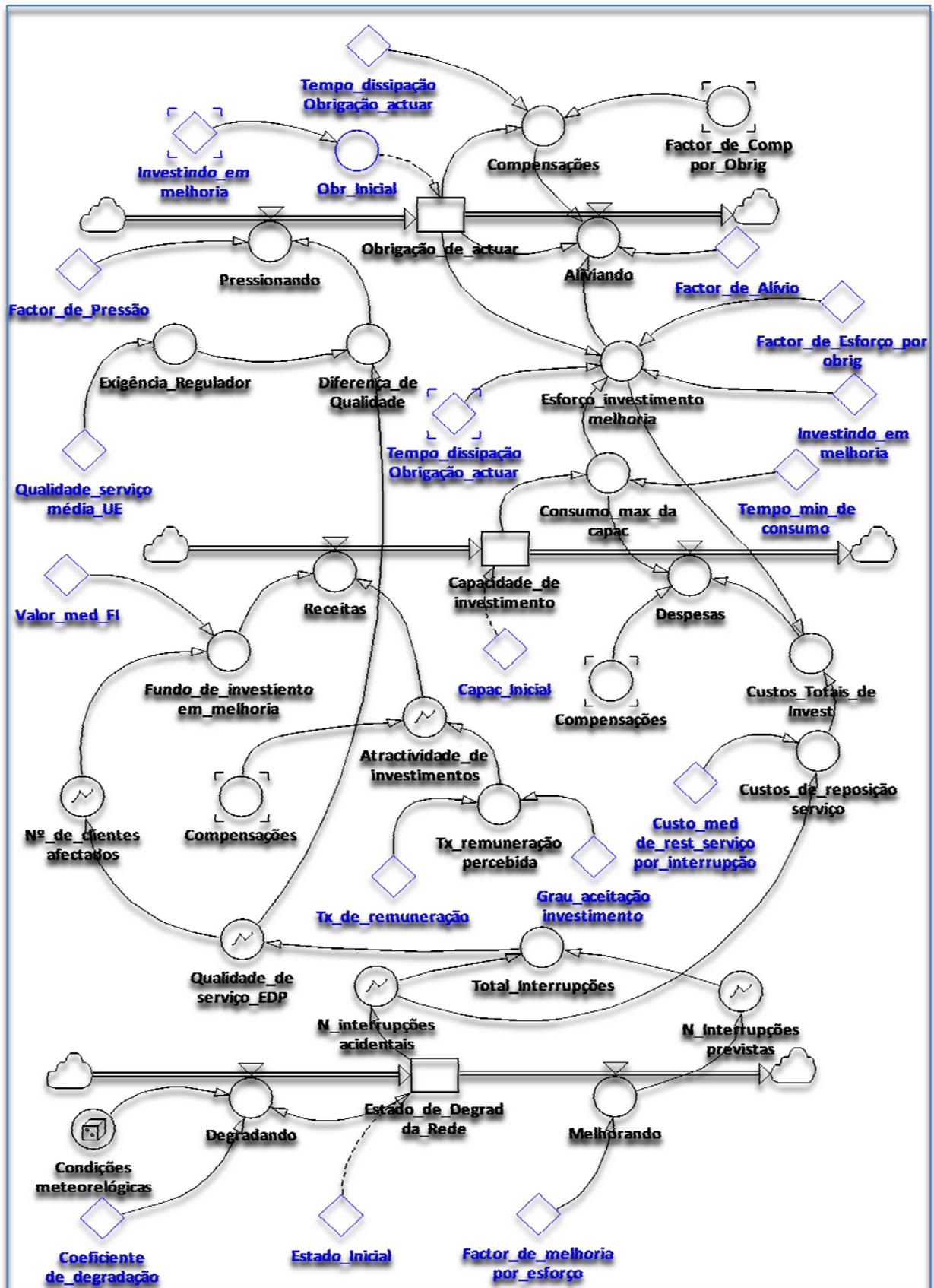
- Análise crítica do valor estabelecido para a internalização dos prejuízos nos consumidores pelo não fornecimento esporádico de energia eléctrica
- Análise crítica dos padrões estabelecidos no Regulamento de Qualidade de Serviço (TIE, ...) no sentido de verificar se são demasiado exigentes, tendo implícito um valor para a energia não fornecida superior ao valor que os consumidores lhe atribuem
- Análise crítica da utilização da energia não distribuída no planeamento e manutenção da EDP Distribuição

Para atingir estes objectivos será necessário ter uma estimativa do valor adequado para a energia não distribuída. Para esse efeito deverá ser efectuado um *survey* das metodologias adoptadas e resultados obtidos em empresas congéneres e outros países.

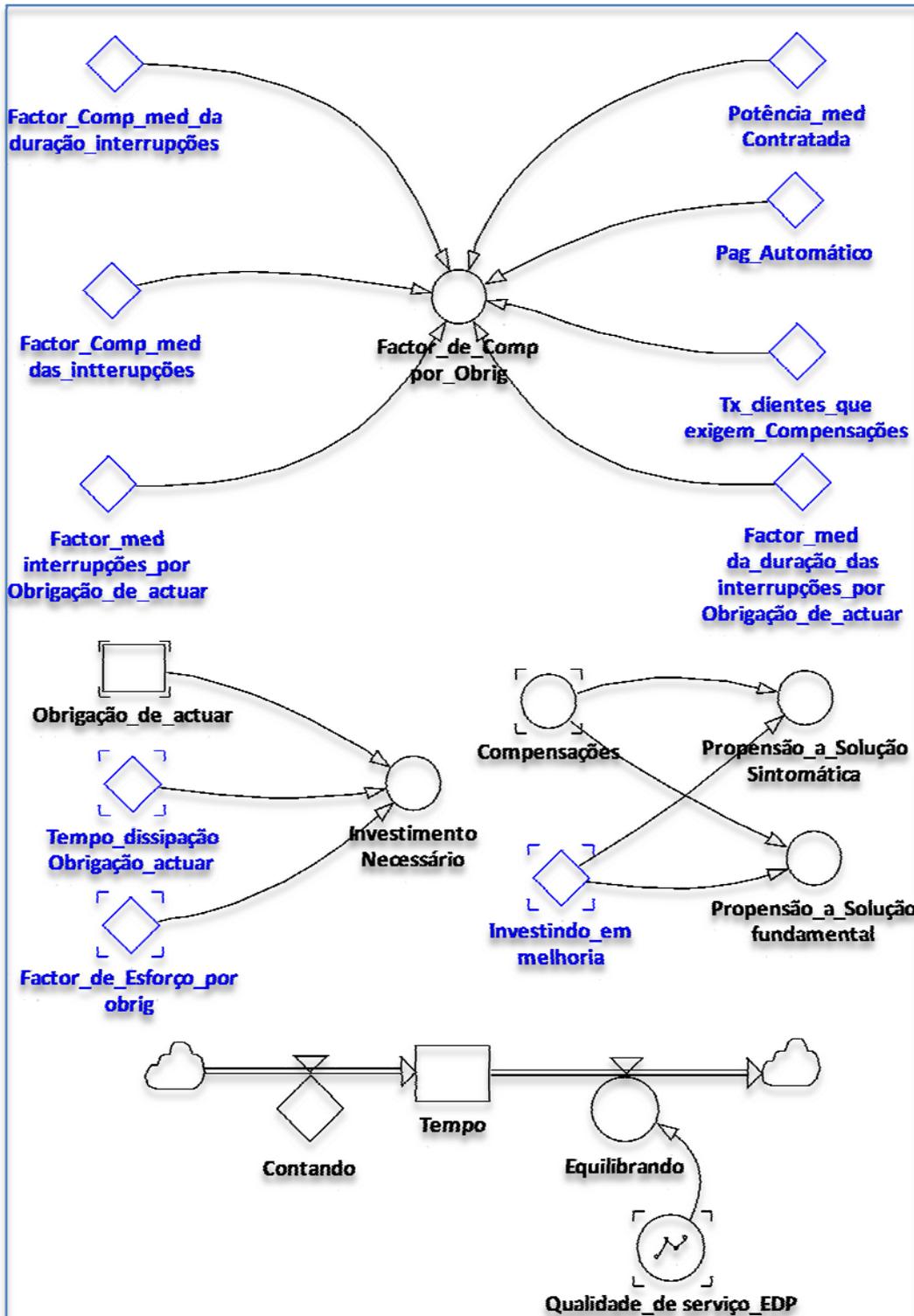
Uma das metodologias adoptadas é a realização de inquéritos e/ou entrevistas que permitam extrair o valor que os consumidores atribuem ao não fornecimento de energia.

Anexo 2 – Diagrama de Níveis e Fluxos (Modelo Global)

Modelo Principal



Modelos Complementares



Anexo 3 – Equações dos Modelos

Tipo	Variável/ Constante	Fórmula	Unid.	Descrição
	Capacidade_de investimento	$+dt*Receitas-dt*Despesas$	€	Capacidade de investimento em melhoria da qualidade de serviço prestado
	Estado_de Degrad da Rede	$+dt*Degradando-dt*Melhorando$	%	Estado de degradação da rede. Melhora com os investimentos e piora com a idade da rede e com as condições atmosféricas da região em que está inserida.
	Obrigação_de actuar	$-dt*Aliviando+dt*Pressionando$	adim.	Obrigação de actuar é a obrigação do distribuidor tomar uma decisão ao abrigo do regulamento de qualidade de serviço. Esta obrigação é satisfeita anualmente pelo investimento anual em melhoria da qualidade do serviço ou pela compensação aos consumidores por uma Qualidade de Serviço inferior à regulamentada.
	Tempo	$+dt*Contando-dt*Equilibrando$	ano	Contagem do tempo para se atingir 98% de Qualidade de Serviço.
	Aliviando	$IF(Compensações>0 \text{ OR } Esforço_investimento_melhoria>0; Obrigação_de_actuar*Factor_de_Alivio; 0)$	1/ano	Aliviando expressa o fluxo que faz diminuir a pressão do distribuidor actuar em torno da Qualidade de Serviço
	Degradando	$Condições_meteoreológicas*Coeficiente_de_degradação*(Estado_de_Degrad_da_Rede/100+0,1)$	%/ano	Fluxo anual em percentagem que aumenta a degradação da rede
	Despesas	$MIN(Consumo_max_da_capac, (Compensações+Custos_Totais_de_Invest))$	€/ano	Despesas de investimento e compensações aos consumidores. Fazem diminuir a Capacidade de Investimento.
	Equilibrando	$IF(Qualidade_de_serviço_EDP>=98;1;0)$	adim.	Fluxo que para a contagem do tempo (dado pelo nível "Tempo") quando a Qualidade do Serviço da EDP atinge 98%.
	Melhorando	$Esforço_investimento_melhoria*Factor_de_melhoria_por_esforço$	%/ano	Trabalhos programados com vista a melhoria da qualidade do serviço.
	Pressionando	$Factor_de_Pressão*Diferença_de_Qualidade$	1/ano	Pressionando expressa o fluxo que faz aumentar a Obrigação de actuar
	Receitas	$Fundo_de_investimento_em_melhoria+Atractividade_de_investimentos$	€/ano	Receitas disponíveis que aumentam a Capacidade de Investimento
	Atractividade_de investimentos	$GRAPH(Compensações;0;1000000;\{1300000;1220000;1130000;1050000;980000;870000;780000;710000;620000;540000;450000;360000;270000;180000;90000;10000\}/Min:0;Max:1300000;Zoom//\})+105000*(GRAPHCURVE(Tx_remuneração_percebida;7;0,5;\{0;18;40;67;100\}/Min:0;Max:100;Zoom//\}))$	€/ano	Indica o dinheiro anual que é obtido dos accionistas e disponibilizado para investimento em melhoria da Qualidade do Serviço.
	Compensações	$Factor_de_Comp_por_Obrigação_de_actuar/Tempo_dissipação_Obrigação_actuar$	€/ano	Compensações monetárias pagas aos consumidores por uma Qualidade de Serviço inferior à regulamentada.
	Condições meteorológicas	$1+SINWAVE(RANDOM(-0,1;0,1;0,01);5)$	Adim.	Condições meteorológicas. Influenciam o ritmo de degradação da rede.
	Consumo_max da capac	$Capacidade_de_investimento/Tempo_min_de_consumo$	€/ano	Consumo máximo da Capacidade de Investimento. Esta variável captura o facto da Capacidade de Investimento não tomar valores negativos.
	Custos_de reposição_serviço	$N_interrupções_acidentais*Custo_med_de_rest_serviço_por_interrupção$	€/ano	Custos de reposição do serviço são os custos incorridos para restabelecer o serviço afectado pelas interrupções acidentais.
	Custos_Totais de invest	$Custos_de_reposição_serviço+Esforço_investimento_melhoria$	€/ano	Custos Totais de Investimento. Soma dos Custos de reposição do serviço e Custos de investimento em Qualidade de Serviço.

Tipo	Variável/ Constante	Fórmula	Unid.	Descrição
○	Diferença de Qualidade	Exigência_Regulador-Qualidade_de_serviço_EDP	%	Diferença de qualidade entre a exigida pelo Regulador e aquela que é efectivamente entregue aos consumidores.
○	Esforço investimento melhoria	Investindo_em_melhoria*(IF(Consumo_max_da_capac>Obrigação_de_actuar*Factor_de_Esforço_por_obrig/Tempo_dissipação_Obrigação_actuar;Obrigação_de_actuar*Factor_de_Esforço_por_obrig/Tempo_dissipação_Obrigação_actuar;Consumo_max_da_capac/2))	€/ano	Investimento despendido para a melhoria da qualidade de serviço de acordo as exigências da Entidade Reguladora.
○	Exigência Regulador	Qualidade_serviço_média_UE	%	As exigências do Regulador dependem da Qualidade de serviço média dos países da comunidade europeia.
○	Factor_de_Comp por_Obrig	IF(Pag_Automatico=1;(IF(Factor_Comp_med_das_interrupções=1;0,5;IF(Factor_Comp_med_das_interrupções=2;2;IF(Factor_Comp_med_das_interrupções=3;10;IF(Factor_Comp_med_das_interrupções=4;20;0)))))*Factor_med_interrupções_por_Obrigação_de_actuar+IF(Factor_Comp_med_da_duração_interrupções=0,176;0,005;IF(Factor_Comp_med_da_duração_interrupções=0,352;0,352;IF(Factor_Comp_med_da_duração_interrupções=0,528;1;IF(Factor_Comp_med_da_duração_interrupções=0,704;3;0)))))*Potência_med_Contratada*Factor_med_da_duração_das_interrupções_por_Obrigação_de_actuar;(IF(Factor_Comp_med_das_interrupções=1;0,5;IF(Factor_Comp_med_das_interrupções=2;2;IF(Factor_Comp_med_das_interrupções=3;10;IF(Factor_Comp_med_das_interrupções=4;20;0)))))*Factor_med_interrupções_por_Obrigação_de_actuar+IF(Factor_Comp_med_da_duração_interrupções=0,176;0,005;IF(Factor_Comp_med_da_duração_interrupções=0,352;0,352;IF(Factor_Comp_med_da_duração_interrupções=0,528;1;IF(Factor_Comp_med_da_duração_interrupções=0,704;3;0)))))*Potência_med_Contratada*Factor_med_da_duração_das_interrupções_por_Obrigação_de_actuar)*Tx_clientes_que_exigem_Compensações/100)	€	Variável que exprime quanto de compensações aos consumidores corresponde em cada valor unitário de obrigação de actuar.
○	Fundo_de investimento em_melhoria	'Nº_de_clientes_afectados'*Valor_med_FI*10	€/ano	Valores monetários anuais tomados para o Fundo de Investimento em melhoria da Qualidade do Serviço
○	Investimento Necessário	Obrigação_de_actuar*Factor_de_Esforço_por_obrig/Tempo_dissipação_Obrigação_actuar	€/ano	Variável que mostra o Investimento necessário que a EDP gostaria de fazer para melhorar a Qualidade de Serviço ao melhor ritmo.
○	N_interrupções acidentais	GRAPHCURVE(Estado_de_Degrad_da_Rede:0;10;{0;3;3;18;2;26;4;35;5;44;6;54;1;63;2;71;8;80;5;89;2//Min:0;Max:90;Zoom//})	Int./ano	Número de interrupções acidentais, que depende do estado de degradação da Rede de distribuição.
○	N_interrupções previstas	((GRAPHCURVE(Melhorando:0;0,5;{0;0,03;0,07;0,12;0,16;0,19;0,24;0,27;0,31;0,34;0,4;0,43;0,49;0,53;0,57;0,61;0,67;0,71;0,76;0,79;0,82;0,85;0,89;0,93;0,97;1//Min:0;Max:1//})))*10)	Int./ano	Número de interrupções previstas depende dos trabalhos efectuados na rede para melhoria da Qualidade de Serviço.
○	Nº_de_clientes afectados	GRAPH(Qualidade_de_serviço_EDP:0;10;{10000;9000;8000;7000;6000;5000;4000;3000;2000;1000;0//Min:0;Max:10000;Zoom//})	Clientes	Número de clientes cujas compensações revertem-se para o Fundo de Investimento em Melhoria
○	Obrig_Inicial	IF(Investindo_em_melhoria=0;5,32;7,5)	adim.	Valor inicial da variável "Obrigação de Actuar"
○	Propensão_a Solução fundamental	IF(Investindo_em_melhoria=0,-Compensações*0,000001+7,-Compensações*0,00000075+3)	adim.	Variável que mostra a inclinação que tem o Distribuidor para a aplicação da solução fundamental

Tipo	Variável/ Constante	Fórmula	Unid.	Descrição
○	Propensão_a Solução sintomática	$IF(Investindo_em_melhoria=0,Compensações*0.000001,Compensações*0.00000075)$	adim.	Variável que mostra a inclinação que tem o Distribuidor para a aplicação da solução sintomática
○	Qualidade_de serviço_EDP	$GRAPH(Total_Interrupções;0;10;\{100;90;80;70;60;50;40;30;20;10;0\}/Min:0;Max:100;Zoom//\})$	%	Qualidade de serviço entregue aos consumidores. É função do número de interrupções que ocorrem no sistema.
○	Total_interrupções	$N_interrupções_acidentais+N_Interrupções_previstas$	Int./ano	Número total de interrupções no sistema.
○	Tx_remuneração percebida	$Tx_de_remuneração*Grau_aceitação_investimento/100$	%	Taxa de remuneração percebida pelos accionistas. É função do grau de aceitação do investimento e da taxa de remuneração teórica. Se o investimento não for aceite na sua plenitude, a taxa de remuneração percebida pelos accionistas é diferente daquela declarada pelo Regulador.
◀▶	Contando	1	Ano/ano	Contagem do tempo de Simulação
◇	Capac_inicial	100.000.000	€	Capacidade de investimento inicial
◇	Coefficiente_de degradação	1	%/ano	Valor médio de degradação da rede
◇	Custo_med_de rest_serviço_por interrupção	60.000	€/int.	Custo médio de reposição de serviço por cada interrupção acidental ocorrida.
◇	Estado_Inicial	60	%	Estado de Degradação inicial da Rede.
◇	Factor_Comp med_da_duração interrupções	0.352	€/kWh	Valor médio de compensação aos consumidores por cada hora de interrupção do serviço.
◇	Factor_Comp med_das interrupções	2	€	Factor de compensação médio pago aos consumidores pelo número de interrupções.
◇	Factor_de_Alívio	1	l/ano	Indica o valor de alívio que sente o Distribuidor por cada unidade de Obrigação de actuar acumulada durante o ano.
◇	Factor_de Esforço_por_obrig	5.000.000	€	Representa o valor de investimento necessário para satisfazer uma unidade da Obrigação de actuar
◇	Factor_de melhoria_por esforço	$3,5*10^{(-7)}$	%/€	Indica o valor percentual de melhoria que se obtém por cada unidade monetária do Esforço de investimento despendido.
◇	Factor_de pressão	0,1	l/%ano	Indica o valor percentual da pressão que é imposta ao distribuidor por cada unidade percentual da Diferença de Qualidade
◇	Factor_med_da duração_das interrupções_por obrigação_de actuar	38.000	h	Variável que indica o tempo médio da duração das interrupções que existe em cada unidade de obrigação de actuar
◇	Factor_med interrupções_por obrigação_de actuar	50.000	Int.	Variável que indica o número médio de interrupções que existe em cada unidade de obrigação de actuar
◇	Grau_aceitação investimento	100	%	Grau de aceitação, por parte do Regulador, do investimento despendido em melhoria da Qualidade de Serviço.

Tipo	Variável/ Constante	Fórmula	Unid.	Descrição
◇	Investindo_em melhoria	1	adim.	Constante que pode tomar dois valores: 1 caso haja lugar à Investimento em melhoria e 0 no caso contrário.
◇	Pag_automatico	1	adim.	Pagamento Automático de compensações aos consumidores. Toma o valor 1 quando o pagamento é feito automaticamente e 0 quando é feito a pedido dos consumidores.
◇	Potência_med contratada	30	kW	Potência eléctrica média contratada pelos consumidores
◇	Qualidade_serviço med_UE	100	%	Qualidade de serviço média dos países da UE. Valor apresentado em percentagem com valor de 100, como ponto de referencia a atingir.
◇	Tempo_dissipação Obrigação_actuar	1	ano	Tempo para satisfazer a obrigação de actuar.
◇	Tempo_min de_consumo	1	ano	Tempo mínimo de consumo da Capacidade de Investimento
◇	Tx_clientes_que exigem Compensações	20	%	Taxa média de clientes que exigem ser compensados por qualidade inferior.
◇	Tx_de remuneração	8	%	Taxa de remuneração do investimento em melhoria, estipulado pelo Regulador.
◇	Valor_med_FI	5	€	Valor médio definido para o Fundo de Investimento em Melhoria

adim. – Adimensional

int. – Interrupção