



MERCADOS
ENERGÉTICOS
CONSULTORES



AVALIAÇÃO DOS CUSTOS RELACIONADOS ÀS INTERRUPÇÕES DE ENERGIA ELÉTRICA E SUAS IMPLICAÇÕES NA REGULAÇÃO

Relatório 1 (versão final)

Preparado para



JANEIRO DE 2016

AVALIAÇÃO DOS CUSTOS RELACIONADOS ÀS INTERRUPÇÕES DE ENERGIA ELÉTRICA E SUAS IMPLICAÇÕES NA REGULAÇÃO

RELATÓRIO 1

CONTEÚDO

1	INTRODUÇÃO	4
2	OBJETIVO	5
3	FUNDAMENTOS CONCEITUAIS	5
3.1	INTRODUÇÃO.....	5
3.3	INDICADORES DE QUALIDADE E SEU MONITORAMENTO	6
3.4	O CUSTO DA INTERRUPÇÃO PARA O CONSUMIDOR E PARA SOCIEDADE	9
3.5	COMPENSAÇÃO AO CONSUMIDOR	10
3.6	CUSTO DA CONFIABILIDADE PARA A DISTRIBUIDORA.....	12
3.7	NÍVEL ÓTIMO DE QUALIDADE	13
3.8	METODOLOGIAS PARA OBTENÇÃO DO CUSTO DA INTERRUPÇÃO.....	16
3.8.1	<i>Estimação dos custos de interrupção para o setor residencial</i>	<i>19</i>
3.8.2	<i>Estimação dos custos de interrupção para os setores industrial, comercial e serviços (incluído o transporte).....</i>	<i>20</i>
3.9	MECANISMOS DE INCENTIVO À MELHORIA DA QUALIDADE DO SERVIÇO.....	21
3.10	POLÍTICA DE INCENTIVOS E PENALIDADES	23
4	PESQUISA BIBLIOGRÁFICA.....	25
4.1	ANTECEDENTES ATRAVÉS DE MÉTODOS DIRETOS	25
4.2	ANTECEDENTES ATRAVÉS DE MÉTODOS INDIRETOS	31
4.3	CUSTO DA INTERRUPÇÃO DA ENERGIA ELÉTRICA NA LITERATURA BRASILEIRA	33
4.4	RESUMOS DE TRABALHOS E ANÁLISES EM RELAÇÃO AO CUSTO DA INTERRUPÇÃO	39
4.5	REGULAÇÃO DA ENERGIA ELÉTRICA – EXPERIÊNCIAS INTERNACIONAIS NOS ASPECTOS DE FORNECIMENTO.....	46
4.5.1	<i>Países Selecionados.....</i>	<i>46</i>
4.5.2	<i>Análise da experiência Internacional</i>	<i>58</i>

5	CONCLUSÕES	64
6	REFERÊNCIAS	66
7	ANEXO 1 : CONTRIBUIÇÃO DE MUNASINGHE.....	73

AVALIAÇÃO DOS CUSTOS RELACIONADOS ÀS INTERRUPÇÕES DE ENERGIA ELÉTRICA E SUAS IMPLICAÇÕES NA REGULAÇÃO

RELATÓRIO 1

1 INTRODUÇÃO

A Sinapsis Inovação em Energia Ltda, a Mercados de Energia Consultoria Ltda, e a Mercados Energéticos Consultores S.A., o “Consultor”, apresentam a seguir o Relatório 1, “Fundamentos conceituais, pesquisa bibliográfica e avaliação crítica dos principais estudos publicados sobre o assunto”, correspondente ao Contrato Nº 107/2015 assinado com a ANEEL para desenvolver “Serviços de Consultoria para Avaliação dos Custos Relacionados às Interrupções de Energia Elétrica e suas Implicações na Regulação”.

O objetivo geral do projeto é obter uma estimativa do custo associado às interrupções de energia elétrica no Brasil. Essa estimativa deve ser realizada desde ambas a perspectiva do consumidor e a perspectiva do distribuidor, considerando os custos relacionados à melhoria da confiabilidade do sistema de distribuição. O objetivo final é subsidiar à ANEEL no estabelecimento de limites nos indicadores de continuidade, assim como nos ajustes nas compensações pagas aos usuários devido à má qualidade do serviço. Enquanto que os objetivos específicos desse projeto são:

- i) Apresentar os fundamentos conceituais e efetuar a pesquisa bibliográfica atualizada relativa ao assunto, abrangendo as principais metodologias citadas;
- ii) Avaliar os principais estudos publicados sobre o assunto no Brasil e no exterior;
- iii) Definir qual é a melhor metodologia a ser aplicada no Brasil para a avaliação do custo das interrupções aos consumidores;
- iv) Definir o custo da interrupção da energia elétrica para os consumidores utilizando-se modelos econométricos, para vários cenários;
- v) Definir o custo da interrupção da energia elétrica para consumidores utilizando-se os resultados de outras pesquisas realizadas no Brasil e exterior, adequando-as à realidade brasileira, para vários cenários;
- vi) Definir modelos de custo de interrupção (Funções de Custo do Consumidor, Custo da Energia Não Suprida e Modelos de Custo Combinado) por tipos de consumidores e modelos para definição de Funções de Custo do Consumidor Composto;
- vii) Definir as funções de custo relacionadas com a melhoria da confiabilidade do sistema de distribuição;
- viii) Avaliar qual o melhor mecanismo de incentivo para que as distribuidoras atinjam os valores desejados.

Os estudos e produtos consolidados neste projeto poderão fornecer subsídios para futuras ações do regulador com relação à continuidade da energia elétrica, especificada por funções de custo de interrupções no fornecimento aos consumidores de todo o Brasil, sejam eles conectados na distribuição ou transmissão.

Esse relatório está organizado em quatro seções: a seção 1 repassa o objetivo e escopo do projeto; a seção 2 apresenta objeto desse relatório; a seção 3 introduz os conceitos fundamentais relacionados ao custo de interrupção de energia elétrica; na seção 4 apresenta-se a análise da literatura relevante, tanto internacional quanto brasileira.

2 OBJETIVO

O objetivo deste relatório é apresentar:

- Fundamentos conceituais a serem utilizados no projeto incluindo conceitos de interrupção de energia, déficit de energia, custo da interrupção, confiabilidade da rede, avaliação do custo da interrupção, indicadores de qualidade, dentre outros;
- Pesquisa bibliográfica sobre o tema objeto deste projeto com base na literatura internacional e nacional, bem como sua análise crítica e a visão do panorama nacional.

3 FUNDAMENTOS CONCEITUAIS

3.1 Introdução

Neste tópico são abordados os principais conceitos envolvidos na avaliação dos custos relacionados às interrupções de energia elétrica e suas implicações na regulação, dentre os quais estão:

- Interrupção do fornecimento de energia e déficit de energia
- Indicadores de qualidade
- Custo da interrupção para o consumidor e para sociedade
- Compensação ao consumidor
- Custo da confiabilidade para a distribuidora
- Metodologia para avaliação do custo da interrupção
- Nível ótimo de qualidade
- Políticas de incentivo e penalidades

3.2 Interrupção do fornecimento de energia e déficit de energia

A qualidade do serviço de fornecimento de energia elétrica é expressa pela continuidade do serviço, considerada neste texto como apenas as interrupções de longa duração. Estas são definidas como “toda interrupção do sistema elétrico com duração maior ou igual a 3 (três) minutos”, conforme disposto no Módulo 1 dos Procedimentos de Distribuição publicados pela ANEEL.

Uma interrupção de energia pode ser informada com antecedência por meio de aviso ou ser intempestiva. Em geral a interrupção com aviso prévio decorre de intervenções programadas na rede para ações de manutenção ou obras de expansão, enquanto que as interrupções intempestivas são devido a falhas da instalação, manobras indevidas ou sobrecargas imprevistas.

Há duas dimensões fundamentais que caracterizam a continuidade: a duração das interrupções e a frequência de interrupções¹.

Há que se ressaltar também a diferenciação entre déficit de energia e interrupção de energia.

Na literatura a interrupção está relacionada com a falta de capacidade para transportar ou distribuir energia em um dado momento. Este tipo de defeito é geralmente de curta duração, e na maioria das vezes não é acompanhada de um aviso, de modo que o custo é elevado uma vez que não é possível discriminar o tipo de consumo afetado pela falha.

Já o déficit de energia refere-se a uma situação em que a quantidade de energia que seria consumida em média ao longo de um determinado período de tempo excede a energia disponível no mesmo período. A escassez de energia pode acontecer quando não há combustível ou aflúências hídricas suficientes disponíveis ou quando o fluxo de entrada de novas unidades de geração não é suficiente para atender a demanda por energia ou por capacidade de geração em períodos de ponta. Estes episódios são geralmente de longa duração e deveriam ser precedidos por anúncios prévios à população. Em geral, o déficit de energia permanece durante períodos de tempo relativamente longos, como semanas, meses ou mesmo anos, podendo, inclusive, resultar em racionamento do uso da energia.

3.3 Indicadores de qualidade e seu monitoramento

De maneira geral, a duração e a frequência das interrupções são os principais parâmetros que avaliam o desempenho das distribuidoras, no tocante à qualidade de serviço, por causarem prejuízos à sociedade que devem ser minimizados.

Convém observar que há setores produtivos mais sensíveis à duração das interrupções e outros à frequência havendo, internacionalmente, diferentes métodos de apuração dos prejuízos considerando esses parâmetros básicos.

¹ Do ponto de vista social outros fatores são importantes, tais como o momento do dia no qual ocorre a interrupção, mês ou época do ano de ocorrência, assim como a magnitude da interrupção, que pode trazer danos de ordem pública. Por exemplo, uma interrupção que afete prioritariamente consumidores residenciais de madrugada não tem o mesmo custo (custo unitário) do que uma interrupção que afete todo o sistema de transporte de uma metrópole às seis da tarde e, sobretudo, não implica nos mesmos riscos.

O padrão internacional IEEE 1366 de 2003 (IEEE, 2003), adotado nos EUA e no Canadá, apresenta um conjunto de termos e definições que promovem a padronização dos indicadores de qualidade através da identificação dos fatores que afetam a qualidade do serviço, incentivando as análises comparativas entre as empresas distribuidoras de energia.

Dentre os vários fenômenos que degradam a qualidade de fornecimento estão as interrupções de longa duração, cuja duração mínima depende da norma adotada em cada região (três minutos na grande maioria da Europa (CEER, 2012), e cinco minutos na maioria dos EUA e Canadá (Eto e La-Commare, 2008)).

No Brasil, o desempenho das distribuidoras quanto à continuidade do serviço prestado de energia elétrica é regulado e fiscalizado pela ANEEL com base em metas definidas por indicadores coletivos e individuais, apresentados sinteticamente nas Tabela 1 e Tabela 2, respectivamente. Os aspectos regulatórios do assunto estão consignados no Módulo 8 dos Procedimentos de Distribuição – PRO-DIST (ANEEL, 2014). Neste mesmo módulo é estabelecido um procedimento para buscar eficiência na aplicação dos recursos em relação à qualidade.

Tabela 1 : Indicadores Coletivos no Brasil - Duração média e quantidade de interrupções

INDICADORES COLETIVOS	FÓRMULA	DESCRIÇÃO
<p>DEC</p> <p><i>Duração Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora</i></p>	$DEC = \frac{\sum_{i=1}^{C_c} DIC(i)}{C_c}$	Indica o intervalo de tempo, em média, em que ocorreu descontinuidade da prestação de serviço em cada unidade consumidora do conjunto considerado, no período de apuração, em horas.
<p>FEC</p> <p><i>Frequência Equivalente de Interrupção por Unidade Consumidora</i></p>	$FEC = \frac{\sum_{i=1}^{C_c} FIC(i)}{C_c}$	Indica o número de vezes, em média, em que ocorreu descontinuidade da prestação de serviço em cada unidade consumidora do conjunto considerado, no período de apuração.
<p>Onde:</p> <p><i>i</i> = Índice de unidades consumidoras atendidas em BT ou MT faturadas do conjunto.</p> <p><i>C_c</i> = Número total de unidades consumidoras faturadas do conjunto no período de apuração (mensal, trimestral ou anual), atendidas em BT ou MT.</p>		

Tabela 2: Indicadores Individuais para qualidade do serviço de energia

Indicadores Individuais	Fórmula	Descrição
DIC <i>Duração de Interrupção Individual por Unidade Consumidora</i>	$DIC = \sum_{i=1}^n t(i)$	Indica o intervalo de tempo acumulado que, no período de apuração, em cada unidade consumidora ou ponto de conexão ocorreu interrupção da distribuição de energia elétrica, em horas e centésimos de hora.
FIC <i>Frequência de Interrupção Individual por Unidade Consumidora</i>	$FIC = n$	Indica o número de interrupções ocorridas, no período de apuração, em cada unidade consumidora ou ponto de conexão.
DMIC <i>Duração Máxima de Interrupção Individual por Unidade Consumidora</i>	$DMIC = t(i) \max$	Indica o intervalo de tempo máximo e contínuo em que ocorreu interrupção da prestação de serviço em uma unidade ou instalação, no período de apuração, em horas e centésimos de hora.
DICRI <i>Duração da Interrupção Individual ocorrida em dia crítico por Unidade Consumidora</i>	$DICRI = t_{CRÍTICO}$	Representa o tempo de cada interrupção ocorrida em dia crítico que afetou uma unidade consumidora ou ponto de conexão. Esse indicador é apurado por interrupção, em horas e centésimos de hora.
Onde: <i>i</i> = Índice de interrupções da unidade consumidora, no período de apuração, varia de = 1 a n. <i>n</i> = Número de interrupções da unidade consumidora considerada, no período de apuração. <i>t(i)</i> = Duração de cada interrupção (<i>i</i>) da unidade consumidora considerada, no período de apuração. <i>t(i)max</i> = Tempo da máxima duração de interrupção contínua (<i>i</i>), no período de apuração, na unidade consumidora considerada, expresso em horas e centésimos de horas. <i>tcrítico</i> = duração da interrupção ocorrida em dia crítico.		

A título de ilustração, a Figura 1 mostra a evolução dos indicadores de qualidade coletivos do Brasil de 2001 até 2012. No período de 2002 a 2009, os valores apurados dos indicadores seguem os critérios estabelecidos na Resolução ANEEL nº 024 /2000 (ANEEL, 2000). A partir de 2006 os valores passam a ser apurados com expurgo de dias críticos. A partir do ano 2010 começaram a valer os novos limites estabelecidos através da nota técnica nº 130/2009 SRD-ANEEL (ANEEL, 2009), assim como o critério de formação de conjuntos baseados em atributos físico-elétricos.

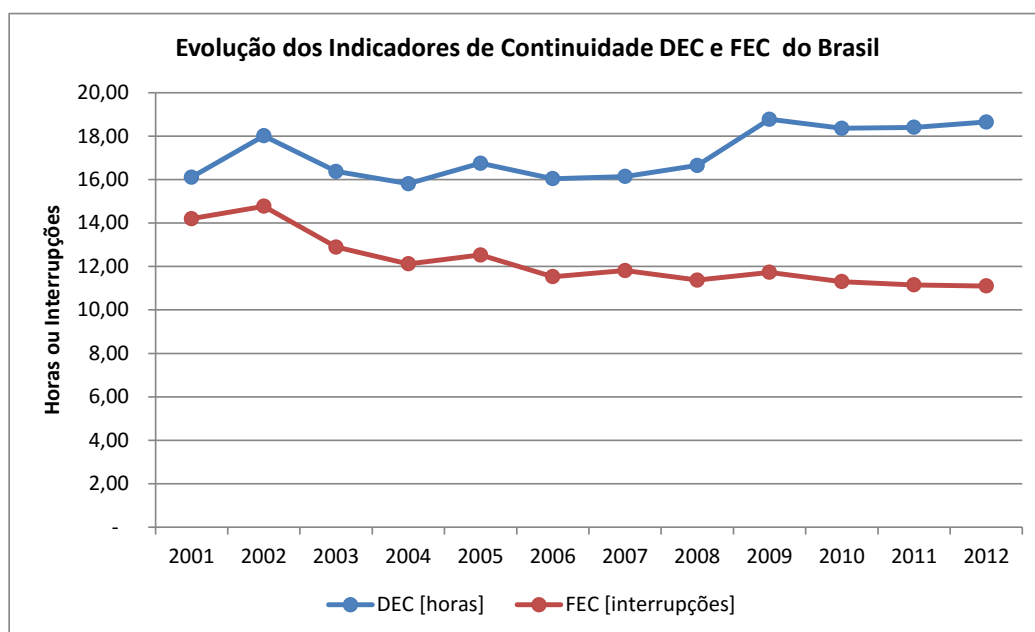


Figura 1: Evolução dos indicadores de Continuidade no Brasil. Dados da Abradee com base em (ANEEL (2014))

3.4 O custo da interrupção para o consumidor e para sociedade

O conceito de custo da interrupção de energia elétrica é utilizado na literatura internacional, genericamente, para definir e agrupar os custos econômicos que afetam a sociedade, resultantes de uma interrupção de fornecimento.

O custo da interrupção (CI), na sua definição usual, representa o prejuízo de um usuário resultante da interrupção de fornecimento sem prévio aviso que o afeta, quantificado unitariamente por R\$/kWh interrompido.

O conceito de energia não suprida (ENS), na sua definição usual, é da energia que deixou de ser consumida em decorrência de uma interrupção. O custo social da energia não suprida (CENS) é a monetarização dos custos diretos e indiretos para toda a sociedade decorrentes da energia não suprida. Este valor diverge do custo da energia não faturada pela distribuidora. O valor do CENS pode agregar o custo da interrupção de diversos agentes de maneira a representar a sociedade como um todo, dentro de uma área de concessão, representando o valor médio do custo da interrupção em R\$/MWh.

A cada modalidade de consumidor afetado por uma interrupção está associado um valor do prejuízo que ela lhe causa. Assim, o custo de interrupção de energia em uma indústria têxtil é diferente do de um grande comércio ou de uma residência.

Em relação aos custos incorridos em decorrência de uma interrupção de fornecimento, a literatura distingue dois tipos de custos de interrupção associados aos usuários afetados: diretos e indiretos.

Os custos diretos são aqueles que ocorrem durante o corte, normalmente identificados como os custos para os consumidores, devido à interrupção de sua atividade normal de produção ou de consumo direto, como por exemplo: perda de produção, perda de bem-estar, retomada do processo de produção, deterioração de matéria prima.

Os custos indiretos são os incorridos pelos usuários quando compra equipamentos ou executa instalações para adequar o nível de confiabilidade que necessita diante do que a rede pública lhe oferece. Neste caso está a compra de geradores de emergência, *no-breaks*, geração de cópias de segurança de documentos e dados, entre outros.

Os custos totais para os usuários afetados são a soma dos custos diretos e indiretos.

Há outros custos associados às repercussões na sociedade de uma interrupção do serviço de energia, como por exemplo, uma interrupção na rede que alimenta o Metrô, que não só afeta os usuários deste serviço como também a produção nos estabelecimentos industriais ou comerciais a quem os mesmos prestam serviço.

O custo de uma interrupção de energia para a sociedade é a soma dos prejuízos diretos e indiretos dos usuários, adicionada aos custos do impacto nos outros setores afetados, que produzem efeitos negativos.

A quantificação do custo de interrupção (CI), e também do custo da energia não suprida (CENS), são importantes para a otimização de planejamento dos investimentos na rede e no desenho de esquemas tarifários.

3.5 Compensação ao consumidor

Ao implementar o controle de qualidade do serviço por meio de avaliação de indicadores, o regulador visa garantir um correto atendimento dos anseios da sociedade pela continuidade do serviço. Entretanto, mesmo em redes com adequado nível de qualidade há dispersão da qualidade percebida pelos consumidores, individualmente.

Uma forma de garantir o equilíbrio econômico entre os consumidores, considerando a dispersão da qualidade do serviço, é por meio de compensações individuais, conforme a intensidade que cada um é afetado. Assim, clientes sujeitos a serviço de qualidade inferior à que deveria ser praticada recebem compensações financeiras pela falta de qualidade.

Políticas de compensações, portanto, estão ligadas à qualidade individual do fornecimento de energia.

As compensações financeiras aos consumidores têm como objetivo ressarcir os clientes afetados por ocorrências que não respeitem os níveis de qualidade estabelecidos sem, entretanto, representar punições às distribuidoras (ENERQ, 2014). Os valores pagos em compensações devem balancear de um lado as expectativas dos clientes e de outro a modicidade tarifária.

Para a definição das compensações alguns fatores são importantes:

- Definição do valor limite de qualidade, cuja ultrapassagem dá ao cliente o direito à compensação;
- Critério para avaliação da intensidade da compensação;
- Mecanismos para garantir que a distribuidora não seja penalizada, evitando desequilíbrios econômicos.

A definição dos níveis adequados de qualidade individual pode ser realizada utilizando indicadores acumulados (por exemplo, total de horas interrompidas, frequência de interrupção no mês, etc.) ou específicos de cada ocorrência. No Brasil atualmente são utilizados indicadores acumulados DIC e FIC, para duração e para frequência de interrupções individuais, respectivamente. Além desses indicadores é utilizado o indicador DMIC, que é aplicado à duração individual de cada interrupção.

O nível de qualidade que determina o pagamento de compensação ao usuário, quando transgredido, é usualmente estabelecido em função de atributos da oferta e da demanda de energia de um determinado grupo. Assim, por exemplo, consumidores de baixa tensão de uma região urbana com alta densidade de carga devem ser compensados por interrupções de forma compatível com padrão de consumo e de exigência de continuidade que apresentam. Evidentemente, por critérios técnicos, o padrão de rede que atende uma região desse tipo é naturalmente adequado para o nível de continuidade exigido, que por sua vez é superior ao padrão de uma rede que atende uma área rural de baixa densidade, cujo padrão técnico e exigência do mercado são bem mais simples.

Em países onde há pequena diversidade de tipos de rede, é possível estabelecer padrões de garantias individuais de qualidade independentemente da localização do cliente ou da rede. Entretanto, a maior parte dos países associa o nível de qualidade a ser garantido com os tipos de rede ou de área de atendimento. Ao contrário da prática internacional (ENERQ, 2014; Fumagalli, E., Lo Schiavo, Delestre, F., 2007), no Brasil as metas de continuidade coletivas e o padrão de continuidade individual é, via de regra, associado a conjuntos de consumidores atendidos por uma subestação dentro de uma área de concessão.

3.6 Custo da confiabilidade para a distribuidora

A confiabilidade de uma rede de distribuição é analisada neste projeto do ponto de vista da quantidade média de interrupções e da duração média de interrupções, do ponto de vista da distribuidora, e o consumo médio e o custo da energia não suprida, do ponto de vista do consumidor.

As distribuidoras de eletricidade procuram a melhoria da confiabilidade de fornecimento por meio de:

- Otimização dos recursos existentes
- Investimentos adicionais em obras para qualidade do fornecimento de energia (CAPEX)
- Mudança (aumento) nos custos operacionais (OPEX) de maneira ótima

Embora a distribuidora possa conhecer os custos relacionados com a alteração da confiabilidade da rede, o agente regulador dificilmente o conhecerá. Portanto, a quantificação dos custos necessários para a melhoria de qualidade em uma rede de distribuição apresenta uma dificuldade real para o regulador.

Tendo em vista a dificuldade que o regulador tem em avaliar os recursos específicos de uma distribuidora para a melhoria da qualidade de fornecimento, a ANEEL estabelece metas de indicadores de qualidade das distribuidoras por meio de técnicas de *benchmarking* (Tanure, 2000 e Tanure, 2004).

Há diversos modelos de simulações de redes, probabilísticos ou determinísticos, que permitem calcular os custos para expansão da rede e melhoria da qualidade. Em relação aos modelos probabilísticos, Gouvêa (Gouvêa, 1993) apresentou bases conceituais que permitiriam o cálculo destes custos no caso brasileiro, utilizando informações de redes. Este modelo ficou conhecido como Planejamento Agregado de Investimentos. Aplicando este modelo para o cálculo do valor incremental necessário a melhoria da qualidade, Cyrillo (Cyrillo, 2011) demonstrou a possível utilização do mesmo através de um estudo de caso, relacionando a energia não distribuída com investimentos adicionais na rede.

Para o cálculo do custo incremental de confiabilidade através de métodos estatísticos, mais recentemente, Jamsb, Orea and Pollitt (Jamsb *et al.*, 2012) estimaram o custo marginal da qualidade nas 14 distribuidoras da Grã Bretanha no período 1995-2003, através de uma análise paramétrica. O trabalho aplica uma função de distância multi-insumo (*Totex*, *Opex*, ou *Capex*) e multi-produto (energia suprida, extensão da rede, perdas de energia) e uma série de *drivers* de custos: energia suprida, extensão da rede, *perdas* de energia, tempo total de interrupção, tendências temporais e variáveis ambientais. Conclui-se que o custo marginal de incrementar a qualidade de serviço é maior do que as penalidades impostas pelo esquema regulatório vigente.

3.7 Nível ótimo de qualidade

A análise econômica na otimização dos níveis de confiabilidade de uma rede de energia elétrica foi introduzida pelo Prof. Munasinghe (1979). A abordagem técnica de Munasinghe, que há tempo constitui o padrão na experiência internacional, consiste em comparar os benefícios sociais de uma melhora na confiabilidade da rede com os custos de providenciá-la. Para isso, a empresa distribuidora de energia elétrica é modelada como uma maximizadora do benefício social líquido, considerando a diferença entre a disposição esperada a pagar por certa confiabilidade e os custos esperados para prestar o serviço (ou a soma dos custos esperados mais o custo da energia não distribuída).

A originalidade do trabalho seminal de Munasinghe consistiu em considerar a energia elétrica como um produto intermediário necessário para produzir bens que são demandados pelos consumidores. Portanto, ele quantifica o custo da interrupção (*outage costs*) em termos do impacto na produção de bens e serviços finais em vários setores da economia (residencial, industrial, serviços, etc.). Seguindo essa abordagem, evita-se o problema de ter que determinar a disposição a pagar (*willingness to pay*, WTC) para determinar o CENS. A metodologia de otimização da confiabilidade consiste em ponderar os custos esperados e os benefícios associados com níveis alternativos de confiabilidade, dadas as tarifas do cenário base. Uma vez otimizado o nível de confiabilidade para o caso base, o seguinte passo é simular um incremento de custos por uma melhora na confiabilidade, o que implica um novo nível tarifário o qual deve ser comparado com o benefício para a demanda, e o exercício continua até atingir o equilíbrio de longo prazo.

Algumas formas de apresentar esta correlação entre qualidade e custo de melhoria da confiabilidade foi feito por Kagan *et al.* (Kagan *et al.*, 2015), com o nome de Nível de Qualidade Ótimo (NQO), tal como descrito a seguir.

A curva de “Custo da Empresa” na Figura 2 ilustra esse efeito de saturação no que tange a distribuidora e a curva “WTP do Consumidor” (*willingness to pay – WTP*), mostra a disposição a pagar do consumidor, que também apresenta saturação para altos níveis de qualidade. Isso porque os recursos financeiros que as distribuidoras de energia elétrica dedicam para garantir níveis de qualidade adequado são crescentes à medida que se exige a melhoria do padrão de qualidade. Entretanto, observa-se que, se uma região apresenta baixo nível de qualidade, um incremento de investimento relativamente pequeno resulta em uma razoável melhora na qualidade. Ao passo que, se uma região já se encontra com alto nível de qualidade, serão necessários investimentos relativamente bem maiores para melhorar a qualidade. Por outro lado, há uma grande quantidade de consumidores dispostos a pagar mais, quando estão sujeitos a um baixo nível de qualidade e, à medida que a qualidade melhora, há cada vez menos consumidores com disposição a pagar mais por um incremento de qualidade.

A partir das curvas da Figura 2, define-se o Nível Ótimo de Qualidade (NQO) como sendo a condição em que o benefício marginal do “Custo da Empresa”, portanto de melhoria da oferta de qualidade, é igual ao custo marginal da “Disposição a Pagar” do consumidor, portanto da demanda de qualidade.

Graficamente, isso significa que as duas tangentes a cada uma das curvas são paralelas no ponto onde o nível de qualidade é NQO.

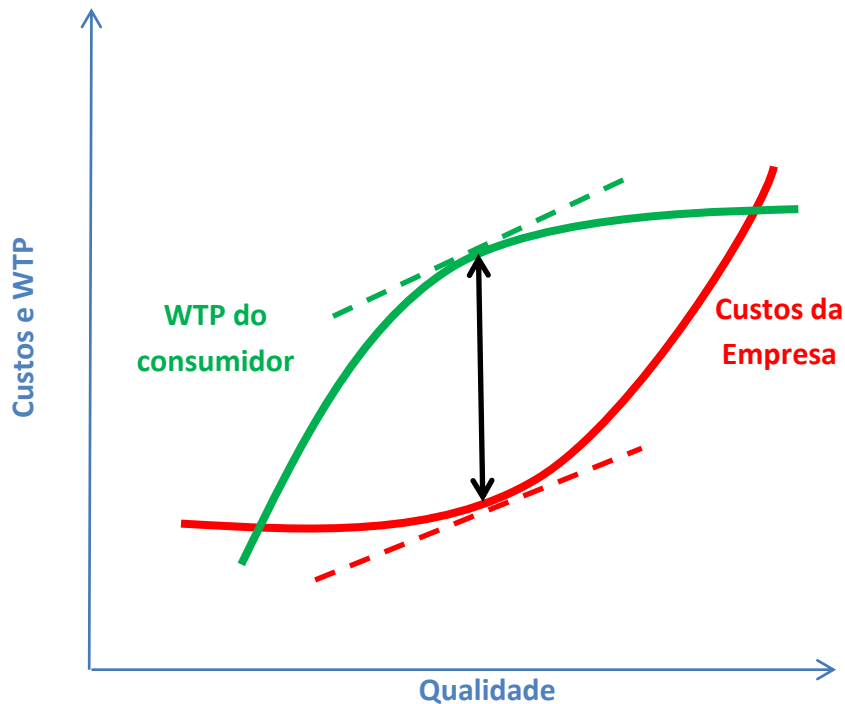


Figura 2: Nível de qualidade ótimo – WTP e Custos da Empresa

A curva de disposição a pagar do consumidor é, em geral, de difícil obtenção, o que recomenda na prática, aproximá-la por meio da curva dos custos incorridos. Esse conceito é ilustrado na Figura 3, onde NQO corresponde ao mínimo da curva de custos totais, que é a soma da curva de custos suportados pela empresa para oferta de cada nível de qualidade com a curva dos correspondentes custos incorridos ao consumidor. Nesse quadro, o objetivo da regulação é cuidar para que a empresa distribuidora opere nas vizinhanças do NQO e para tal o regulador precisa conhecer as duas curvas de custos: tanto da empresa como a dos seus consumidores.

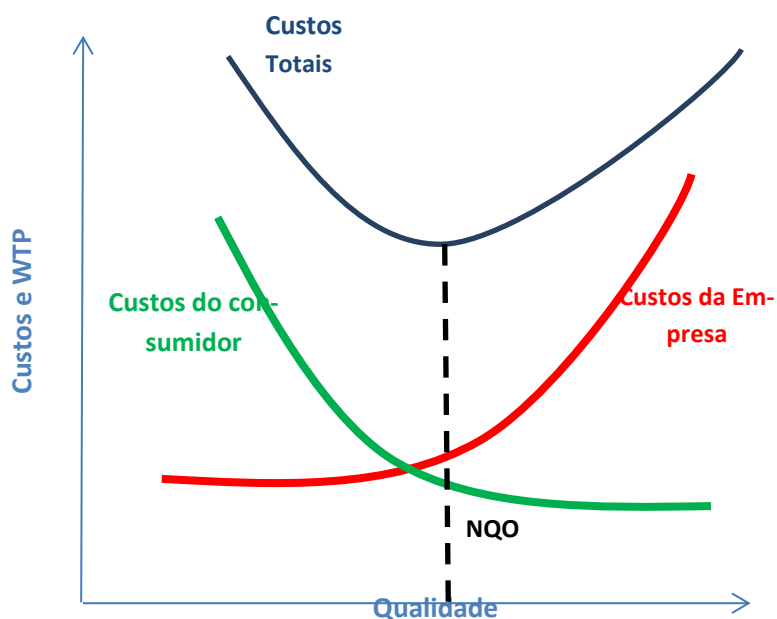


Figura 3: Nível de qualidade ótimo – Custos do consumidor e custos da empresa

Entretanto como apontado anteriormente, os custos ótimos de confiabilidade da rede são de difícil obtenção para o agente regulador.

Outro exemplo da aplicação dos conceitos de Munasinghe foi na Noruega, em estudo de caso feito por Growitsch *et al.* (2010). A Noruega é um país pioneiro em incorporar o custo da má qualidade nas análises de *benchmarking* de custos. O interessante do trabalho é que coloca o foco nos aspectos gerenciáveis por uma distribuidora, ou seja, prover certa qualidade do serviço de energia (confiabilidade) tem seus custos associados em termos de custos de capital (CAPEX) e operação e manutenção (OPEX). Os custos totais (TOTEX), soma do CAPEX e OPEX, aumentam conforme os níveis de qualidade requeridos. Quando a qualidade é alta, o custo marginal de melhorá-la pode ser muito alto. Desde uma perspectiva social, o processo de otimização dos consumidores com a distribuidora segue a abordagem de Munasinghe, ou seja, a qualidade ótima corresponde ao ponto de mínimo da função dos custos totais sociais (SOTEX) incluindo os custos da má qualidade para os consumidores (CENS), conforme ilustrado na Figura 4. A principal conclusão do trabalho é que a regulação da qualidade do serviço não altera significativamente o desempenho das distribuidoras em termo de qualidade, em relação à qualidade do serviço observada na época. Segundo os autores, uma razão seria que provavelmente as empresas estariam perto do ótimo econômico-social. Cabe notar que o trabalho, embora de publicação nos anos recentes, usou dados do período 2001-2004, o que pode não refletir a realidade do setor na última década.

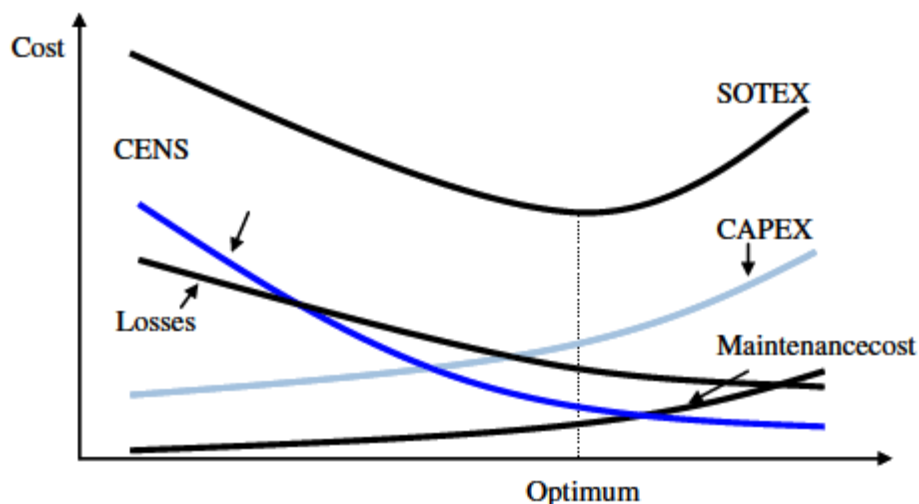


Figura 4: Substituibilidade entre os custos de interrupção (CENS) e os Custos Totais (Totex)

Fonte: Growitsch *et al.* (2010), Fig.1, pág. 2538

3.8 Metodologias para obtenção do custo da interrupção

A avaliação do custo da interrupção (CI) para os consumidores é complexa porque há uma variedade de fatores que determinam o seu valor, considerando as diversas dimensões envolvidas.

Há vários métodos que podem ser utilizados para cálculo de CI, porém verificam-se dispersões significativas nos resultados resultantes das limitações inerentes aos métodos.

Na literatura econômica há duas grandes famílias de abordagens para determinar os custos de interrupções², que diferem principalmente pela fonte de informação utilizada:

1. Métodos indiretos e;
2. Métodos baseados em pesquisas junto aos consumidores (ou métodos diretos).

Enquanto os cálculos através de métodos indiretos utilizam dados agregados, normalmente a partir de fontes secundárias ou registros próprios de tipos de indústrias ou grupos de consumidores de hábitos de consumo semelhantes, nos métodos diretos realiza-se pesquisas ou entrevistas junto aos consumidores, a fim de levantar diretamente os efeitos econômicos e não econômicos de interrupções do fornecimento de energia elétrica. Essa diferença explica uma grande parte das soluções de compromisso entre os diferentes métodos.

² Cruz (2007) define 3 tipos de métodos: analíticos indiretos, pesquisa realizada junto à consumidores e estudo de caso de blecautes.

Em geral, os cálculos através de métodos indiretos podem ser realizados em um curto espaço de tempo, sem esforço logístico significativo, de forma relativamente econômica. Nesses métodos prioriza-se a busca de informações em diferentes instituições ou empresas. Do ponto de vista teórico, as desvantagens resultam da sobre ou subestimação do CI em função da validade dos pressupostos subjacentes em cada abordagem.

Enquanto isso, métodos diretos por meio de pesquisas aos consumidores oferecem a possibilidade de levantar os diversos aspectos que afetam as atividades de usuários em relação às falhas e interrupções de fornecimento de energia. Neste método é possível avaliar os prejuízos que afetam as atividades dos consumidores, em função do período ou horário que ocorre uma interrupção, bem como o tipo de transtorno que acarreta. Com isso é possível avaliar a disposição a pagar dos consumidores para evitar tais eventos, entre outros aspectos.

Um dos principais aspectos que diferencia a pesquisa direta das abordagens indiretas é a capacidade de produzir uma avaliação econômica de uma interrupção para além dos custos. Por exemplo, se for utilizado o enfoque baseado na teoria entre intercâmbio de trabalho e ócio, o custo de uma interrupção que impede o descanso dos indivíduos é avaliado ao preço do salário. No entanto, as metodologias diretas permitem encontrar estimativa mais completas do que a compensação que o indivíduo exigiria para compensar os inconvenientes de não poder realizar certas atividades que requerem energia elétrica. Essa avaliação tem em conta, potencialmente, um componente subjetivo para o inconveniente de não ser possível realizar uma determinada atividade em um determinado momento.

Em contrapartida, a aplicação prática destes métodos diretos requer muito mais esforço tanto na concepção quanto no processamento posterior da informação e sua análise. Uma das etapas críticas é a de concepção de uma estratégia de pesquisa, ou seja, o questionário da pesquisa, que pode ser diferente para cada setor de consumo. Por exemplo, no setor residencial pode-se utilizar a abordagem de avaliação contingente para determinar a disposição a pagar ou receber compensação em troca de evitar ou não uma interrupção de energia de determinadas características. Nos setores comercial e industrial, pode-se utilizar uma abordagem de custeio direto para a identificação de cada um dos potenciais custos e economias realizadas pelo usuário quando ocorre uma interrupção.

Em termos comparativos, nenhuma metodologia teórica é claramente superior às demais. Entre os métodos indiretos, destaca-se o uso frequente dos cálculos associados à abordagem de valor agregado, a qual leva em conta o prejuízo que uma interrupção provoca para a produção; porém, essa metodologia poderia desconsiderar que, uma vez que o serviço é reiniciado, é possível recuperar parte da produção intensificando os turnos de produção. Outra metodologia muito utilizada para os grandes consumidores está baseada nos custos de geração própria, que responde a um princípio de maximizar os lucros das empresas na hora de determinar o nível ótimo de confiabilidade no fornecimento.

Finalmente, a comparação entre as abordagens diretas e indiretas é multidimensional. A realização de perguntas aos usuários oferece a possibilidade de obter um grande volume de informações específicas do fenômeno de interesse, que não seria obtido através de outras fontes. As pesquisas diretamente aos usuários podem apresentar uma complexidade que exige uma grande dose de concepção e planejamento da pesquisa, não sendo possível obter resultados imediatos, cujo orçamento, muitas vezes, torna o processo inviável. Por outro lado, as estimativas através de métodos indiretos são mais simples, sendo possível obter resultados de forma rápida e com custo relativamente baixo, embora dependa muito da qualidade e disponibilidade da informação auxiliar. Finalmente, as estimativas indiretas tendem ter fundamentação menos consistentes do que a de respostas diretas do usuário.

Por estas razões, a prática usual é fazer obter uma gama de valores de custos possíveis de interrupção resultante de cálculos do custo da interrupção utilizando mais do que uma abordagem e, em seguida, fazer uma análise crítica dos resultados obtidos em cada caso. Não se deve esquecer que os vários cálculos são geralmente baseados em estimativas que têm uma margem de erro associadas.

Segundo Hsu, Ghana and Chen (1994), a Tabela 3 resume as vantagens e desvantagens de diferentes metodologias considerando cinco critérios:

- Fundamentos teóricos (FT)
- Verificabilidade dos resultados (VR)
- Disponibilidade da informação (DI)
- Custo de medição (CM)
- Implicações para política regulatória e aplicabilidade (IP)

Tabela 3: Comparação entre diferentes métodos para estimar o CEND

Abordagem	Método	Tipo de CEND estimado	FT	VR	DI	CM	IP
Indireta	<i>Proxies</i>	Mean cost for an economic sector economy	Média	Média	Alta	Média	Média
Indireta	Excedente do consumidor	Custo médio por tipo de consumidor	Baixa	Alta	Alta	Média	Média
Indireta	Equipes de auto-geração	Custo médio por tipo de consumidor	Média	Alta	Alta	Média	Média
Direta (entrevistas)	Análise de interrupções	Custo médio	Média	Média	Média	Alta	Alta
Direta (entrevistas)	Custeio direto	Custo médio por tipo de consumidor	Média	Média	Média	Alta	Alta
Direta (entrevista)	Análise de contingência e análise conjunta	Custo Marginal por consumidor	Média	Média	Média	Alta	Alta

Fonte: adaptada de Hsu, Ghana and Chen (1994)

3.8.1 Estimação dos custos de interrupção para o setor residencial

Para o setor residencial há, no mínimo, dois tipos diretos de danos ocasionados por uma interrupção do serviço de energia elétrica: custos por perda de trabalho e ócio, e custos por perda de bens (por exemplo, perdas no conteúdo do refrigerador, se a interrupção for superior a 4 horas).

O CI para o setor residencial depende de:

- Se a interrupção foi planejada ou não.
- Horário (ponta e fora de ponta, no mínimo).
- Dia da semana.
- Duração da interrupção.
- Frequência das interrupções.
- Estação do ano.

- Nível de renda e quantidade de habitantes no domicílio.

Para o setor residencial o custo das interrupções geralmente é estimado usando a metodologia baseada na teoria desenvolvida por Becker (1965) sobre trabalho-ócio.

Os CI variam dependendo do horário da interrupção do serviço. Se a interrupção acontecer perto das 20:00h (por exemplo, impossibilidade de assistir ao “Jornal das Oito”) o custo será bem maior do que se a interrupção acontecer às 02:00h, quando a maioria da população está dormindo.

3.8.2 *Estimação dos custos de interrupção para os setores industrial, comercial e serviços (incluído o transporte)*

Diferente do setor residencial, no qual o maior impacto de uma interrupção ocorre principalmente no horário da ponta da curva de carga, para os setores industrial, comercial, serviços e transporte, uma interrupção intempestiva pode afetar todo o processo produtivo, gerando perda de produção ou de insumos, bem como capacidade de produção ociosa.

Independentemente das diversas formas de estimar o CI intempestivo para esses setores, a experiência internacional sugere que o valor se encontra no intervalo definido pelo custo salarial (limite inferior) enquanto o limite superior está dado pelo valor agregado do setor.

Cabe notar que a estimação do CI considerando os custos salariais ou o valor agregado pressupõe que a interrupção causa uma perda completa do valor agregado. Na prática podem acontecer, no mínimo, os seguintes cenários:

- Perda completa da produção.
- Produção parcialmente recuperada no horário padrão de trabalho.
- Produção parcialmente recuperada no horário padrão de trabalho com uma maior intensidade operacional.
- Produção parcialmente recuperada com horas extras de trabalho.

Ou seja, caso a produção possa ser recuperada com horas extras do pessoal ou maior intensidade operacional, considerar o valor agregado por unidade de energia elétrica consumida como *proxy* (*instrumento básico para pesquisa*) do CI pode resultar em uma sobrestimação do valor. Uma forma de reduzir o viés à sobrestimação é utilizar as curvas de carga e supor que o valor agregado é produzido conforme a forma da curva de carga, o que permitiria ter diferentes valores do CI segundo o momento do dia (ponta, fora-da-ponta).

Considerando os problemas do uso da informação do valor agregado, como complemento, para os setores industrial, comercial e de serviços, pode-se considerar "os custos de back-up" como limite superior do CI. Esta metodologia propõe medir a disposição a pagar através da estimação dos custos

de geração própria. Com efeito, uma vez que os consumidores (especialmente indústrias e comércio) podem tomar medidas preventivas através da instalação de capacidade de backup (geração própria), pode-se assumir que uma empresa que maximiza benefícios investe em equipamentos de backup até que os ganhos esperados para os kWh consumidos sejam igual ao custo total de geração por kWh não fornecidos. Assim, o custo marginal de produzir a sua própria energia pode ser uma estimativa dos CI. O custo de interrupção com este critério pode ser definido como o custo adicional por unidade de energia [kWh] incorridos pelos consumidores, na ausência de energia, ao gerá-los com equipamentos de *backup*.

Este método baseia-se no princípio da preferência revelada, onde o custo de uma interrupção pode ser inferido a partir das ações tomadas pelos usuários para mitigar perdas induzidas decorrentes da energia não fornecida. Por exemplo, através do investimento em energia de reserva, baterias, geradores etc. O custo de geração própria é um bom estimador da disposição marginal a pagar por um fornecimento ininterrupto de energia elétrica, e é uma boa aproximação do custo da energia não fornecida a grandes consumidores.

Para estimar os custos de *backup* é necessário fazer suposições sobre horas de inatividade por ano, o custo do capital investido e os custos de manutenção. Para os cálculos são necessárias informações sobre as estimativas de custos de equipamento de emergência ou de autogeradores de vários tamanhos, os seus custos, fixos e variáveis, de operação e manutenção (incluindo o custo do combustível determinado pelo preço do combustível e do consumo específico dos equipamentos) e seu tempo de vida útil.

Há que se considerar ainda, que ocorrem interrupções de energia externas aos processos industriais que podem ter impactos significativos e são de difícil mensuração, como por exemplo uma interrupção no sistema de transporte público que transporta os funcionários de uma empresa.

3.9 Mecanismos de Incentivo à melhoria da qualidade do serviço

A disponibilidade do serviço de energia elétrica representa um incremento na qualidade de vida das pessoas. À medida que os benefícios da energia elétrica passam a fazer parte do dia a dia das pessoas, é natural que se estabeleça um processo de discussão quanto à qualidade recebida. A questão da dependência da energia aparece quando os consumidores constatarem que interrupções no fornecimento impactam no desenvolvimento das atividades produtivas e pessoais, por outro lado as distribuidoras constatarem um aumento de custos para melhoria da qualidade oferecida (Kagan *et al.*, 2015).

Em um mercado regulado, com tarifas definidas pelo modelo tipo “preço teto”, evidências teóricas e empíricas indicam que não há motivação relevante para as distribuidoras melhorarem o nível de qualidade oferecida. Por outro lado, a questão do serviço adequado se torna mais complexa ao se constatar que a qualidade tem aspecto multidimensional e que estes aspectos podem ser avaliados de maneira distinta entre diferentes consumidores (Fumagalli, Schiavo e Delestre, 2007).

Uma vez estabelecido o custo da qualidade, sendo ele composto pelos valores de custo da interrupção percebidos pelos consumidores e pelo valor necessário às empresas para adequar a qualidade oferecida de acordo com os anseios da sociedade, são precisos mecanismos para que estes patamares sejam alcançados. A dificuldade do regulador é incorporar ao arcabouço existente regras e valores que garantam o melhor bem-estar social.

Assim, torna-se fundamental, em um modelo de serviço pelo preço-teto, a regulação da qualidade e o correto entendimento por parte de todos os agentes dos custos envolvidos com tal qualidade. É justamente por meio dos instrumentos regulatórios que se pode promover o uso adequado dos recursos das distribuidoras e o atendimento das exigências dos consumidores. Nesse sentido, o regulador deve:

- definir indicadores de qualidade a serem monitorados de forma transparente e única;
- incentivar a melhoria da qualidade para atender os anseios da sociedade;
- garantir a proteção de um serviço adequado aos consumidores individualmente.

Com isso, é possível que:

- As distribuidoras operem em condições de eficiência ótima, considerando os recursos disponíveis.
- Os investimentos e gastos em qualidade sejam feitos de maneira a diminuir o custo total (ou custo social) envolvidos na continuidade do serviço.
- Os consumidores paguem os valores adequados para terem a qualidade desejada.
- Consumidores individualmente não sejam penalizados por um serviço inadequado e, se isso ocorrer, que sejam indenizados pelas perdas ocorridas.

Para que se possam consolidar as bases do uso correto do custo da qualidade, os três instrumentos regulatórios são fundamentais³:

1. Indicadores de qualidade e seu monitoramento
2. Política de compensações
3. Política de incentivos e penalidades

³ Uma bibliografia recente que estuda estes aspectos em detalhes para o caso brasileiro é (Kagan et al., 2015), escrita por consultores que fazem parte dessa proposta, entre outros.

Os instrumentos regulatórios relacionados aos “Indicadores de qualidade” e à “política de compensações” já foram apresentados neste relatório, cabendo, portanto, a apresentação do instrumento de “Política de Incentivos e Penalidades”.

3.10 Política de incentivos e penalidades

Políticas de incentivos e de penalidades interferem nas receitas das distribuidoras reguladas de acordo com o seu desempenho, segundo critérios pré-definidos. Dessa forma, imprime-se o efeito de um mercado competitivo, ao associar níveis de qualidade elevados a receitas elevadas e vice-versa.

Por meio da política de incentivos/penalidades, as distribuidoras são obrigadas pelo órgão regulador a internalizar os custos dos consumidores na sua própria função de custos. Dessa forma, a boa estimativa do valor da qualidade para os consumidores é o elemento-chave para o mecanismo de incentivos/penalidades.

A aplicação prática dessa visão teórica não é uma tarefa simples, em termos regulatórios, uma vez que a qualidade tem natureza multidimensional. Devido a essa complexidade, políticas de incentivos e penalidades tendem a expressar a qualidade de serviço apenas pelo aspecto de continuidade, tanto no Brasil como internacionalmente.

Por meio de indicadores coletivos de continuidade o regulador induz as distribuidoras reguladas buscar o equilíbrio entre os benefícios da continuidade a seus usuários e os investimentos para melhoria da qualidade, ou seja:

- Melhorar o nível de qualidade quando os benefícios para os consumidores advindos desse nível superam os investimentos associados e;
- Evitar investimento para aumentar o nível de qualidade quando os correspondentes investimentos superam o ônus imposto aos consumidores em se mantendo o atual nível de continuidade.

A política de incentivos e penalidades deve especificar um relacionamento funcional entre as receitas e o desempenho da distribuidora. Esses relacionamentos geralmente requerem a definição de uma taxa de incentivos (valor monetário por unidade de mudança na qualidade). A Figura 5 ilustra um esquema linear para a política de incentivos e penalidades. Pode-se notar que a cada nível de qualidade corresponde um nível de incentivo e penalidade. Dessa forma, o regulador deve determinar corretamente o nível correspondente ao padrão de desempenho e a taxa de incentivos para o desenvolvimento de uma política eficiente nesse sentido.

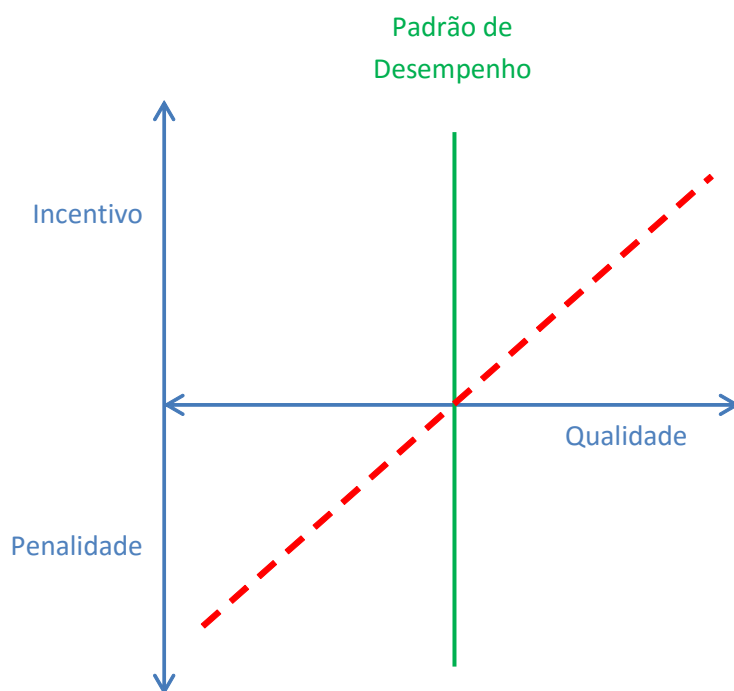


Figura 5: Política de Incentivos/Penalidades – Esquema linear

A taxa de incentivo deve se apoiar na valoração da interrupção de fornecimento, contemplando as suas diferentes categorias.

4 PESQUISA BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo faz o levantamento da bibliografia internacional e nacional sobre o custo de qualidade, com ênfase na qualidade do serviço (interrupções).

Na bibliografia internacional são sumarizados artigos que abordam as pesquisas de custo da interrupção através de métodos diretos e indiretos, com os principais aspectos de cada pesquisa.

Na bibliografia nacional é feita pesquisa histórica levantando autores e trabalhos que contribuíram para o levantamento do custo da interrupção no Brasil. O estudo é feito considerando trabalhos publicados em revistas, anais de congresso e em trabalhos acadêmicos ou, mais recentemente, em projetos de pesquisa e desenvolvimento.

O capítulo é finalizado com resumo do levantamento bibliográfico. Da bibliografia internacional são retirados os seguintes resultados: métodos utilizados e valores obtidos. Da bibliografia nacional são levantados os valores obtidos ao longo das últimas décadas.

4.1 Antecedentes através de métodos diretos

ACCENT (2004) “CONSUMER EXPECTATIONS OF DNOs AND WTP FOR IMPROVEMENT IN SERVICE”

O estudo foi encomendado pela OFGEM e é parte do trabalho que culminou na quinta Revisão Tarifária Distribuição de eletricidade (5DPCR). A análise foi focada na qualidade dos serviços e na estimação da disposição marginal para pagar para uma melhora na qualidade do serviço (WTP) e na disposição marginal para aceitar compensações (WTA). A amostra na qual se aplicou a análise foi a correspondente as classes residencial e comercial. O método empregado foi uma abordagem direta consistente na realização de 4.000 entrevistas, 2.100 aos usuários residenciais e 1.960 aos usuários comerciais. O ano da análise foi 2004. As pesquisas foram destinadas para 150 clientes residenciais e 150 clientes industriais de cada uma das 14 Distribuidoras de eletricidade de Grã-Bretanha (DNO). Tais entrevistas estiveram relacionadas com o desenvolvimento de quatro conjuntos de exercícios de “preferência revelada”. Assim, os consumidores tiveram que escolher entre pares de pacotes de melhoria da qualidade.

Os resultados obtidos consistiram em uma série de valores para ambas a WTP e a WTA correspondentes aos usuários residenciais e comerciais. As dimensões de qualidade foram a duração e a frequência das interrupções do serviço.

Dentre os principais resultados está o fato de que, no que diz respeito à duração, a WTP para os usuários residenciais rurais é 50% maior do que a WTP para os usuários urbanos. Referente à frequência, a WTP para os usuários rurais é apenas um pouco maior do que a correspondente aos usuários urbanos. Em relação aos usuários da classe comercial, um ponto destacável é que os usuários de pequeno porte apresentam uma WTP significativamente maior do que a WTP dos usuários de grande porte.

ACCENT (2008) “EXPECTATIONS OF DNOs AND WILLINGNESS TO PAY FOR IMPROVEMENTS”

Este estudo teve um escopo semelhante ao desenvolvido no ano 2004. Foram realizadas 2.100 entrevistas pessoais com usuários residenciais e 1.050 entrevistas telefônicas com usuários da classe comercial. O objetivo do estudo foi apurar os valores da WTP e WTA. Os entrevistados tiveram que responder um questionário e escolher entre três combinações de qualidade-tarifa para os serviços de eletricidade. A qualidade foi determinada através da referência a uma série de indicadores, tais como interrupções de curta duração, número e duração das interrupções maiores do que três minutos, entre outros.

No que diz respeito à metodologia, as séries de dados obtidas foram logo empregadas na estimação de modelos econométricos do tipo Logit. Os resultados consistiram numa série de valores para ambas a WTP e a WTA. A qualidade foi relacionada com as dimensões de Duração e Frequência das interrupções do serviço. No referente à dimensão frequência, os resultados indicaram que não há diferença significativa na WTP para 13 das 14 DNO de Grã-Bretanha. Aliás, o estudo constatou que a WTA é apenas um pouco maior do que a WTP, o que chama a atenção, pois geralmente há uma grande diferença entre ambas as medidas. Para a dimensão “duração da interrupção” o estudo demonstrou que há diferenças significativas entre os DNO no que diz respeito à variável WTP, os valores apurados ficaram no intervalo (0.04 – 0.20 £). Finalmente o estudo apresenta uma comparação com os resultados obtidos no trabalho do ano 2004, e identifica uma redução significativa, possivelmente devida a uma mudança na metodologia.

KARIUKI, K. AND R. ALLAN (1996) “EVALUATION OF RELIABILITY WORTH AND VALUE OF LOST LOAD”

O trabalho foi desenvolvido pela Universidade de Manchester. O estudo apura, em primeiro lugar, um valor de custo das interrupções para os usuários; depois com esse custo se determina uma função de danos, e, por último, com essa função é valorizado e apurado o custo da energia não suprida (*Value of Loss Load - VOLL*).

Finalmente, usando dados de três empresas regionais de distribuição, é apurada a probabilidade de ocorrência de interrupções de duração diferente, e o custo geral das interrupções é apurado pelo produto de probabilidade vezes o valor do VOLL. A amostra de usuários incorporados na análise é o referido às classes residencial, comercial, industrial e consumidores de grande porte. O número de amostras para as categorias acima foram: comercial 1.700, industrial 700 e consumidores de grande porte 65. O resultado geral foi £15.93/kWh interrompido.

O estudo apresenta dois pontos de destaque:

- 1) O desenho da pesquisa consistiu em solicitar aos usuários uma estimativa dos custos derivados de um evento de interrupção no serviço de energia elétrica, especialmente em um dia e hora estabelecidos; essa situação invalida considerar este custo como um custo médio.
- 2) A amostra da categoria residencial foi relativamente desbalanceada. Assim, para essa categoria, os inquiridos que moram em áreas rurais têm um peso maior ao dos que moram em

zonas urbanas; a mesma coisa acontece com os usuários de mais de 50 anos de idade.

WILLIS, K AND G GARROD (1997) “ELECTRICITY SUPPLY RELIABILITY: ESTIMATING THE VALUE OF LOST LOAD”

O âmbito para a aplicação do estudo foi a categoria de consumidores da classe industrial; a pesquisa abrangeu entrevistas por telefone com 64 usuários. A metodologia empregada foi a conhecida como ranking contingente, apresentando-se aos inquiridos quatro cenários alternativos, dos quais eles deviam fazer um ranking de preferência em relação à confiabilidade do sistema e os custos do serviço. As dimensões da qualidade e confiabilidade do sistema estiveram determinadas pelo número de interrupções, a sua duração, e o momento em que ocorre a interrupção. Por meio de uma regressão pelo método de máxima verossimilhança foram apurados os valores de WTA com base nos vários atributos de confiabilidade. Um aspecto notável deste estudo é que não foi possível garantir que os consumidores industriais entrevistados fossem representativos daqueles correspondentes às 14 empresas distribuidoras para Grã-Bretanha.

BERTAZZI, A. ET AL (2005): THE USE OF CUSTOMER OUTAGE COST SURVEYS IN POLICY DECISION-MAKING: THE ITALIAN EXPERIENCE IN REGULATING QUALITY OF ELECTRICITY SUPPLY

O estudo, que foi aplicado à distribuição de energia elétrica na Itália, teve por objetivo estimar o custo associado às interrupções de diferentes durações para as distintas classes de usuários. Foram desenvolvidas 1.100 entrevistas pessoais a usuários da classe residencial, e 1.500 para os usuários não residenciais (600 e 900 das classes industrial e comercial, respectivamente). Os formulários foram concebidos de modo a inferir os **custos diretos** associados aos danos experimentados pelos usuários após certa interrupção no serviço. Com os dados obtidos da pesquisa foram apurados os valores de WTP e WTA para interrupções de 3 minutos, 1h, 2hs, 4hs e 8hs. O trabalho considera não só os valores da WTP e da WTA, mas também os **custos diretos** associados a interrupções. A WTA estimada foi da ordem de 4 a 7 vezes a WTP. Além disso, verificou-se que os custos diretos são mais elevados do que os valores da WTA. Ambos os resultados fazem sentido econômico. Cabe destacar o tratamento realizado dos *outliers*: os autores reconhecem que a análise teve que retirar 191 questionários residenciais da amostra porque representavam valores atípicos ou respostas extremas; o número de *outliers* identificados é altamente significativo (uma sexta parte da amostra). Uma situação semelhante aconteceu no caso dos usuários da classe industrial.

BLASS, A ET AL (2008) “USING ELICITED CHOICE PROBABILITIES TO ESTIMATE RANDOM UTILITY MODELS: PREFERENCES FOR ELECTRICITY RELIABILITY”

O trabalho foi desenvolvido com o objetivo de apurar o valor de WTP para os consumidores residenciais de Israel. Foram feitas entrevistas pessoais com 560 usuários definidos de forma aleatória.

Os questionários foram concebidos como a abordagem das **preferências reveladas**, assim os entrevistados foram apresentados com dois cenários de combinações de contas bimestrais para diferentes níveis de serviço e confiabilidade, e foram convidados a atribuir a probabilidade de escolha de cada um. A inclusão da probabilidade possibilita a os inquiridos incluir certo grau de incerteza às
Avaliação dos Custos Relacionados às Interrupções de Energia Elétrica e suas Implicações na Regulação

suas potenciais ações, devido a que os cenários propostos são geralmente incompletos. As variáveis empregadas para a definição de confiabilidade foram: diferentes durações médias das interrupções, frequência das interrupções, estação, dia da semana, momento no dia, nível da conta pelo serviço.

A WTP é apurada a partir de parâmetros de técnicas de regressão linear. Um aspecto de destaque do estudo é que ele estima a WTP para reduzir o tempo total de interrupções em uma determinada época do ano; essa redução pode ser conseguida reduzindo a duração média de interrupções ou reduzindo o número de interrupções. Neste sentido, um ponto importante é que os usuários alocam maior valor para a redução do tempo de inatividade total realizado através de reduções no número de interrupções, em vez de reduções na duração média. Como resultado, verificou-se que a WTP é similar entre as horas de ponta nos dias úteis e horas fora da ponta do final de semana. Além disso, verificou-se que a WTP diminui à medida que cresce a duração média das interrupções (exceto no caso dos dias úteis no horário da ponta). Finalmente, o trabalho apresenta uma relação positiva entre a WTP e a renda familiar, ou seja, WTP cresce com a renda.

BLIEM, M (2009) “ECONOMIC VALUATION OF ELECTRICAL SERVICE RELIABILITY IN AUSTRIA – A CHOICE EXPERIMENT APPROACH”

O foco do trabalho foi a pesquisa entre as classes residencial e comercial da Áustria. A metodologia consistiu num experimento de seleção em que os inquiridos podiam escolher entre duas opções de cenários de confiabilidade do sistema: a situação atual e uma alternativa. A confiabilidade foi definida com base nos seguintes atributos: duração das interrupções, frequência de interrupções, dia da semana, hora do dia, aviso ou não, variação percentual da conta. Assim, foi estimada a taxa marginal de substituição entre cada um dos atributos acima referidos e a conta do serviço. Cabe destacar que alguns coeficientes resultaram estatisticamente não significativos, como foram os casos das variáveis “comunicação antecipada” e “horário da interrupção”.

CARLSSON, F. AND P. MARTINSSON (2004) “WILLINGNESS TO PAY AMONG SWEDISH HOUSEHOLDS TO AVOID POWER OUTAGES — A RANDOM PARAMETER TOBIT MODEL APPROACH”

O estudo foi desenvolvido com dados de usuários da classe residencial da Suécia. O objetivo foi estimar a WTP através de consultas diretas aos usuários referentes à sua disposição a pagar para evitar interrupções do serviço com diferentes durações (1, 4, 8 e 24 hs), incluindo o aviso prévio. A informação foi obtida de um processo de 1.500 entrevistas. Os inquiridos deviam informar a WTP, ao invés de escolher entre um cardápio predeterminado de opções. Com essa informação foram desenvolvidos modelos econométricos de regressão linear para apurar a correlação entre as WTP e certos fatores socioeconômicos (renda, lugar de residência, idade, dentro outros).

Alguns pontos a destacar são os seguintes:

- Os entrevistados foram consultados para a avaliação da interrupção em um determinado dia

e hora que estabelecem o pior cenário (ou seja, o valor da WTP não pode ser considerado como uma média).

- Existiu uma super-representação dos entrevistados mais velhos.

Os resultados indicam que a WTP aumenta com a duração da interrupção e, ainda, que os acontecimentos de interrupções sem aviso estão associados com maiores valores de WTP.

CARLSSON, F. AND P. MARTINSSON (2007) “DOES IT MATTER WHEN A POWER OUTAGE OCCURS? A CHOICE EXPERIMENT STUDY ON THE WILLINGNESS TO PAY TO AVOID POWER OUTAGES”

Mais uma vez o escopo do estudo foi dado pelos usuários residenciais na Suécia. Foram feitas entrevistas com 500 usuários, sendo convidados a escolher entre dois cenários alternativos de confiabilidade e disponibilidade para pagar. Os atributos para a determinação da confiabilidade foram: duração das interrupções, dia da semana, o número de interrupções no período de 5 anos e custo de interrupções. Com essa informação foi desenvolvido um modelo do tipo Logit para apurar a WTP associada com interrupções de diferente duração. O principal resultado foi que para uma determinada duração das interrupções (4 e 8 horas) a WTP nem sempre é maior no inverno do que no verão.

CHARLES RIVER ASSOCIATES (2008) “ASSESSMENT OF THE VALUE OF CUSTOMER RELIABILITY (VCR)”

O escopo deste estudo foi o Estado de Victoria, na Austrália. O objetivo foi estimar o "valor de confiabilidade para os usuários", definição que seria semelhante ao custo da energia não suprida ou VOLL. Para realizar a estimativa os entrevistados foram consultados sobre os custos que incorreriam caso ocorrer uma interrupção de uma duração determinada num certo dia definido para ser coincidente com o pior cenário possível. Foram usadas metodologias diferentes conforme a classe de usuários: residencial, agrícola, comercial e industrial. Os usuários do setor residencial, por exemplo, foram consultados sobre as ações que devem ser realizadas antes de um evento de interrupção inesperado e os custos associados a ditos eventos. Os usuários pertencentes às outras classes foram consultados sobre o custo de interrupção baseado em um conjunto predeterminado de natureza de custos que podem ser relevantes para uma interrupção não planejada, tais como custos de aluguel de equipamento de backup, perda de mercadorias para a venda, dentre outras. Quanto aos resultados, o estudo determina o custo de confiabilidade por classe de usuário e também no nível regional, através de um sistema de agregação, tendo a energia consumida como variável de padronização. Um aspecto de destaque do estudo é que foi estimado o custo social de uma interrupção de longa duração, o qual representa o custo incremental de serviços de ambulância, polícia, etc., que podem ocorrer devido a uma interrupção prolongada e generalizada.

DELFANTI, M. ET AL (2010) “TOWARD VOLTAGE-QUALITY REGULATION IN ITALY”

O estudo que foi desenvolvido na Itália, teve como objetivo estimar os custos diretos de interrupções dos serviços de muito curta duração (menores do que 5 segundos). A metodologia empregada consistiu no acompanhamento da qualidade do serviço com o fim de apurar os custos diretos de

Avaliação dos Custos Relacionados às Interrupções de Energia Elétrica e suas Implicações na Regulação

mudanças em dita qualidade. Portanto, a amostra de usuários incluídos na análise foram aqueles interligados ao sistema de média tensão e os usuários que tinham equipamento para monitorar a qualidade. Para cada setor industrial, a informação relacionada aos custos de tais interrupções foi obtida de pessoal idôneo das empresas, a qual logo foi empregada para extrapolar o custo direto das interrupções para os usuários finais. Segundo os autores, o custo médio das interrupções compõe-se de:

- O custo para a recuperação da produção;
- o custo das perdas de produto, e
- o custo para substituir o equipamento danificado.

No que tange aos resultados, foi estimado o custo relacionado com interrupções para diferentes indústrias; porém, o número de agentes inquiridos foi muito pequeno, portanto, há nas estimativas uma significativa dispersão nos resultados.

KJØLLE, G.H. ET AL (2008) “CUSTOMER COSTS RELATED TO INTERRUPTIONS AND VOLTAGE—PROBLEMS: METHODOLOGY AND RESULTS”

A abrangência do trabalho foi a Noruega. A metodologia consistiu em estabelecer seis classes de consumidores: industrial, comercial, grande indústria, governo, agricultura e residencial. Consequentemente, questionários específicos foram preparados para cada classe de consumidores.

Os entrevistados foram questionados sobre suas preferências sob diferentes cenários de interrupções, que foram definidos de acordo com a duração da interrupção, a estação do ano, o dia da semana e o horário em que acontece. Duas variáveis associadas com o custo da energia não suprida foram avaliadas:

- **Valor direto:** representa o custo que seria incorrido pelo usuário se ocorrer uma interrupção
- **WTP:** valor que o usuário está disposto a pagar para evitar a interrupção.

Na definição dos cenários para cada uma das categorias foi identificado o ponto crítico para a atividade, assim os inquiridos deviam avaliar em termos monetários o custo direto e WTP de uma interrupção que ocorre no pior cenário possível.

A estimativa do custo direto do tempo de inatividade significativamente maior do que o valor estimado para WTP foi uma das principais conclusões do estudo. Este resultado faz sentido econômico, no entanto os autores, para evitar o viés das diferentes medidas, consideraram a média aritmética dos dois valores.

4.2 Antecedentes através de métodos indiretos

DE NOOIJ, M. ET AL (2007) “THE VALUE OF SUPPLY SECURITY. THE COSTS OF POWER INTERRUPTIONS: ECONOMIC INPUT FOR DAMAGE REDUCTION AND INVESTMENT IN NETWORKS”

O escopo deste estudo é dado pela classe residencial e diferentes setores da atividade dos Países Baixos. A metodologia envolveu a estimação de uma função de produção para obter o custo da energia não suprida. A abordagem da função de produção para segmentos industriais consistiu em estimar o custo da energia não suprida como a proporção do valor acrescentado de produção por kWh e a sua demanda anual de eletricidade. A abordagem considera que a eletricidade é um insumo do processo produtivo e, portanto, está relacionada de forma linear e crescente com a produção. Assim, restrições de eletricidade geram uma queda na produção.

Naturalmente as principais observações dessa abordagem é a premissa de linearidade entre energia elétrica e o produto; critica-se o fato que, em muitos casos, a produção não é necessariamente perdida devido a uma falha de energia. Além disso, para os setores onde a eletricidade não é um insumo essencial do processo de produção, a estimativa do custo de energia não suprida pode superestimar o verdadeiro valor de dito custo. Estimativas do custo da energia para o caso de usuários residenciais são feitas com base no valor de lazer, sob a premissa que a maioria das atividades de lazer depende da disponibilidade de energia elétrica. Foram estimados os custos de interrupção para os seguintes setores: agricultura, fabricação, construção, transportes, serviços, governo, e setor residencial. Subsequentemente, essas estimativas foram ponderadas para dar uma medida geral do custo da interrupção. O trabalho apresenta também uma discriminação com base na hora do dia em que ocorre a interrupção (três segmentos), e se é dia útil ou final de semana.

LEAHY, E. AND R. TOL (2010) “AN ESTIMATE OF THE VALUE OF LOST LOAD FOR IRELAND”

O estudo estima o custo da energia não suprida para a República da Irlanda e a Irlanda do Norte para os anos 2000-2007. O custo para usuários da classe residencial foi estimado pelo valor de lazer, que neste caso é aproximado pelo salário por hora; para os usuários não empregados o custo foi estimado a metade do salário. Para as restantes classes de usuários o custo foi estimado através da proporção do valor adicionado pela atividade e a demanda de energia do mesmo. Os resultados revelaram que os valores de custo (VOLL) para Irlanda do Norte são significativamente menores do que aqueles para a República da Irlanda. O artigo também apresenta variações em VOLL, dependendo da época, dia da semana e hora do dia quando ocorre a interrupção.

PRAKTIKNJO, A.J. ET AL (2011) “ASSESSING ENERGY SUPPLY SECURITY: OUTAGE COSTS IN PRIVATE HOUSEHOLDS”

O estudo estima o custo das interrupções de energia elétrica para Alemanha. Foram desenvolvidas análises específicas para cada uma das seguintes classes de usuários: residencial, comercial, industrial e setor público. As metodologias de estimação empregadas usadas foram as seguintes:

- Residencial: por meio do valor de lazer (que é equivalente ao salário por hora).

- Comercial e Industrial: o custo das interrupções foi calculado para esses grupos como a proporção entre o valor acrescentado da produção do setor e a sua demanda de energia elétrica.
- Setor Público: é calculado como a relação entre o nível de tributação ou receita fiscal e a demanda de energia elétrica

SULLIVAN, M. ET AL (2009) “ESTIMATED VALUE OF SERVICE RELIABILITY FOR ELECTRIC UTILITY CUSTOMERS IN THE UNITED STATES”

O estudo analisa uma meta-base de dados que inclui dados de 28 estudos de estimação do custo de energia não suprida, nos EUA, durante o período 1989-2005. O estudo considerou as seguintes classes de usuários: residencial, comercial ou industrial de pequeno porte e comercial ou industrial de médio ou grande porte. Meta-bases separadas foram estabelecidas para cada uma das classes mencionadas. Os estudos subjacentes baseiam-se em inquéritos a consumidores, nos quais os consumidores foram convidados a identificar e estimar os custos que incorreriam caso acontecer interrupções de no serviço de energia elétrica de diferentes durações. Nessa metodologia, para usuários da classe residencial geralmente eles foram convidados a apresentar uma estimativa do WTP, enquanto que para usuários das outras classes foi requerido, em geral, o custo direto da interrupção. Os estudos apresentaram um leque entre 4 e 8 cenários diferentes de interrupções. Finalmente, empregando análises de regressão foram estimados os custos das interrupções de energia para diferentes durações das interrupções, e com diferentes cenários no referente a outros atributos como são: estação do ano, comunicação prévia, dia da semana, dentre outros. Em referência aos resultados, o estudo apresenta valores apurados de custo da energia não suprida para as três categorias de usuários e para os seguintes cenários:

- Estação: inverno ou verão
- Dia da semana: dia laboral ou final de semana
- Horário do dia: manhã, tarde e noite.

Os resultados mostram que o custo para a classe residencial é maior no verão do que no inverno, assim como que os custos são maiores nos finais de semana. Para as classes comercial e industrial de pequeno porte o custo é maior nos dias úteis.

Sullivan, M. et al (2015) “Updated Value of Service Reliability Estimates for Electric Utility Customers in the United States”.

O trabalho é um aprimoramento e expansão da pesquisa realizada no ano 2009. Foi conformada uma meta-base de dados a partir do banco de dados e resultados de 34 estudos realizados entre 1989 e 2012. Uma vez formada a meta-base de dados, foi desenvolvido um modelo de regressão linear em duas etapas com o objetivo de determinar a função de danos para os consumidores. Essa função de danos é empregada para quantificar o custo das interrupções de energia elétrica por evento. Conforme o padrão na literatura, outras dimensões envolvidas na determinação do custo da

energia não suprida são as referidas com a estação do ano, o dia de semana, o horário do dia, além de algumas considerações regionais. Um ponto importante a destacar é o fato que, nesta versão do estudo, a metodologia para escolher as variáveis e para a especificação do modelo foi a conhecida como “*backwards stepwise selection*”. Essa metodologia consegue uma maior parcimônia na definição do modelo, situação que gera uma melhora significativa nas estimações do custo da energia não suprida.

POUDINEH, R AND JAMASB, T (2015) “ELECTRICITY SUPPLY INTERRUPTIONS: SECTORAL INTERDEPENDENCIES AND THE COST OF ENERGY NOT SERVED FOR THE SCOTTISH ECONOMY”

A abrangência desse trabalho é um vasto conjunto de setores econômicos da Escócia, incluindo o setor residencial. O escopo da pesquisa foi estimar os impactos econômicos das interrupções de longa duração no serviço de eletricidade, levando em conta a vinculação entre os diferentes setores da atividade, pelo que incorpora uma estimativa do custo social das interrupções de energia.

A metodologia empregada esteve baseada no uso de uma matriz insumo-produto de inoperabilidade dinâmica. Os resultados do estudo mostram que o custo social das interrupções do serviço varia em razão direta com a duração das mesmas. O uso de matrizes insumo-produto possibilita identificar o impacto das restrições sobre cada um dos setores de atividade considerados.

A metodologia empregada é uma derivação da teoria de matrizes de insumo-produto de Leontief, mas incorpora considerações de dinâmica intertemporal. O banco de dados contém informação de 101 indústrias da Escócia para o ano de 2009. As 101 indústrias mencionadas foram agrupadas nas seguintes categorias:

- Agricultura, silvicultura e pesca
- Minera
- Manufatura
- Serviços (incluindo água, gás, eletricidade, telecomunicações e serviços privados, como o setor financeiro)
- Governo
- Educação e saúde
- Residencial.

4.3 Custo da interrupção da energia elétrica na literatura brasileira

No Brasil as primeiras pesquisas publicadas sobre os impactos da qualidade do serviço e sobre o custo da interrupção datam do final da década de 1970. A caracterização do custo da interrupção fica particularmente importante após a análise econômica na otimização dos níveis de confiabilidade de uma rede de energia elétrica introduzida pelo Prof. Munasinghe (1979), com enfoque no custo social da distribuição de energia, conforme apresentado anteriormente.

Na década de 1980 os estudos sobre o custo da qualidade tomaram forma. As distribuidoras de eletricidade estudavam como valorar os impactos das interrupções de energia, sendo conhecido o trabalho da Eletrobrás com o objetivo mensurar o custo de interrupção e que se baseava na metodologia apresentada no relatório técnico de 1987 (ELETROBRÁS, 1991), em parceria com a Fundação Instituto de Administração da FEA/USP. Luiz Carlos Silveira Guimarães, em seu artigo informativo no CODI – Comitê de Distribuição de Energia Elétrica explicou que a COPEL também desenvolvia trabalho sobre o custo econômico-social da interrupção (Shiga, A. A., 2007). Em 1989, Paulo de Tarso Camargo publica sua dissertação de Mestrado intitulada “Custo Social da Energia Elétrica” (Camargo, 1989) na qual apresentava os impactos das interrupções para diferentes tipos de consumidores.

Entretanto, as pesquisas de custo da qualidade para o Brasil começaram a ser publicadas na década de 1990, com ênfase em métodos estatísticos para custos da interrupção (Massaud *et al.*, 1994), a partir de métodos com pesquisa direta (ELETROBRÁS, 1991) e através de regressões econométricas e matriz insumo – produto (Gomes; Schilling, 1997).

Segundo Massaud, Schilling e Hernandez (1994), o artigo “**Electricity restriction costs**” apresenta os resultados obtidos na primeira pesquisa de consumidores realizada no Brasil sobre o assunto de custos da interrupção, esclarecendo também diferenças entre custo da interrupção, custo do déficit e custo da não-faturamento para a distribuidora. As pesquisas junto às distribuidoras e clientes foram realizadas durante quatro anos, com a ajuda de diversos profissionais das distribuidoras. Em relação ao método utilizado para cálculo do custo da interrupção para consumidores residenciais, foi utilizada relação entre renda familiar horária e o consumo médio horário (USD/kWh). Para os clientes comerciais e industriais foram calculados impactos na produção e na retomada, entre outros, também expressos USD/kWh. O artigo relata funções de “*Composite Customer damage function*” (CCDF) para clientes residenciais, comerciais e industriais. Assim, esta pesquisa foca no custo da interrupção para os clientes.

Em 1997, Gomes e Schilling (1997) apresentaram os valores de custo de interrupção por distribuidora no Brasil. Os custos médios foram calculados em relação ao kWh não suprido (ENS) para interrupções que afetam um grupo de consumidores de cada distribuidora. Assim, por exemplo, para a Eletropaulo o valor calculado foi de 1,39 USD/kWh para uma interrupção de 5 horas e 1,98 USD/kWh para uma interrupção de 3 minutos. Essa diferença acontece porque o valor do custo da interrupção é calculado em função da energia que não foi distribuída durante o período de interrupção.

De maneira geral as pesquisas de custo da interrupção feitas na década de 1990 estavam vinculadas com a Eletrobrás e com o CODI, possibilitando grande integração entre as distribuidoras. Entretanto a publicação dos resultados restringiu-se aos documentos da Eletrobrás, com pouco acesso e a congressos e simpósios nacionais com pouca divulgação de seus Anais.

Deve-se notar que até a década de 1990 o mercado de energia elétrica apresentava estrutura verticalizada com empresas de Geração, Transmissão e Distribuição vinculadas e que as tarifas em diversos períodos foram equalizadas ou utilizadas como controle inflacionário, o que influenciava de cer-

ta forma a conceituação e pesquisas dos custos de interrupção. Nesse contexto, em 1992 Schilling e Marangon publicam no XI SENDI (Schilling *et al.*, 1992) um estudo sobre as considerações sobre o planejamento da distribuição, transmissão e geração com a utilização dos custos da confiabilidade, apresentando os valores de faturamento, custo de déficit e custo da interrupção para a época. Na época o valor da tarifa era de 0,048 USD/kWh⁴ médio; o custo do déficit 0,775 USD/kWh e o custo da interrupção para os consumidores residenciais de 1,11 USD/kWh. Os valores para custo da interrupção de clientes comerciais e industriais segue a curva de custo da interrupção apresentada por Massaud em 1994⁵, variando entre 0,75 USD/kWh à 4,76 USD/kWh.

Na década de 2000, para os trabalhos de custo da interrupção, destacam-se os trabalhos vinculados com as universidades e oriundas de P&D, bem como através da CSPE (Comissão de Serviços Públicos do Estado de São Paulo), atual ARSESP.

Magalhães *et al.* (2001) avaliou o custo da interrupção do fornecimento de energia elétrica através de pesquisas junto ao consumidor, chamado no trabalho de "custo social da interrupção". A pesquisa abrangeu os consumidores residenciais, comerciais e industriais do Estado de São Paulo. Foram utilizados métodos diretos e indiretos na mensuração do custo da interrupção. Os custos de interrupção para as categorias residencial e comercial/industrial de pequeno porte foram avaliados considerando as duas metodologias. Para as categorias comercial de grande porte e industrial foram utilizados somente custos diretos. As pesquisas utilizando método indireto o fizeram através do levantamento da "disposição a pagar" (DAP ou WTP em inglês). Já as pesquisas por método direto utilizaram diversos tipos de custos relacionados com a frequência de interrupção e com o tempo energia interrompida de acordo com as categorias de clientes. Para os clientes residenciais, o modelo DAP resultou em um custo médio para a categoria residencial de 0,83 USD/kWh_{interrompido}, enquanto que no modelo de Custos Diretos o custo médio da interrupção foi de 0,96 USD/kWh_{interrompido}. Para os clientes comerciais BT, os valores obtidos com a metodologia DAP ficaram entre 0,52 USD/kWh_{interrompido} a 0,90 USD/kWh_{interrompido}. Com a metodologia de custos diretos, onde não é considerada apenas a utilidade, mas também processos produtivos ou vendas, esse valor ascende a 1,27 USD/kWh_{interrompido}, sendo esse valor a média ponderada das amostras das atividades pesquisadas. O custo Unitário do kWh interrompido para o Estado de São Paulo, ponderando-se pelo consumo energético foi de 1,20 USD/kWh_{interrompido}.

Hideki *et al.* (2001) realizaram uma pesquisa de avaliação do custo de interrupção para clientes de Alta e Média tensão em uma concessionária de São Paulo. A pesquisa foi realizada em duas regiões,

⁴ O valor da tarifa adequada sugerido pelos autores era de 0,067 US\$/kWh, e dada a taxa de inflação dos EUA (média de 2,52% a.a desde 1990) representaria 124,00 US\$/MWh atualmente.

⁵ As diferenças de data acontecem sobretudo porque os estudos conduzidos e publicados pela Eletrobrás sobre o custo da interrupção alcançaram as publicações nacionais rapidamente, seguida por publicação internacional posterior.

sendo um universo de 2553 consumidores industriais, 69 clientes AT foram pesquisados e 140 clientes BT. Foram realizadas pesquisas qualitativas antes da avaliação quantitativa. Os custos diretos foram os assumidos para quantificar o custo da interrupção. Entre os custos diretos estão: custo de geração própria; de proteção; de reparos; de matéria prima e produtos deteriorados; de produtos acabados danificados; de produção perdida; Custo de retomada de produção; de horas extras; de perdas de informação; e custos extras. Foram entrevistados 209 clientes e 168 questionários foram aproveitados. Um dado interessante na pergunta DAP desta pesquisa foi que, 90% das empresas entrevistadas veem benefícios com o aumento da qualidade de energia, porém 93% dos clientes não aceitam pagar pela melhoria do serviço. Deve-se notar que apenas 11% dos clientes consideram a qualidade de energia fornecida como ruim ou péssima. A resposta negativa a DAP é predominantemente econômica, sendo 85% alegam problemas econômicos de aumento de custos. Essa pesquisa apontou um custo de interrupção de 1,64 USD/kWh.

A comparação entre os valores pode depender da tarifa. Sabe-se que o setor elétrico brasileiro passou por grandes transformações, levando a tarifa única, aplicada até a década de 1990 à tarifa aplicada por distribuidora. Em relação ao cliente, houve o realinhamento tarifário, partilhando de maneira mais justa as tarifas entre os consumidores de média e de baixa tensão. A Figura 6 apresenta as tarifas médias no Brasil de 2003 a 2015, tendo como base o valor real de 2015, corrigindo os demais anos pelo IGPM.



Figura 6: Valores da tarifa média de energia elétrica no Brasil com bases em valores reais de 2015.

Fonte: para tarifas Aneel, para atualização FGV através do IGPM

Em 2009, Cyrillo *et al.* (2009) apresentam trabalho sobre a avaliação da percepção dos clientes utilizando pesquisa de campo com clientes residenciais, feita na área de concessão da Eletropaulo no ano de 2008, através de métodos como grupo de foco e pesquisa de disposição a pagar (DAP) e a receber (DAR). O método encontrado para a viabilidade da pesquisa é do método de avaliação con-
Avaliação dos Custos Relacionados às Interrupções de Energia Elétrica e suas Implicações na Regulação

tingente utilizando-se de cenários. Os clientes eram perguntados se estariam dispostos a pagar por uma melhoria em horas semestrais da energia interrompida (DEC) para 4h semestrais, i.e, 8h anuais. Este valor seria adicionado à fatura mensal de eletricidade. O resultado obtido da disposição a pagar está por volta de R\$5,49 a R\$7,90. Algumas observações são importantes em relação a este trabalho: (i) focou-se somente em clientes residenciais com qualidade inferior ao observado nas áreas de melhor qualidade; (ii) este tipo de pesquisa estima o valor percebido pelo cliente devido as interrupções, ele não avalia diretamente o consumo (iii) o resultado não é dado em R\$/kWh, mas sim em relação ao cenário da pesquisa; (iv) os resultados não apontaram maioria na aceitação da melhoria, e isto aconteceu provavelmente porque o valor da pesquisa DAP/DAR estava descalado com os valores necessários para a melhoria da qualidade; (v) os clientes avaliam a alteração no preço / tarifa paga para a concessionária e não no valor alterado da energia em R\$/kWh.

Assim, para a aplicação de uma pesquisa DAP/DAR com perguntas fechadas⁶ é necessário conhecer o valor adequado de investimentos que seriam necessários para melhoria da qualidade de acordo com o cenário dado, pois o cliente valora o incremento ou decréscimo na tarifa, que por sua vez é afetada pelo nível de investimentos e custos operacionais. As pesquisas de campo sobre o custo da interrupção para clientes residenciais (ENERQ, 2009)⁷ mostram que, para o cliente, a mudança do valor na tarifa é mais importante do que o valor de R\$/kWh alterado. Também foi verificado nas pesquisas junto aos consumidores que, quanto melhor a qualidade, menor a disposição a pagar pela melhoria.

Uma metodologia permitindo correlacionar o custo da energia não distribuída (ou o DEC) com variações da tarifa foi apresentado em 2011 por Cyrillo e Tahan (Cyrillo, 2011). Neste trabalho há a avaliação de uma área de concessão na qual a disposição a pagar por melhoria é confrontada com valores ótimos de investimentos pela distribuidora. São considerados somente clientes residenciais e o valor da DAP é usado como *proxy* para decidir se os investimentos são desejados ou não pela sociedade. O planejamento da rede é feito através de metodologia de planejamento agregado (simulação estatística, com base em dados da rede) no qual obras de qualidade são adicionadas de acordo com o custo da END. No estudo de caso, no qual o DEC e FEC são reduzidos pela metade em 4 anos, o valor do custo da ENS que permite essa redução é de 10,00 R\$/kWh_{interrompido} e a diferença entre a tarifa base e a tarifa obtida (utilizando o método TAROT) segundo a simulação é de 1,15 R\$/MWh. Assim, para um cliente que consome 300kWh/mês esse valor representa um acréscimo de R\$0,35 por mês na conta de energia elétrica, que é inferior ao valor médio da DAP, de 2,18 R\$/mês. A novidade do estudo de Cyrillo (2011) é poder simular a tarifa ótima considerando diferentes níveis de

⁶ Nos próximos produtos haverá a discussão detalhada sobre os formatos de pesquisa, bem como suas forças e limitações.

⁷ Relatório da Etapa 3: “Pesquisa de campo para avaliação da percepção do consumidor”. A disponibilização dos relatórios depende de autorização da AES Eletropaulo.

qualidade medidos em DEC ou FEC e poder verificar se estes níveis de qualidade são desejados economicamente pela sociedade.

Do ponto de vista de elaboração das pesquisas e de metodologias, na década de 2000, podem ser citados Cruz (2007) e Marques (2006). Cruz desenvolveu uma metodologia de cálculo dos custos da interrupção baseado em perguntas de prejuízos envolvidos e na disposição a pagar do consumidor; Marques (2006) desenvolveu uma metodologia para calcular o custo de interrupção em clientes industriais e comerciais, consolidada através de ferramenta computacional por metodologia de análise direta e que pode ser utilizada pelo próprio consumidor através de ferramenta computacional disponível na rede internet. Por fim a pesquisa realizada no trabalho de P&D pelo Enerq (2009) apresenta um formulário testado em grupo de foco e em campo sobre a aplicação de pesquisa com avaliação contingente (DAP/DAR) para a melhoria de qualidade com clientes residenciais.

Na década de 2010 os trabalhos de custo da interrupção tornaram-se mais restritos à aplicação em cada concessionária, normalmente vinculadas à projetos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D).

Em 2011 Teixeira *et al.* publicaram pesquisa relacionada com o cálculo do custo de interrupção de consumidores industriais para o Paraná, na área de distribuição da COPEL. A pesquisa envolveu cerca de 1000 clientes, e baseou-se na literatura apresentada anteriormente, incluindo pesquisa qualitativa sobre o uso da energia elétrica. O intuito da pesquisa era subsidiar as decisões de planejamento da distribuidora, considerando os custos de qualidade. Não há, contudo, neste artigo, os valores de custo da interrupção obtidos nas pesquisas.

Também em 2011 Pelegrini *et al.* (2011) publicou pesquisa sobre custo da interrupção em grandes clientes, realizadas na área de concessão da Eletropaulo, com metodologia similar, englobando também pesquisa de disposição a pagar e a receber por melhoria da qualidade. O artigo apresenta um estudo de caso apresentado os custos calculados através das equações obtidas na pesquisa e através do acompanhamento de um cliente, que teve seu fornecimento de eletricidade medido por 40 dias. O resultado do trabalho mostra grande coerência entre os valores calculados através dos questionários para aquele cliente com os valores observados pelo cliente durante interrupções. Entretanto, não há divulgação dos resultados gerais da pesquisa.

Assim, com base nas análises das referências brasileiras sobre o custo da qualidade, nota-se que os trabalhos feitos em escala nacional são datados da década de 1990. Outros estudos apresentaram custos de interrupções para algumas áreas de concessão, porém não foi feita pesquisa sobre o custo da interrupção Nacional ou Regional nas últimas décadas.

Importante notar nesse contexto que todos os trabalhos a partir da publicação do “Electricity restriction costs” de Massaud, Schilling e Hernandez (1994) apresentam a diferenciação clara entre custo do déficit e custo da interrupção.

4.4 Resumos de trabalhos e análises em relação ao custo da interrupção

Esta seção analisa trabalhos que reúnem os custos da interrupção praticados em diversos países. Também são apresentados resumos de dados através de elaboração própria de pesquisa internacional e nacional.

Reckon (2012) apresentou um resumo detalhado dos antecedentes mais recentes, conforme apresentado na Tabela 4.

As Figura 7 e Figura 8 apresentam um resumo com os valores de custo da interrupção em estudos internacionais (citados no eixo das abcissas). As figuras permitem uma comparação dos valores obtidos, os quais foram convertidos em moeda brasileira (Real).

Também Fumagalli, Schiavo, e Delestre (2007) apresentaram o custo da interrupção, dado através do valor da energia não distribuída, comparando a interrupção programada com a não-programada. A Tabela 5 ilustra os resultados e os parâmetros utilizados para o cálculo de compensações em alguns países europeus (Reino Unido, Itália, Holanda, Noruega e Suécia). A comparação desses valores é relativamente difícil em razão dos efeitos de normalização (oriundas da ponderação dos custos de uma interrupção e o consumo de energia) e diferenças de consumo.

Do ponto de vista de aplicação dos custos de interrupção à regulação, dentre a vasta literatura, cabe destacar o recente estudo realizado na Grã-Bretanha sob encomenda da Ofgem⁸, regulador de energia elétrica da Grã-bretanha. Os valores de custo de interrupção foram utilizados como base para definição de prioridades para o atual ciclo de revisões tarifárias, ajudando a definir questões relacionadas à diminuição de frequência ou tempo máximo de interrupção, plano de investimentos futuros, etc.

Em relação aos valores de custo da interrupção apresentados na literatura brasileira a Tabela 6 apresenta alguns resultados levantados na bibliografia.

⁸ Em 2013 a consultora London Economics apresentou estimações do custo de interrupção (*value of loss load*) para a Grã-Bretanha para as classes residencial, industrial e comercial, bem como para pequenas e médias empresas. Esse estudo esteve baseado em pesquisa de campo com distintas classes de usuários, os quais responderam a perguntas relacionadas a um estudo do tipo “experimento de escolha”. Nesse experimento, ofereceu-se aos usuários um conjunto de alternativas ou cardápio de qualidade de serviço a partir do qual é possível identificar suas preferências e assim obter uma avaliação econômica relacionada com a disponibilidade a pagar ou se aceita uma compensação associada às mudanças na qualidade do serviço.

Tabela 4: Resumo Condições Gerais em Referências Recentes (Reckon, 2012)

Estudo	ACCENT (2004)	ACCENT (2008)	Kariuki, K. and R. Allan (1996)	Willis, K and G Garrod (1997)	Bertazzi, A. et al (2005)	Blass, A et al (2008)	Bliem, M (2009)	Carlsson, F. and P. Martinsson (2004)	Carlsson, F. and P. Martinsson (2007)	Charles River Associates (2008)	de Nooij, M. et al (2007)	Kjølle, G.H. et al (2008)	LEAHY, E. AND R. TOL (2010)	PRAKTIKNJO, A.J. ET AL (2011)	SULLIVAN, M. ET AL (2009)	Poudineh, R and Jamasb, T (2015)
País	Grã Bretanha	Grã Bretanha	Grã Bretanha	Grã Bretanha	Itália	Israel	Áustria	Suécia	Suécia	Austrália	Países Baixos	Noruega	Irlanda e Irlanda Norte	Alemanha	Estados Unidos	Escócia
Categoria de Usuários																
Residencial	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Não Residencial											X		X			X
Agricultura										X		X				X
Comercial	X	X	X		X		X			X		X		X	X	X
Industrial			X	X	X					X		X		X	X	X
Grande Usuário			X									X		X	X	X
Setor Público												X		X		X
Parâmetro																
WTP	X	X		X	X	X	X	X	X			X			X	
WTA	X	X		X	X											
Custo direto			X		X					X	X	X	X	X	X	X
Custo Social										X						X
Atributo da Qualidade																
Duração	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X		X	
Frequência	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X		X	
Hora do dia				X		X	X				X	X	X		X	
Dia da Semana				X		X	X		X		X	X	X		X	
Estação						X			X						X	
Ruralidade																
Comunicação Prévia							X	X								
Impacto na receita						X	X									
Metodologia	Preferência Revelada	Modelos Logit Multinomiais	Função de danos	máxima verossimilhança	Preferência Revelada	Preferência Revelada	Taxa marginal de substituição	Regressão Linear WTP e fatores socioeconômicos	Modelo Logit	Valoração direta	Função de Produção	Valoração contingente	Valor do Lazer e Valor Acrescentado da Produção	Valor do Lazer e Valor Acrescentado da Produção	Meta-Base de Dados. Regressão Linear	Matriz Insumo-Produto de Inoperabilidade de Dinâmica
Enquetes	4000	3150	2500	64	2600	560		1500	500							

Em relação aos resultados, as figuras a seguir apresentam os valores obtidos para as classes residencial e não residencial, em Reais do ano de 2015 (1 1£=R\$4 em 30 de junho de 2015).

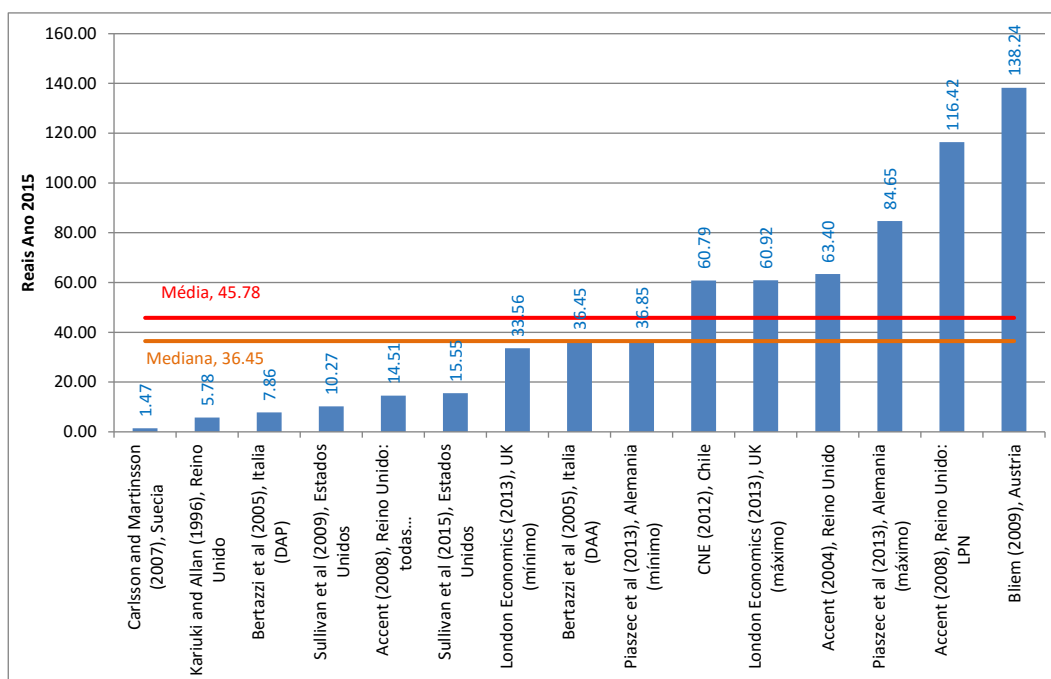


Figura 7: Resultados internacionais - Custo das Interrupções de uma hora, para Usuários Residenciais (R\$/kWh). Fonte: elaboração própria

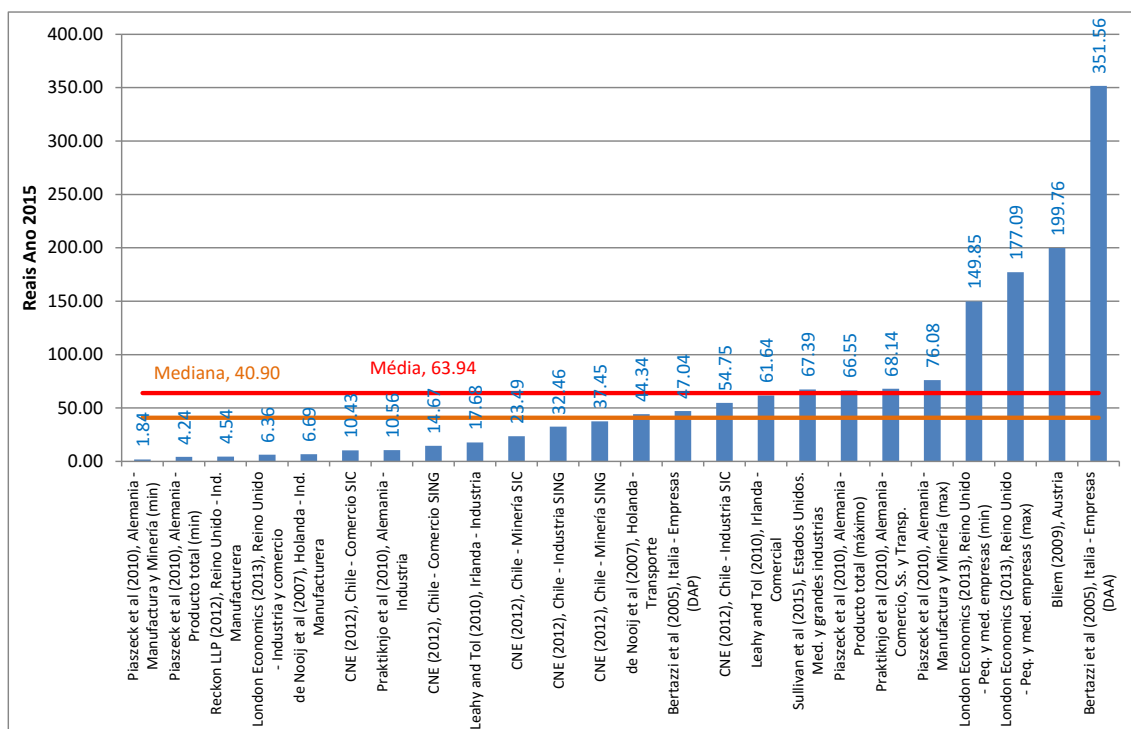


Figura 8: Custo das Interrupções de uma hora, para Usuários Não Residenciais (R\$/kWh).

Fonte: elaboração própria

Tabela 5: Valor da Energia Não Distribuída em alguns países europeus

País	Valor da Energia Não Distribuída	
Itália	<i>Não Programada</i>	
	Residencial: 10,8 €/kWh	
	Comercial: 21,6 €/kWh	
	Industrial: 8,25 – 5,75 €/kWh	
Noruega	<i>Comércio/Serviços</i>	
	Não Programada: 12,38 €/kWh	Programada: 8,50 €/kWh
	<i>Rural</i>	
	Não Programada: 1,88 €/kWh	Programada: 1,25 €/kWh
	<i>Residencial</i>	
	Não Programada: 1,00 €/kWh	Programada: 0,88 €/kWh
	<i>Serviço Público</i>	
	Não Programada: 1,63 €/kWh	Programada: 1,25 €/kWh
	<i>Indústria de Energia Intensiva</i>	
	Não Programada: 1,63 €/kWh	Programada: 1,38€/kWh
Portugal	<i>Não Programada</i>	
	Todos os consumidores: 1,5 €/kWh	
Suécia	<i>Urbano</i>	
	Não Programada: 12,00 €/kWh	Programada: 8,60 €/kWh
	<i>Suburbano</i>	
	Não Programada: 8,80 €/kWh	Programada: 6,30 €/kWh
	<i>Rural</i>	
	Não Programada: 7,40 €/kWh	Programada: 5,20 €/kWh

Fonte: Fumagalli, Schiavo, e Delestre (2007) reeditadas em (Kagan et al., 2015).

Avaliação dos Custos Relacionados às Interrupções de Energia Elétrica e suas Implicações na Regulação

Tabela 6: Valores aplicados de custo da interrupção (em CEND) segundo literatura brasileira

Referência	Descrição	Custo da Interrupção
Gomes e Schilling (1997)	Eletropaulo - 5 horas	1,39US\$/kWh _{int.}
Gomes e Schilling (1997)	Eletropaulo - 3 Minutos	1,98US\$/kWh _{int.}
Schilling e Marangon (1992)	Residenciais	1,11 US\$/kWh _{int.}
Schilling e Marangon (1992)	Comerciais e Industriais (Valor máximo)	4,76 US\$/kWh _{int.}
Magalhães et al. (2001)	Residenciais DAP	0,83 US\$/kWh _{int.}
Magalhães et al. (2001)	Residenciais Custos diretos	0,96 US\$/kWh _{int.}
Magalhães et al. (2001)	Custo médio de São Paulo	1,20 US\$/kWh _{int.}
Hideki <i>et al.</i> (2001)	Consumidores AT e MT em São Paulo	1,64 US\$/kWh _{int.}
Cyrillo et al.(2009)	Residenciais - DAP de acordo com cenário	2,18 R\$/mês
Cyrillo (2011)	DAP - corrigindo pelo consumo médio	10,00 R\$/kWh _{int.}
Cyrillo (2011)	Acréscimo na tarifa para melhoria da qualidade de acordo com o cenário proposto	1,15 R\$/MWh

Nota: os valores apresentados nesta tabela não foram atualizados.

4.5 Regulação da energia elétrica – Experiências internacionais nos aspectos de fornecimento

A qualidade de fornecimento de energia elétrica tem sido objeto de aprimoramento de diferentes maneiras internacionalmente.

Algumas bibliografias tratam especificamente de esquemas de regulação da qualidade da energia, tais como Fumagalli, Schiavo e Delestre, (2007); outras bibliografias apresentam estudos comparativos da regulação internacional em relação à regulação nacional (ENERQ, 2014).

Conforme apresentado nos fundamentos, os instrumentos regulatórios mais frequentes são: definição de indicadores de qualidade com acompanhamento e publicação; o incentivo à melhoria da qualidade para atender os anseios da sociedade; e a garantia e proteção de um serviço adequado aos consumidores individualmente⁹.

O uso destes elementos básicos pode variar de país para país¹⁰.

A seguir apresentamos a análise da regulação sobre esse assunto em alguns países (ou conjunto de países): Reino Unido, Espanha, Noruega, Suécia, Austrália, Japão e Coreia do Sul.

Finaliza-se o subcapítulo com avaliação geral de diversos países analisados segundo as bibliografias em comparação com a regulação atual brasileira.

4.5.1 Países Selecionados

REINO UNIDO

No Reino Unido as atividades de comercialização e distribuição são distintas. Também houve a criação de entes relacionados com a regulação da atividade de medição (*smartgrid*) e última

⁹ Estes esquemas também podem ser conhecidos como: indicadores de qualidade; qualidade coletiva e qualidade individual, respectivamente.

¹⁰ Nós últimos anos nota-se um crescente interesse pelo impacto da geração distribuída e de elementos de smartgrid nas redes, o que vem alterando diversos aspectos de qualidade de energia (e da forma como é vista a qualidade de energia) em diversos países. Também foi notável a transformação do mercado cativo em livre. Optamos sempre que possível por utilizar a regulamentação consolidada e amplamente publicada, normalmente anterior a estes processos.

milha, bem como o a criação de entidade responsável pelo tratamento de dados de medição. O órgão regulador é a Ofgem¹¹ (Office of Gas and Electricity Markets).

Os principais indicadores utilizados pelas empresas distribuidoras no Reino Unido são CMI (*customer minutes lost*), CI (número de consumidores interrompidos a cada 100 consumidores), que são equivalentes ao SAIDI e SAIFI. Há também RI (quantidade de consumidores reinterrompidos devido a interrupções de longa duração) e número de consumidores interrompidos devido a interrupções de curta duração (SI). Para os esquemas de incentivo são utilizados o CMI e CI, com base nos padrões estabelecidos para cada distribuidora. A proporção de incentivos em relação a estes indicadores é de 1,2% da receita para CI e 1,8% para CMI, de maneira simétrica para incentivos e penalidades.

Os padrões de rede e qualidade são dados no “*Grid Code*” e “*Security and Quality of Supply Standard (SQSS)*”, alterados de acordo com os ciclos tarifários. No atual ciclo de revisões tarifárias a Ofgem realizou diversos estudos sobre os custos da qualidade do serviço, adequando a importância dos indicadores e, privilegiando a melhoria no indicador de tempo de interrupção. Durante o ciclo de revisões tarifárias as distribuidoras são convidadas a apresentarem um plano para a distribuição, o qual inclui a qualidade de energia (com base em valores dados pelo regulador).

Até as alterações na regulação em 2015, no Reino Unido os consumidores são protegidos pelas normas tipo *Guaranteed Standards (Ofgem, 2005; Ofgem 2006)*. Citamos 3: GS2 que trata de interrupções de duração consideravelmente longa (a partir de 18 horas), GS2A que trata de múltiplas interrupções de longa duração (a partir de 3 horas) e GS5A que trata de reclamações de problemas de tensão.¹² As GS2 e GS2A tratam de maneira isonômica todos os clientes, garantindo compensação fixa mínima de £50 para consumidores residenciais e £100 para consumidores não residenciais. Há adicional a cada 12h e não há teto limite para as compensações.

O novo modelo de regulação no Reino Unido (RIIO-ED1), válido de 2015 a 2023, alterou alguns parâmetros, sendo que atualmente o tempo de interrupção sem compensação foi reduzido de 18h para 12h, de maneira geral para todos consumidores (incluindo áreas antes não válidas,

¹¹ Informações disponíveis em <https://www.ofgem.gov.uk/em> inglês. Assim como no caso da ANEEL, a regulação feita pela Ofgem é composta de diversos documentos..

¹² Pode-se conferir todas as GS em: <https://www.ofgem.gov.uk/sites/default/files/docs/2006/04/13882-guidance-distribution-april-2006.pdf>. O site da Ofgem oferece links para as notícias e trabalhos mais recentes.

tais como os Highlands da Escócia e as Ilhas). Há também, desde 2010, um esquema de financiamento reconhecido nos planos de negócio das DNOs voltados para a redução do número de clientes com pior serviço ('worst served customer' funding¹³) voltado exclusivamente para investimentos adicionais em melhoria da rede para esses consumidores (Ofgem, 2013).

ESPAÑA

A distribuição de eletricidade é uma atividade regulada desde 1997. De acordo com a metodologia aprovada em 2008 (Espanha, 2008) as distribuidoras recebem uma remuneração anual definida em nível estadual. Essa metodologia inclui termos relativos ao incentivo ou penalização da qualidade do serviço, com base nos índices de qualidade definidos em regulamentação complementar. Este incentivo poderá ser de até 3% da remuneração do ano anterior.

De acordo a legislação (Espanha, 2002a e 2002b), a qualidade do serviço ainda pode ser classificada com relação a sua extensão em:

- Qualidade individual: é aquela de natureza contratual, que se refere a cada um dos consumidores.
- Qualidade zonal: é aquela que se refere a uma determinada zona geográfica atendida por uma única empresa de distribuição.

Com relação à qualidade zonal, as mesmas podem ser classificadas de acordo com o número de pontos de atendimento em:

- Zona urbana: abrange um conjunto de municípios de uma província com mais de 20.000 pontos de atendimento.
- Zona semiurbana: abrange um conjunto de municípios de uma província com número de pontos de atendimento entre 2.000 e 20.000, excluindo capitais da província.
- Zona rural concentrada: abrange um conjunto de municípios de uma província com um número de pontos de atendimento compreendido entre 200 e 2.000.
- Zona rural dispersa: abrange um conjunto de municípios de uma província com menos de 200 pontos de atendimento.

A determinação da continuidade de fornecimento é baseada em dois parâmetros: tempo de interrupção e número de interrupções. A partir desses parâmetros, são determinados os indicadores para quantificar a qualidade do serviço.

¹³ Um cliente pior servido é definido pela Ofgem como aquele que teve 12 ou mais interrupções em um período de 3 anos, com um mínimo de 3 interrupções em cada ano.

A partir de 2007 as empresas distribuidoras são obrigadas a atender determinadas metas anuais para a qualidade de serviço individual. O atendimento a essas metas é avaliado anualmente, e levam em consideração simultaneamente duração e quantidade de ocorrência das interrupções imprevistas e de longa duração (maiores que 3 minutos). Os limites estabelecidos são apresentados nas tabelas a seguir:

Tabela 7: Metas de qualidade de serviço individuais para clientes MT (de 1 a 36kV).

Zona de fornecimento	Número de horas	Número de Interrupções
Urbana	3,5	7
Semiurbana	7	11
Rural concentrado	11	14
Rural disperso	15	19

Tabela 8: Metas de qualidade de serviço individuais para clientes BT (menor ou igual a 1 kV)

Zona de fornecimento	Número de horas	Número de Interrupções
Urbana	5	10
Semiurbana	9	13
Rural concentrado	14	16
Rural disperso	19	22

De acordo com as tabelas anteriores, as concessionárias de energia são obrigadas a aplicar descontos nas faturas de energia correspondentes ao primeiro trimestre do ano seguinte àquele para o qual foi verificado o não cumprimento das metas. No caso do não cumprimento das metas por número de horas, o desconto aplicado será proporcional ao produto entre a diferença do número de horas em que o consumidor ficou interrompido e o número de horas fixado, e a potência média anual faturada do consumidor. Esse produto é multiplicado pela tarifa contratada (ou de acesso, dependendo do contrato do consumidor com a concessionária) incrementada de 5 vezes, sendo que o teto do desconto corresponderá a 10% da tarifação anual do consumidor. De forma similar, no caso do não cumprimento das metas por número de interrupções, o desconto aplicado será proporcional ao produto entre a diferença do número de interrupções em que o consumidor ficou interrompido e o número de fixado, a potência média anual faturada do consumidor e o número de horas de interrupção. Esse produto é ini-

Avaliação dos Custos Relacionados às Interrupções de Energia Elétrica e suas Implicações na Regulação

cialmente dividido por 8 e, posteriormente, multiplicado pela tarifa contratada (ou de acesso, dependendo do contrato do consumidor com a concessionária) incrementada de 5 vezes, sendo que o teto do desconto corresponderá a 10% da tarifação anual do consumidor. No caso do descumprimento de ambos os limites, será aplicado aquele mais favorável ao consumidor. No caso de existirem divergências entre o consumidor e a concessionária com relação aos índices de qualidade de serviço, caberá ao órgão regulador encerrar o impasse. Nesse sentido a concessionária é obrigada a fornecer os registros de interrupção, sob pena da aplicação de multas severas.

Na Espanha as empresas distribuidoras também são obrigadas a manter níveis de qualidade zonal mínimos das zonas referentes à sua área de atuação:

Zona de fornecimento	TIEPI (horas)	NIEPI (interrupções)
Urbana	1,5	3
Semiurbana	3,5	5
Rural concentrado	6	8
Rural disperso	9	12

Há critérios para o atendimento de cada município de maneira a que ele não esteja no percentil dos 20% piores dois anos consecutivos.

No caso do não cumprimento dessas metas, as empresas distribuidoras deverão apresentar para a administração regional um programa de atuação para corrigir os problemas existentes dentre de um período de tempo previamente estabelecido. As penalidades impostas pela lei 2/2002 (Espanha; 2002a) são extremamente elevadas tanto na sua definição, como na importância econômica:

- Infrações leves, com multa de até €600.000;
- Infrações graves, com multa de €600.000 até €6.000.000;
- Infrações muito graves, com multa de €6.000.000 até €30.000.000.

Entende-se que a aplicação deste regime e penalizações evitará ocorrência de graves incidentes, como a perda completa de subestações que alimentam os grandes centros populacionais. Porém, a sua aplicação direta sobre todo tipo de ocorrência podem ocasionar custos desproporcionais para as empresas distribuidoras. Sendo assim, o órgão regulador não busca a aplicação literal da lei para todos os casos de interrupção, mas sim apenas para aqueles mais gra-

ves, em que parte significativa da população foi afetada. É fato que tal situação gera uma insegurança jurídica muito grande, uma vez que qualquer cidadão pode vir a exigir a aplicação literal da lei.

NORUEGA

Um modelo de regressão é utilizado na Noruega (Fumagalli, Schiavo, Delestre, 2007) para determinar o padrão de desempenho para cada distribuidora em termos da ENS (para cada distribuidora, determina-se o nível $\varepsilon(ENS)$, em kWh). O modelo é baseado em dados históricos de continuidade e diversas outras variáveis estruturais, como energia fornecida, extensão de rede e condições meteorológicas. Utilizando o nível estimado de ENS e os custos médios de interrupção, $c_{m,n}$, para cada classe de consumo, m , e para interrupções programadas e não programadas, n , calcula-se um custo das interrupções $\varepsilon(CI)$ para cada distribuidora em euros:

$$\varepsilon(CI) = \sum_{m,n} \varepsilon(END)_{m,n} \cdot c_{m,n}$$

Ao final de cada ano o regulador compara o nível estimado de custos de interrupção de cada empresa com aquele de fato verificado (CI). Caso a diferença seja positiva, a mesma é adicionada na receita da empresa, caso contrário, ela é subtraída da receita:

$$\Delta Receita = \varepsilon(CI) - CI$$

SUÉCIA

Na Suécia as empresas distribuidoras devem informar a duração e a frequência agregadas das interrupções superiores a 3 minutos que ocorreram nas suas respectivas áreas de concessão (SAIDI e SAIFI, respectivamente).

A regulação da qualidade do serviço na Suécia é baseada em um modelo que realiza a comparação das empresas distribuidoras com uma empresa de referência fictícia, com rede elétrica fictícia, mas que atenderia o mesmo número de consumidores e estaria localizada na mesma área. Existe um indicador de qualidade inserido no modelo, o qual verifica a necessidade de pagamento pelas empresas de distribuição de energia elétrica da receita excedente aos consumidores individuais no ano de auditoria.

Através da rede fictícia, o modelo calcula o custo do capital que a empresa distribuidora deve apresentar de maneira associada com a rede, assim como os custos de operação e manutenção da mesma, fornecendo assim, uma base de comparação para a avaliação do desempenho. Ainda, custos adicionais são inseridos através de uma série de algoritmos, de modo a manter certo nível de confiabilidade na rede fictícia. O custo corresponde ao nível de confiabilidade

que os consumidores estariam dispostos a pagar. Esses custos de confiabilidade compõem a base da regulação da qualidade do serviço (ENERQ, 2014, Relatório 1).

Inicialmente, devido a utilização de modelo por comparação com empresas de referência, não existia a compensação por interrupções de longa duração. Isto foi algo que as distribuidoras adotaram voluntariamente, com o intuito de melhorar o nível de satisfação dos clientes. Como efeito da tempestade de inverno em 2005, leis foram aprovadas (Gudrun-Laws), definindo os níveis mínimos de compensação para os consumidores afetados por interrupções de longuíssima duração. Apenas interrupções superiores a 12 horas de duração são abordadas pela regulação vigente. Existe também um requisito funcional desde 2011 estabelecendo que interrupções superiores a 24 horas não sejam toleráveis. Interrupções superiores a 3 minutos de duração não são consideradas para cálculo de compensação, no entanto, as mesmas são sim consideradas para o cálculo dos índices de desempenho do sistema (Setréus, Wallnerstom, e Bertling; 2007).

A menor compensação a ser paga devido a uma interrupção de 12 horas é 900 SEK (aprox. €100). O máximo valor de compensação a ser pago a um consumidor corresponde a 3 vezes a tarifa de rede anual do mesmo. Não há diferenciação entre clientes. Esses limites são dados por interrupção. Interrupções múltiplas em um ano podem resultar em compensações superiores a 3 vezes a tarifa do consumidor. As Gudrun-Laws também apresentam exceções para a aplicação das regras de cálculo das compensações, para os casos de situações extremas (“atos de Deus”) tais como, guerras, sabotagens, ações terroristas. Desastres meteorológicos excepcionais podem também ser incluídos nessa categoria.

AUSTRÁLIA

Na Austrália, cada jurisdição tem a sua própria estrutura de monitoração e divulgação das informações de continuidade de fornecimento das redes de distribuição. Em 2008 o *Steering Committee on National Regulatory Reporting Requirements* (SCONRRR), com a publicação do esquema do programa nacional de incentivos pelo desempenho das redes de distribuição, adotou apenas o SAIDI e SAIFI como indicadores. Atualmente a agência reguladora nacional de energia é a AER.

Os reguladores auditam, analisam e divulgam os resultados de desempenho, tipicamente no nível dos alimentadores (os quais, por sua vez, são classificados em: urbano, rural curto – até

200 km, rural longo – acima de 200 km e de distritos comerciais centrais - CBD¹⁴). As tabelas seguintes ilustram o desempenho histórico das redes de distribuição na Austrália. As informações apresentadas nessas tabelas contêm informações não normalizadas, isto é, nenhum artifício matemático foi utilizado para excluir interrupções que fogem do controle dos operadores de rede (por exemplo, interrupções que tenham se originado na geração e/ou na transmissão; interrupções causadas por fatores externos, como condições climáticas severas). Apenas as informações referentes a Queensland 2005-06 e a New South Wales 2006-07 foram ajustados, de modo a excluir desastres naturais (ciclone Larry em Queensland e uma tempestade em New South Wales), os quais poderiam distorcer significativamente os dados.

Tabela 9: Desempenho do SAIDI em cada jurisdição da Austrália [minutos]

	2000-01	2001-02	2002-03	2003-04	2004-05	2005-06	2006-07	2007-08
Queensland	331	275	265	434	283	353	231	264
New South Wales	175	324	193	279	218	191	211	180
Victoria	183	152	151	161	132	165	165	197
South Australia	164	147	184	164	169	199	184	150
Tasmania	265	198	214	324	314	292	256	304
NEM weighted average	211	246	196	268	202	221	202	207
Western Australia							325	317

Tabela 10: Desempenho do SAIFI em cada jurisdição da Austrália

	2000-01	2001-02	2002-03	2003-04	2004-05	2005-06	2006-07	2007-08
Queensland	3.0	2.8	2.7	3.4	2.7	3.1	2.1	2.4
New South Wales	2.5	2.6	1.4	1.6	1.6	1.8	1.9	1.7
Victoria	2.1	2.0	2.0	2.2	1.9	1.8	1.9	2.1
South Australia	1.7	1.6	1.8	1.7	1.7	1.9	1.8	1.5
Tasmania	2.8	2.3	2.4	3.1	3.1	2.9	2.6	2.6
NEM weighted average	2.4	2.4	1.9	2.2	1.9	2.1	2.0	1.9
Western Australia							3.3	3.3

As jurisdições de *Victoria* e *South Australia* têm utilizado estruturas financeiras de incentivo para seus respectivos setores de distribuição, de modo a manter e aprimorar o desempenho do serviço prestado com o tempo. O modelo é baseado na estrutura do “fator-S” de incentivo, similar ao aplicado nas redes de transmissão. Em particular, a estrutura utilizada em *South Australia* é focada em consumidores com baixos índices de desempenho de fornecimento de energia.

¹⁴ CBN: Abreviação de *central business district*, que faz referência a alimentadores que fornecem energia predominantemente a prédios comerciais de alto padrão através de redes subterrâneas com grau significativo de interconexão e redundância se comparado com demais regiões urbanas.

Em maio de 2009, a AER (AER , 2009) publicou detalhes sobre a estrutura de incentivos para metas de desempenho de serviço como parte da regulação nacional de distribuição e transmissão. A estrutura prevê bônus e penalidades de até 5% da receita de distribuidoras que não atinjam as metas de qualidade de serviço. As metas se referem à continuidade do fornecimento, (duração e frequência de interrupções) e qualidade do atendimento. As estruturas de incentivo são revisadas desde então.

Atualmente os indicadores de continuidade (SAIDI) das diversas distribuidoras da Austrália pode ser visto na figura abaixo (AER , 2015).

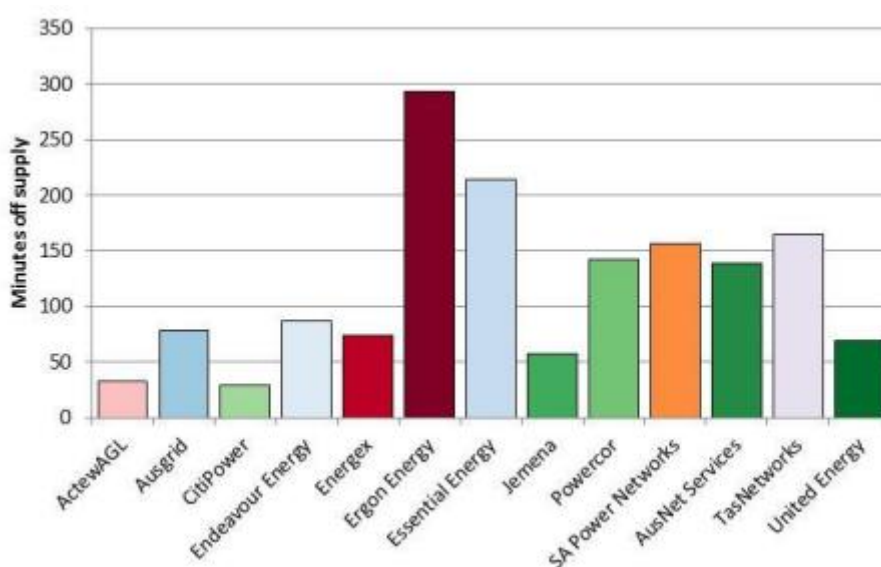


Figura 9: Minutos interrompidos médios por consumidor 2010-2014 (SAIDI). Excluídas interrupções da transmissão, causas de força maior e planejadas

De forma similar ao que acontece na Grã-Bretanha, a regulação da qualidade de serviço de fornecimento de energia elétrica na Austrália considera critérios mínimos de qualidade, chamados de “níveis garantidos do serviço” (*Guaranteed Service Levels - GSL*). De acordo com esses critérios, pagamentos devem ser feitos diretamente aos consumidores quando a qualidade do serviço fica abaixo de certos limites. Os GSLs abrangem tanto a qualidade do serviço de fornecimento de energia, quanto à qualidade do produto (forma de onda), e a qualidade de atendimento aos consumidores. Ainda existem aspectos ligados à regulação jurisdicional que fazem a aplicação das GSLs ganharem particularidades em cada uma das jurisdições australianas.

Por exemplo, em Victoria, no caso da avaliação de desempenho com relação à duração das interrupções, os pagamentos fixados são:

Avaliação dos Custos Relacionados às Interrupções de Energia Elétrica e suas Implicações na Regulação

- \$100 quando o consumidor sofrer mais de 20 horas de interrupção por ano devido a interrupções sustentadas (interrupções com duração superior a 1 minuto).
- \$150 quando o consumidor sofrer mais de 30 horas de interrupção por ano devido a interrupções sustentadas.
- \$300 quando o consumidor sofrer mais de 60 horas de interrupção por ano devido a interrupções sustentadas.

No caso da avaliação de desempenho com relação à quantidade das interrupções, os pagamentos fixados são:

- \$100 quando o consumidor sofrer mais de 10 interrupções sustentadas por ano.
- \$150 quando o consumidor sofrer mais de 15 interrupções sustentadas por ano.
- \$300 quando o consumidor sofrer mais de 30 interrupções sustentadas por ano.
- \$25 quando o consumidor sofrer mais de 24 interrupções momentâneas (interrupções inferiores a 1 minuto) por ano.
- \$35 quando o consumidor sofrer mais de 36 interrupções momentâneas por ano

JAPÃO E CORÉIA DO SUL

No Japão, a Tokyo Electric Power Co. Ltd. (TEPCO) figura entre as maiores concessionárias de energia elétrica do país. Ela está presente tanto na geração, como na transmissão e distribuição de energia elétrica, sendo responsável pelo fornecimento de energia a cidades importantes como a própria capital japonesa, Tóquio. A rede de distribuição da TEPCO está entre as mais confiáveis do planeta. Por exemplo, durante a ocorrência do terremoto e tsunami que causou o acidente com a usina de Fukushima, 700.000 consumidores ligados à rede da TEPCO ficaram apenas 3 horas sem energia. Durante o incidente, a empresa teve que lidar com uma diferença entre 10 milhões de kW entre a demanda e produção.

Segundo Anderson Jucá, 2003, não é necessária a intervenção do Estado na regulação da qualidade de fornecimento de energia elétrica, uma vez que a mesma já apresenta índices extremamente baixos, se comparados com outros países. Dessa forma, os clientes tendem a reclamar apenas quando estão certos que a culpa por quaisquer prejuízos é de responsabilidade da empresa, a qual, por sua vez, tende a resolvê-los da maneira mais rápida possível, de modo a garantir a satisfação dos seus clientes.

A Figura abaixo ilustra a tendência da duração e frequência das interrupções desde 1997 até 2009. São apresentados os índices do EUA e do Reino Unido na própria figura para permitir a comparação de desempenho da empresa.

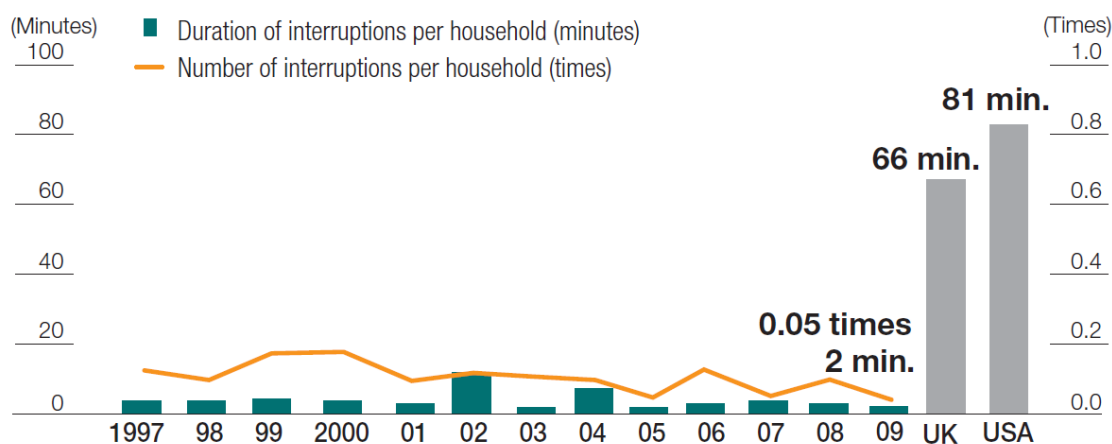


Figura 10: Tendências de SAIDI e SAIFI da TEPCO - Extraído de Site da TEPCO:
<http://www.tepco.co.jp/en/index-e.html>

De forma similar ao Japão, deve-se chamar a atenção para a Coreia do Sul. Na Coreia do Sul, a principal empresa concessionária de energia elétrica é a Korea Electric Power Corporation (KEPCO). A KEPCO é uma empresa de capital majoritariamente estatal (51%) e atua nas áreas de geração, transmissão e distribuição. Ela é responsável pela geração de aproximadamente 93% da energia consumida na Coreia do Sul.

Na Tabela abaixo, pode-se observar a elevada qualidade de serviço, com uma taxa de conformidade de tensão de 99.9%. Os índices de interrupção também podem ser considerados muito baixos, se comparados com países da Europa e EUA, no entanto são normalmente superiores àqueles apresentados pela TEPCO. A Figura 13 ilustra a tendência de SAIDI e SAIFI da KEPCO desde 1986.

Tabela 11: Indicadores de desempenho da KEPCO – Extraído de site da KEPCO:
<http://www.kepco.co.kr/eng/>

Item	2005	2006	2007	2008	2009	2010
SAIDI(min/customers, year)	18.6	18.8	17.19	16.08	15.59	15.15
- Scheduled Interruption	10.0	9.2	9.27	9.18	9.10	8.70
- Unscheduled Interruption	8.6	9.6	7.92	6.90	6.49	6.45
Voltage Compliance Rate(%)	99.9	99.9	99.9	99.9	99.9	99.9
Distribution System Loss Rate(%)	1.77	2.19	2.29	2.19	2.45	2.45
Underground Circuit Rate(%)	11.7	12.3	12.68	13.25	13.78	14.26

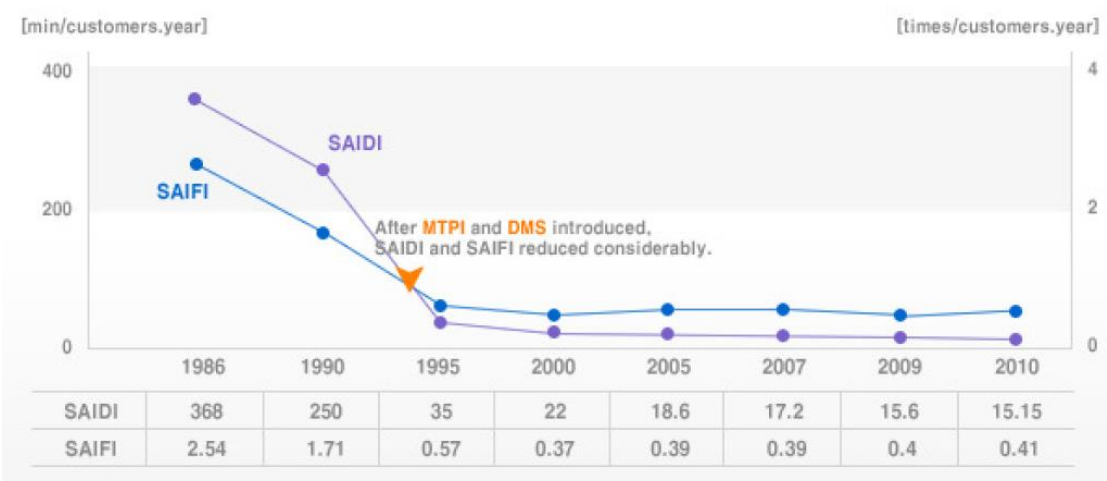


Figura 11: Tendências de SAIDI e SAIFI da KEPCO - Extraído de site da KEPCO:
<http://www.kepco.co.kr/eng/>

Assim como no caso japonês não foi possível encontrar documentação referente à regulação da qualidade do serviço. Além dos níveis de qualidade considerados excelentes, no caso da Coreia do Sul, a falta de necessidade de tal regulação é agravada pelo fato da KEPCO ser praticamente a única empresa do setor de distribuição elétrica e ainda ser de capital majoritariamente estatal.

CHILE

No Chile a Norma Técnica de Segurança e Qualidade do serviço estabelece os custos de falha de curta duração (custos de interrupção) para o Sistema Interconectado Central (SIC) e o Sistema do Norte Grande (SING) em 13,230 USD/kWh e 14,738 USD/kWh, respectivamente. Esses valores são indexados semestralmente conforme uma fórmula paramétrica. Porém, esses valores na norma vigente só são usados no dimensionamento ótimo de sistemas de subtransmissão. Quando as interrupções superam certo umbral, as empresas distribuidoras devem compensar aos clientes avaliando a energia não suprida conforme o custo de falha de longa duração como do custo de curta duração.

4.5.2 *Análise da experiência Internacional*

Internacionalmente observam-se diversos esquemas para a melhoria da qualidade de maneira condizente com o valor tarifário. Observa-se também que a qualidade do serviço não é dependente somente do regime de regulação, e competição adotado no país, mas de uma série de fatores. De maneira geral nota-se que três ferramentas são fundamentais para o acompanhamento e melhoria da qualidade do fornecimento:

- Definição e acompanhamento de indicadores de qualidade;
- Definição de nível de qualidade coletiva adequada;
- Garantia de qualidade individual e compensações caso esta não seja oferecida.

Sobre a formulação da estratégia para definição destas três ferramentas, não se pode afirmar que há uma solução única ou mais eficiente, entretanto há estratégias amplamente adotadas.

Por exemplo, muitos países adotam SAIDI (DEC) e SAIFI (FEC) como indicadores coletivos de qualidade do fornecimento e normalmente para toda a área de concessão/distribuição (Em relação aos indicadores individuais, há tanto o uso de indicadores agregados como indicadores por interrupção. As tabelas abaixo extraídas de (Kagan *et al.*, 2015) exemplificam uma análise com 13 países.

Tabela 12: Indicadores Coletivos e limites

Indicador Coletivo utilizado?	Qtd. Países	% Países
Duração Equivalente da Interrupção	11	100%
Frequência Equivalente da Interrupção	7	64%
Análise realizada para:	Qtd. Países	% Países
Toda a área de concessão	9	82%
Sub-regiões da área de concessão	2	18%

Tabela 13: Indicadores Individuais e limites

Indicador individual utilizado?	Qtd Países	% Países
Duração da interrupção	13	100%
Frequência da interrupção	7	54%
Limite definido?	Qtd Países	% Países
Indicador acumulado	7	54%
Interrupção	5	38%
Indicador acumulado e por interrupção	1	8%
Nível de desagregação do limite?	Qtd Países	% Países
Nível de tensão e Localização geográfica	5	38%
Nível de tensão	4	31%
Nenhum	2	15%
Interrupções severas ou normais	1	8%
Topologia e tecnologia das redes	1	8%

As políticas de incentivos e penalidades normalmente usam como linha de base o limite regulatório do indicador. Os valores de incentivos e penalidades podem ter limitações financeiras. As políticas de incentivo visam melhorar a qualidade observada na rede sem penalizar os consumidores, conforme pode ser visto na Tabela 14.

Tabela 14: Política de incentivo via tarifa

Elementos considerados no incentivo?	Qtd Países	% Países
Dif. entre apurado e limite do ind. Col.	8	73%
Dif. entre apurado e limite da ENF	3	27%
Tem limite para o valor financeiro do incentivo?	Qtd Países	% Países
Sim	8	73%
Tem margem de tolerância nos limites?	Qtd Países	% Países
Sim	3	27%

De maneira diferente do que se observa no Brasil em relação à política de compensações, os limites dos indicadores são definidos em relação a questões sociais: podem ser definidos de maneira equânime entre todos os consumidores, podem considerar tipos de classes ou de localização (rural/urbano). Não foi reportado o uso do valor de indicador de qualidade coletiva para se estabelecer o indicador de qualidade individual. Em relação aos valores econômicos das compensações, observa-se que são significativos (na ordem de US\$100,00), porém apenas para os casos que realmente fogem do esperado (12h no Reino Unido por interrupção, 20h na Austrália ao longo do ano, 12h na Suécia).

Tabela 15: Política de compensações aos consumidores (garantias básicas)

Indicador individual utilizado?	Qtd Países	% Países
Duração da interrupção	13	100%
Frequência da interrupção	7	54%
Limite definido?	Qtd Países	% Países
Indicador acumulado	7	54%
Interrupção	5	38%
Indicador acumulado e por interrupção	1	8%
Nível de desagregação do limite?	Qtd Países	% Países
Nível de tensão e Localização geográfica	5	38%
Nível de tensão	4	31%
Nenhum	2	15%
Interrupções severas ou normais	1	8%
Topologia e tecnologia das redes	1	8%

A prioridade de melhoria de um ou de outro indicador (duração ou frequência, por exemplo) pode ser escolhida para espelhar o esperado pela sociedade. Por exemplo, no Reino Unido o indicador de duração é preferido ao de frequência havendo, portanto, um incentivo maior para a concessionária (qualidade coletiva) aos ganhos auferidos em relação à duração. Isto foi observado através de pesquisas de opinião sobre o custo da qualidade do serviço de distribuição.

Tabela 16: Comparação entre prática nacional e internacional

	Internacional	Nacional
Limites de indicadores Coletivos	Em geral estabelecidos para área de concessão, considerando diferenças rurais e urbanas	Estabelecidos para conjuntos e para a área
Valores dos indicadores	Na ordem de Minutos por ano	Na ordem de horas por ano
Incentivo via tarifa	Em função do atendimento aos limites coletivos	Em função prioritariamente da melhora no desempenho dos indicadores, pouco relacionado com o limite. Há um processo de comparação entre empresas e as distribuidoras não sabem ao certo quanto receberão pela melhora em qualidade
Garantias individuais	Compensa o consumidor por interrupções que causam desconforto. Busca-se isonomia entre semelhantes	Compensa o consumidores em relação aos indicadores coletivos. Busca incorporar a extinta multa de DEC/FEC
Sistemática de compensações	Resulta em valores perceptíveis para os consumidores afetados: Compensa com valores significativos poucas consumidores	Não necessariamente resulta em valores perceptíveis para os consumidores. Compensa muitos consumidores, porém com valores pequenos

De acordo, com a Tabela 16 nota-se que há grandes pontos de convergência entre a prática nacional e internacional em relação à definição de indicadores individuais e coletivos. Os valores em si divergem. Na prática internacional os valores de qualidade coletiva são menores do que verificados no Brasil, e os valores de garantias individuais (qualidade individual) são maiores. A prática dos incentivos apresenta pontos de similaridade, havendo mecanismos parecidos, porém no caso brasileiro a compensação é em decorrência de melhoria e não necessariamente ao atendimento dos indicadores, como tem se mostrado na prática internacional. Talvez o maior ponto de divergência seja em relação às compensações individuais, que no Brasil parecem querer substituir multas por não atendimento da qualidade (o que seria um mecanismo de política de incentivos/penalidades, vinculado à qualidade coletiva) enquanto que na prática internacional visam claramente a ressarcir consumidores por eventos além do aceitável, com valores monetários significativos.]

Em relação à aplicação de pesquisas de custos de interrupção nos instrumentos de regulação da qualidade do serviço, observou-se que são poucos os países que utilizam diretamente a relação entre custo da energia não distribuída e melhoria da qualidade, como é o caso da Noruega. Há uma dificuldade inerente ao idioma de cada país para se entender o regulamento específico sobre essas aplicações, porém através das fontes secundárias e literatura internacional publicada (e analisada anteriormente) pode-se estabelecer paralelos entre estas aplicações, as quais serão objeto de estudo futuro neste projeto.

A definição de métodos para definir os indicadores depende das particularidades de cada país e não há método que garanta sucesso, seja para definir os indicadores de qualidade ou a eficiência do serviço, sobretudo nos países em desenvolvimento (Jamash; Nepal; Timilsina; 2015). O método de definição dos indicadores não costuma ser assunto principal na publicação dos indicadores de qualidade coletivos e individuais observados na prática internacional.

5 CONCLUSÕES

Este relatório apresentou os principais conceitos relacionados com o custo da interrupção, levantando a bibliografia sobre o assunto, a aplicação em alguns países do mundo e uma análise em relação aos métodos para quantificação do custo da qualidade.

Diversos estudos apontam que as redes elétricas devem ser planejadas para atender o nível de confiabilidade exigido pela sociedade. Há variações sobre como calcular as exigências da sociedade e como estabelecer a relação entre as exigências por qualidade e as possibilidades da rede de distribuição. De maneira geral os diversos autores e especialistas no assunto consideram fundamental o conhecimento do custo da interrupção para os consumidores e para a sociedade para estabelecer padrões de qualidade adequados.

As metodologias para o cálculo do custo da interrupção costumam ser classificadas em métodos diretos e indiretos. Enquanto os cálculos através de métodos indiretos utilizam dados macroeconômicos e microeconômicos agregados, nos métodos diretos realizam-se pesquisas ou entrevistas junto aos consumidores, a fim de levantar diretamente os efeitos econômicos e não econômicos de interrupções do fornecimento de energia elétrica. Nota-se que a opção por métodos indiretos é mais comum quando há restrições de orçamento para pesquisas com os consumidores.

O custo da interrupção varia de acordo com as características de cada consumidor e com as características das interrupções. Os custos associados para o conjunto de consumidores da sociedade, mais os custos indiretos da interrupção, resultam no custo da energia não distribuída.

Assim, os custos de suprir a qualidade de serviço variam de acordo com a realidade de cada sociedade. Por exemplo, em muitos países há redes subterrâneas de distribuição de energia, em que as interrupções são pouco frequentes, mas o tempo de restabelecimento é longo. Em outros países o consumo de energia elétrica pode ser muito alto ou baixo, dependendo das necessidades por condicionamento ambiental, que podem ser supridas por outras fontes de energia. Quando há também a presença de mobilidade urbana movida a eletricidade os custos sociais também podem ser impactados.

Por esta razão, deve-se evitar a comparação direta entre custos da qualidade, normalmente dados em USD/kWh interrompido, de diferentes culturas ou países. Outro parâmetro que dificulta a comparação internacional são os valores dos indicadores de qualidade: enquanto em muitos países desenvolvidos a duração média das interrupções (DEC) é de alguns minutos, no Brasil a duração média das interrupções é de algumas horas.

Foram apresentados alguns exemplos de países que passaram a incorporar pesquisas de custo da interrupção para definição de políticas de regulação da qualidade do serviço (não somente o valor do indicador de qualidade). Nota-se que as pesquisas de campo servem para indicar a satisfação econômica dos consumidores, os principais problemas percebidos e a disposição a pagar pelo serviço. No entanto, a escolha das políticas regulatórias varia de país para país. Pode-se, por exemplo:

- Definir valores de indicadores adequados aos anseios sociais;
- Alterar os valores de tarifa de acordo com a qualidade;
- Definir compensações adequadas para os consumidores com qualidade de serviço aquém do estabelecido regulatoriamente;
- Definir políticas públicas de mudança de padrões de rede ou de linhas de distribuição de energia elétrica.

Assim, considerando o exposto, pode-se elencar os seguintes tópicos conclusivos:

1. Os custos da interrupção são fundamentais para a definição dos parâmetros de qualidade adequados para toda a sociedade.
2. As pesquisas internacionais feitas utilizam-se de diversas metodologias para quantificar o custo da interrupção e o custo da energia não distribuída. A utilização desses valores diretamente à realidade brasileira não é recomendável, pois não é possível transferir a relação de produção ou de percepção de uso da energia.
3. Recomenda-se fortemente a realização de uma pesquisa de custo da interrupção para o Brasil, utilizando-se métodos diretos. Observa-se que a pesquisa com o consumidor é fundamental para se obter dados mais precisos.
4. Em função das dimensões continentais do país e de significativas diferenças regionais, sugere-se a segregação do valor de custo da interrupção, tanto da pesquisa quanto dos resultados apresentados, por Regiões do país (N, NE, CO, S, SE).

6 REFERÊNCIAS

- AER, 2008; “Electricity distribution network service providers: service target performance incentive scheme, final decision”, Austrália, Junho de 2008.
- AER, 2015; “Annual Benchmarking Report - Electricity distribution network service providers”, Austrália, Novembro 2015.
- Ajodhia, V., Van Gemert, M., Hakvoort, R., 2002. “Electricity outage cost valuation: a survey”; CEPSI 2002.
- Anderson, R. and L. Taylor, 1986. “The social cost of unsupplied electricity. A critical review”; *Energy Economics* 8 (3): 139-146.
- ANEEL; 2000; Resolução normativa No. 024/2000.
- ANEEL; 2009; Nota técnica No. 130/2009 SRD-ANEEL.
- ANEEL; 2014; Evolução do Desempenho dos Indicadores de Qualidade.
- ANEEL; 2014; Procedimentos de Distribuição de Energia Elétrica no Sistema Elétrico Nacional - PRODIST.
- Baarsma, B., and Hop, J. P., 2009. “Pricing power outages in the Netherlands”, *Energy* 34 (2009) 1378–1386.
- Balducci, P.J., Roop, J M., Schienbein, L.A., De Steese, J.G., Weimar, M.R.; 2002; “Electrical Power Interruption Cost Estimates for Individual Industries, Sectors, and U.S. Economy; Pacific Northwest National Laboratory”; Preparado para el *U.S. Department of Energy*; PNNL-13797.
- Becker, G. S; 1965; “A Theory of the Allocation of Time”; *Economic Journal* 75: 493-517.
- Beenstock, M. U., E. Goldin, and Y. Haitovsky; 1998; “Response bias in a conjoint analysis of power outages”; *Energy Economics* 20: 135-156.
- Benavente, J. M., A. Galetovic, R. Sanhueza, y P. Serra; 2005a, “Estimando la demanda residencial por electricidad en Chile: el consumo es sensible al precio”; *Cuadernos de Economía* vol. 42: 31-61 (mayo).
- Benavente, J. M., A. Galetovic, R. Sanhueza, y P. Serra; 2005B; “El costo de falla residencial en Chile: Una estimación usando la curva de demanda”; *Revista de Análisis Económico*, vol. 20, N° 2: 23-40 (diciembre).

- Bernstein, S. y R. Agurto; 1992, "Use of outage cost for electricity pricing in Chile", *Energy Policy* October 1992: 299-302.
- Billinton R, Tollefson G, Wacker G., 1993; "Assessment of electric service reliability worth". *Electrical Power & Energy Systems*;15 (2):95–100.
- Camargo, P. T.; 1989; "Custo Social da Energia Elétrica", 203p. Dissertação (Mestrado em Economia) – Fundação Getúlio Vargas. Rio de Janeiro, 1989.
- CEER; 2005; "Third Benchmarking Report on Quality of Electricity Supply; Council of European Energy Regulators", *Electricity Working Group, Quality of Supply Task Force*.
- CEER; 2012; *5th Benchmarking report on quality of electricity supply*; Council of European Energy Regulators", *Electricity Working Group, Quality of Supply Task Force*.
- CEIDS; 2001; "The Cost of Power Disturbances to Industrial & Digital Economy Companies".
- CNE; 1986; "Estudio del Costo de Falla en el Sistema Interconectado Central".
- Cruz, M. P.; 2007; "Metodologia para avaliação dos impactos econômicos associados a problemas de qualidade de energia", Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.
- Cyrillo, I. O.; Pelegrini, Marcelo A.; Borger, Fernanda G.; Anuatti Neto, Francis-Co; Belluzzo, Walter; Longue, Carlos A.; Tahan, Carlos M.V.; 2009; "Consumers perceived economical evaluation of power quality"; *20th International Conference on Electricity Distribution*, 2009, Praga.
- Cyrillo, Ivo Ordonha; 2011; "Estabelecimento de metas de qualidade na distribuição de energia elétrica por otimização da rede e do nível tarifário"; Dissertação (Mestrado em Sistemas de Potência) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3143/tde-19072011-102800>
Acesso em: 2015-10-15.
- Electric Power Research Institute, 1995. *Outage Cost Estimation Guidebook*, Research Project 2878-04, Prepared by Freeman, Sullivan & Company, California.
- Eletrobrás; 1991; "Relatório da Pesquisa Sobre Custo de Interrupção no Fornecimento de Energia Elétrica". Março, 1991.
- Energy Research Institute; 2001; "Electricity Outage Cost Study"; *Chulalongkorn University*, disponible en <http://www.eppo.go.th>.

- ENERQ, 2009 “Projeto de P&D : Avaliação da oportunidade de serviços diferenciados para melhoria da qualidade, eficiência da rede e modicidade tarifária”. Publicação restrita. São Paulo, 2009.
- ENERQ, 2014. “Projeto de P&D Metodologias de Revisão Tarifária sub-projeto 5 : Qualidade Técnica e Comercial”. Publicação restrita. São Paulo, 2014
- Espanha; 2002a “Ley 2/2002, de 25 de abril, de protección de la calidad del suministro eléctrico em Extremadura”.
- Espanha; 2002b; “Orden ECO/797/2002, de 22 de marzo, por la que se aprueba el procedimiento de medida y control de la continuidad de suministro eléctrico”.
- Espanha; 2008; “Real Decreto 222/2008, de 15 de febrero, por el que se establece el régimen retributivo de la actividad de distribución de energía eléctrica”.
- Eto, J.H., Hamachi Lacommaré, K; 2004; “Understanding the Cost of Power Interruptions to U.S. Electricity Consumers”; *Ernest Orlando Lawrence, Berkeley National Laboratory, Environmental Energy Technologies Division; LBNL-55718.*
- Fumagalli, E. , Lo Schiavo, Delestre, F., 2007, *Service Quality Regulation in Electricity Distribution and Retail*, Spinger.
- Gomes. P.; Schilling M. Th.; Custo de Interrupção: Conceituação, Metodologia de Avaliação, Valores Existentes e Aplicações. In: XIV SNTPEE – Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica. Belém. Pará, 1997.
- Gouvêa, M. R.; Ribeiro. J. A.; Pacheco Neto. S.; Martins. M. J.; Domaneschi. M.; 1992; “Análise de Taxas de Falha em Transformadores de Distribuição”. Relatório CED – 052 / EQPT 001 / RL 001 / OR. Centro de Excelência em Distribuição de Energia Elétrica. IEE/USP – ELETROPAULO – CESP – CPFL. São Paulo, 1992.
- Gouvêa, M. R.; 1993; “Bases conceituais para o planejamento de investimentos em sistemas de distribuição de energia elétrica”. Tese de Doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 1993.
- Growtisch, C., Jamasb, T., Müller, C., Wissner, M.; 2010; “Social cost-efficient service quality - Integrating customer valuation in incentive regulation: Evidence from the case of Norway”; *Energy Policy* 38: 2536-2544.

- Guimarães, L. C. S.; 1986; “O Custo da Qualidade do Fornecimento de Energia Elétrica.” Informativo CODI – Comitê de Distribuição de Energia Elétrica. Rio de Janeiro. Janeiro, 1986.
- Hideki, E.; Magalhães, C.H.N.; Fronterotta, S. E. et al.; 2001; “Determinação do custo de interrupção de energia elétrica de clientes industriais AT/MT”, Relatório final do projeto de P&D, ANEEL, 2001.
- Hsu, G. J. Y, P. Chang and T. Chen (1994), “Various methods for estimating power costs. Some implications and results for Taiwan”, *Energy Policy* V 22 (1): 69-74.
- IEEE; 2003; Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices. IEEE Std 1366 - 2003. ISBN: 0738138894.
- Itansuca-Sinergía, 2004. “Estudio de costos de racionamiento de electricidad y gas natural”, *Informe Final* de consultoría preparado para la UPME.
- Jamasb, T., Orea, L., and Pollitt, M. G., 2012, “Estimating Marginal Cost of Quality Improvements: The Case of the UK Electricity Distribution Companies”, *Energy Economics* 34 (2012): 1498-1506.
- Jamasb, T., Nepal, R.; Timilsina, G. R., 2015. “A quarter century effort yet to come of age : a survey of power sector reforms in developing countries”. Policy Research working paper; no. WPS 7330. Washington, D.C. : World Bank Group. Acessado em 11/01/2015
<http://documents.worldbank.org/curated/en/2015/06/24687055/quarter-century-effort-yet-come-age-survey-power-sector-reforms-developing-countries>
- Jaramillo, P., Skoknic, E.; 1973, “Costo Social de las Restricciones de Energía Eléctrica”; ENDESA
- Jucá, A. S.; 2003; “Avaliação do Relacionamento Entre Consumidores e Concessionárias na Solução de Conflitos por Danos Elétricos: Proposta de Adequação”. 2003. 178p. Tese (Doutorado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. São Paulo, 2003.
- Kagan, N. et al., 2015. “Regulação da Qualidade do Fornecimento”. In: Hage, Fabio S. El; Delgado, Marco A. P. (Org.). *Regulação Técnica e Econômica em Monopólios Naturais: Reflexões conceituais e metodológicas no setor de distribuição de energia elétrica*. Rio de Janeiro: Synergia, 2015. Cap. 6. p. 269-345.
- Khatib, H.; 1978; *Economics of Reliability in Electrical Power Systems*, Technicopy Limited, England.

- Khatib, H.; 1997;, *Financial and Economic Evaluation of Projects in the Electricity Supply Industry*, Institution of Electrical Engineers.
- London Economics (2013): Value of Lost Load (VoLL) for electricity in Great Britain. *Final report for Ofgem and DECC*.
- Magalhães, C.H.N.; Gouvêa, M.R.; Silva, F.A.T.; Tahan, C.M.V.; Araujo, L.G.C. Filho; 2001; “Avaliação do custo social de interrupção do fornecimento de energia elétrica do lado da demanda no estado de São Paulo”. *XVI SNPTEE*, Campinas, 2001.
- Pelegrini, M.A., Rocha A. Cunha, G. Ordonha Cyrillo, I., Magalhães, C. H.; Toledo Silva, F. A.; Baldan, Sí., 2011; “Pesquisa sobre o Custo de Interrupção em Grandes Clientes” in CBQEE, 2011.
- Marques, R. M. B.; 2006; “Ferramenta computacional para avaliação do impacto econômico da qualidade da energia elétrica no setor de produção das indústrias”; Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Ceará, 2006.
- Massaud, A.G.; Schilling, M.T.; Hernandez, J.P.; 1994; “Electricity restriction costs”, *IEE Proceedings - Generation, Transmission and Distribution*, 1994, 141, (4), p. 299-304, DOI: 10.1049/ip-gtd:19949998
- Mateus D. Teixeira, Alexandre R. Aoki; Arthur F. Bonelli; Rodrigo A. Peniche; Ivandro A. Bacca; Anselmo C. Neto; Marcos T. A. de Cordeiro. 2011. “Estratégia para o Cálculo dos Custos Associados à Qualidade de Energia Elétrica em Consumidores Industriais”. in CBQEE, 2011.
- Matsukawa I, Fujii Y, 1994. “Customer preference for reliable power supply: using data on actual choices of back-up equipment”. *Review of Economics and Statistics* LXXVI (3):434–46.
- Mercados Energéticos Consultores; 2011, “Actualización de los costos de racionamiento de electricidad y gas natural en Colombia”, *Informe Final*, informe de consultoría preparado para la UPME.
- Munasinghe, M., and Gellerson, M.; 1979; “Economic Criteria for Optimizing Power System Reliability Levels”, *The Bell Journal of Economics*, Vol. 10, no 1 (Spring 1979): 353-65.
- Munasinghe, M.; 1979; “The Economics of Power System Reliability and Planning”; *The World Bank and The John Hopkins University Press*, Baltimore; ISBN 0-8018-2276-9; EEUU.

- Nooij, M., M. De, Koopmans C., Bijvoet C.; 2007; “The value of supply security. The costs of power interruptions: Economic input for damage reduction and investment in networks”; *Energy Economics* 29: 277–295.
- OFGEM; 2005; “Guaranteed Standards of Performance for Electricity Distribution Companies in England, Scotland & Wales”, Ofgem, UK, April, 2005.
- OFGEM; 2006; “Guaranteed Standards: OFGEM Guidance and Proposals on Best Practice - Electricity Distribution”, UK, 2006.
- OFGEM; 2008; “Expectations of DNOs & Willingness to Pay for Improvements in Service”, *Final Report*.
- OFGEM, 2013; “Price Controls Explained – factsheet”, disponível em: <https://www.ofgem.gov.uk/ofgem-publications/64003/pricecontrolexplainedmarch13web.pdf> ; Acesso em 11/01/2016.
- Poudineh, R. e Jamasb, T.; “Electricity Supply Interruptions: sectoral Interdependencies and the Cost of Energy Not Served for the Scottish Economy”, *The Oxford Institute for Energy Studies paper EL 12*.
- Reckon; 2012; Desktop review and analysis of information on Value of Lost Load for RIIO-ED1 and associated work. *Report commissioned by Ofgem*.
- Sanghvi, A. P.; 1982; “Economic costs of electricity supply interruptions: US and foreign experience”; *Energy Economics* 4 (3):180-198.
- Schilling, M. Th.; Maragon Lima, J. W.; 1992. “Parâmetros de Desempenho da Distribuição.” *In XI Seminário Nacional de Distribuição de Energia Elétrica – SENDI*. Blumenau ,1992.
- Serra, P. and G. Fierro; 1997; “Outage costs in Chilean industry”; *Energy Economics* 19: 417-434.
- Setréus, J.; Wallnerstom, C. J.; Bertling, L.; 2007; “A comparative study of regulation policies for interruption of supply of electrical distribution systems in Sweden and UK”. 19th Cired 2007, Viena.
- Shiga, Alberto Akio; 2007; “Avaliação de custos decorrentes de descargas atmosféricas em sistemas de distribuição de energia.” Dissertação (Mestrado em Energia) - Energia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007. Disponível em: <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/86/86131/tde-03072007-081750/> .Acesso em: 2015-10-20.

- Survey Research Center; 1997; "A Survey of the Implications to California of the August 10, 1996 Western States Power Outage"; *Consultant Report for the California Energy Commission*. Disponível em <http://www.energy.ca.gov>.
- SYSTEP; 2009. "Costo de falla de larga duración en el SING, Informe Final definitivo"; *preparado para la Comisión Nacional de Energía (Chile)*.
- Tanure, J. E. P. S.; 2000. "Análise comparativa de empresas de distribuição para o estabelecimento de metas de desempenho para indicadores de continuidade do serviço de distribuição". Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Itajubá, Itajubá-MG, 2000.
- Tanure, J. E. P. S.; 2004. "Proposta de procedimentos e metodologia para estabelecimento de metas de qualidade (DEC e FEC) para concessionárias de distribuição de energia elétrica através da análise comparativa". Tese de Doutorado, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.
- Telson, M. L.; 1975. "The economics of alternative levels of reliability for electric power generation systems"; *The Bell Journal of Economics*; vol. 6, N° 2: 679-694.
- Universidad de Chile e Intelis; 2012, "Consultoría Estudio Costo de Falla de Corta y Larga Duración SIC, SING, y SSMM", Trabalho de Consultoria realizado para a *Comisión Nacional de Energía (CNE)* do Chile.
- Vaughan, W. J., Russell, C. S., Rodríguez, D. J. Y Darling, A. C.; 1999. "Central tendency measures of willingness to pay from referendum contingent valuation data: issues and Alternatives in project analysis"; (06/99) ENV-130; *E. Inter-American Development Bank*.

7 ANEXO: CONTRIBUIÇÃO DE MUNASINGHE

Este anexo apresenta a fundamentação matemática desenvolvida por Munasinghe e o exemplo de aplicação em Cascavél-PR para escolha de melhor solução técnica de redes de distribuição.

A regra de otimização considera os benefícios líquidos (ΔNB) de uma alteração na confiabilidade da rede (R) é:

$$\Delta NB = -\Delta OC - \Delta SC = |\Delta OC| - |\Delta SC|$$

Onde:

OC são os custos de interrupção (*outage costs*), $|\Delta OC| = \frac{\partial OC}{\partial R} \times \Delta R$;

SC são os custos do serviço (*supply costs*), $|\Delta SC| = \frac{\partial SC}{\partial R} \times \Delta R$

ΔR é o mudança na confiabilidade (*reliability*) da rede

$$\frac{\partial OC}{\partial R} < 0 \text{ e } \frac{\partial SC}{\partial R} > 0$$

Portanto, o nível de confiabilidade da rede deve ser aumentado desde que a redução nos custos de interrupção seja maior que o incremento nos custos de prestação do serviço.

A definição da confiabilidade (R) é análoga à probabilidade de perda de energia (carga) usada no planejamento da geração (*LOLP*):

$$R_t = 1 - \frac{OE_t}{TE_t}$$

Onde OE_t representa a energia não suprida devido às interrupções em um certo período de tempo, e TE_t é a energia total que deveria ter sido consumida caso não houvesse tido interrupções.

Considerando já um período de vários anos a confiabilidade é:

$$R_t = 1 - \left[\frac{\sum_{t=0}^T \frac{OE_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^T \frac{TE_t}{(1+r)^t}} \right]$$

$$\Delta NB = -\Delta OC - \Delta SC = |\Delta OC| - |\Delta SC| \Delta R \frac{\partial OC}{\partial R} < 0 R_t = 1 - \frac{OE_t}{TE_t} R_t$$

$$= 1 - \left[\frac{\sum_{t=0}^T \frac{OE_t}{(1+r)^t}}{\sum_{t=0}^T \frac{TE_t}{(1+r)^t}} \right]$$

Em Munasinghe e Gellerson (1979), eles aplicam esses conceitos à realidade de Casvavel (PR), sendo, de fato, a primeira avaliação dos custos relacionados às interrupções de energia elétrica realizada no Brasil.

Para o setor residencial a metodologia mais usada está baseada na abordagem de Becker (1965), a qual foi usada recentemente por Nooij, De Koopmans e Bijvoet (2007). O estudo confirmou que: (a) o principal custo de falha é a perda do lazer que acontece no horário crítico da ponta nas noites; (b) o salário médio por lar é uma medida monetária aceitável para a perda marginal do lazer durante uma interrupção do serviço de energia elétrica.

Para o setor industrial uma das metodologias mais usada consiste em avaliar o custo direto da falha e de reinício dos processos de produção, para o qual é necessária a realização de entrevistas os grandes consumidores de energia.

A Tabela 17, que resume a análise realizada por Munasinghe e Gellerson (1979) para Cascavel, sintetiza a abordagem conceitual sobre os custos de interrupção dos serviços de energia elétrica. No exemplo, a configuração 4, de um sistema híbrido, com uma confiabilidade de 0.9982 e uma taxa de falha (*outage rate*) de 0,18% é a que minimiza o custo total para o sistema, ou seja, é o ponto ótimo, e considerando um desenho básico da rede o ótimo está entre as opções 2B e a 3. O sistema híbrido implica alta confiabilidade para os usuários com custo de interrupção alto e confiabilidade média para os restantes.

Tabela 17 – Características globais de planos alternativos para os sistemas de distribuição

Planejamento do Sistema	R	OR (%)	OC	SC	TC = OC + SC	OC/kWh (Cr\$/kWh)
Desenho básico						
1 - Conf. Baixa	0.9935	0.65	150.1	57.5	207.6	14.0
2A - Conf. Média	0.9969	0.31	77.2	57.8	135.0	14.9
2B - Conf. Média	0.9981	0.19	49.5	58.6	108.1	15.7
3 - Conf. Alta	0.9988	0.12	28.4	76.9	105.3	14.8
Desenho híbrido						
4 - Méd./Conf.	0.9982	0.18	44.5	59.9	104.4	14.6
5 - Méd./Conf.	0.9983	0.17	44.3	65.2	109.5	16.1
6 - Méd./Conf.	0.9984	0.16	39.3	67.4	106.7	14.9

Fonte: adaptado de Munasinghe e Gellerson (1979), *Table 2*, página: 362